



Proceedings

การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน (ASTC) ครั้งที่ 7

The 7th Academic Science and Technology Conference

นวัตกรรม
วิทยาศาสตร์พื้นฐาน
วิทยาศาสตร์ประยุกต์
วิทยาศาสตร์สุขภาพ
คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ

บูรณาการ วิจัย และ นวัตกรรม เพื่อสร้างเสริมสุขภาพ

Health Promotion Through Research Integration and Innovation

7 มิถุนายน 2562

ณ อาคารพิฆเนศ มหาวิทยาลัยรังสิต จ.ปทุมธานี



การประชุมวิชาการระดับชาติ
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ ๗
(The 7th Academic Science and Technology Conference 2019)
“บูรณาการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อการสร้างเสริมสุขภาพ”
(Health Promotion Through Research Integration and Innovation)

วันศุกร์ที่ ๗ มิถุนายน ๒๕๖๒
ณ มหาวิทยาลัยรังสิต

ผู้จัดหลัก : คณะวิทยาศาสตร์ และวิทยาลัยเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยรังสิต

ผู้จัดร่วม : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
วิทยาลัยการแพทย์แผนไทย และคณะเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และคณะเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

คำนำ

วิสัยทัศน์ของกรอบยุทธศาสตร์ชาติ ตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560 - 2664) กำหนดว่า “ประเทศไทยมีความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืนเป็นประเทศพัฒนาแล้วด้วยการพัฒนาตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง” ซึ่งมีทิศทางการพัฒนาที่มุ่งเตรียมความพร้อมของคนไทยและวางรากฐานในการยกระดับประเทศไทยให้เป็นประเทศที่พัฒนาแล้ว มีความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน ด้วยการน้อมนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงมาเป็นปรัชญานำทางในการพัฒนาประเทศ ที่อยู่ในช่วงของการปฏิรูปเพื่อแก้ปัญหาพื้นฐานหลายด้านที่สะสมมานานและนับเป็นจังหวะเวลาที่ท้าทายอย่างมากที่ประเทศไทยต้องปรับตัวขนานใหญ่ โดยต้องเร่งพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมให้เป็นปัจจัยหลักในการขับเคลื่อนการพัฒนาในทุกด้าน เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศท่ามกลางการแข่งขันในโลกที่รุนแรงขึ้น ด้วยเหตุนี้ สถาบันเครือข่ายด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 11 หน่วยงาน 8 สถาบัน ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการพัฒนาบุคลากร และนิสิตนักศึกษาในสถาบันให้ก้าวทันต่อสถานการณ์โลกที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและสนับสนุนให้บุคลากรและนิสิตนักศึกษาได้พัฒนางานวิจัยที่ตอบสนองต่อการพัฒนาประเทศมาอย่างต่อเนื่องจึงได้จัดโครงการประชุมวิชาการระดับชาติวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ขึ้นมาทุกปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 จนบัดนี้ปี พ.ศ. 2562 นับเป็นครั้งที่ 7 ซึ่งมีการพัฒนาและเติบโตมาเรื่อยๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยของ คณาจารย์ นิสิต นักศึกษา รวมทั้งนักวิจัยทั่วไป สู่สาธารณชน นอกจากนี้ยังเป็นเวทีที่เปิดโอกาสให้นักวิจัย อาจารย์ นิสิต นักศึกษาได้มาร่วมแลกเปลี่ยนประสบการณ์ซึ่งกันและกัน อันจะนำไปสู่การสร้างเครือข่ายด้านวิจัยด้านการพัฒนาคน พัฒนาองค์ความรู้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยในการจัดประชุมวิชาการครั้งนี้คณะวิทยาศาสตร์และวิทยาลัยเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยรังสิต ได้รับเกียรติจากการประชุมคณะกรรมการบริหารจัดการเครือข่ายฯ ให้เป็นเจ้าภาพหลักในการดำเนินงาน และได้กำหนดหัวข้อการประชุมคือ “บูรณาการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อการสร้างเสริมสุขภาพ (Health Promotion Through Research Integration and Innovation)” ในวันศุกร์ที่ 7 มิถุนายน 2562 ณ อาคารพิฆเนศ (Student Center) มหาวิทยาลัยรังสิต การนำเสนอผลงานวิจัยในปีนี้ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากจากคณาจารย์ นิสิต นักศึกษาและนักวิจัยทั่วไป โดยมีผลงานทั้งหมดจำนวน 254 เรื่อง ประกอบด้วย ผลงานกลุ่มวิทยาศาสตร์พื้นฐานจำนวน 45 เรื่อง กลุ่มวิทยาศาสตร์ประยุกต์จำนวน 88 เรื่อง กลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ จานวน 41 เรื่อง กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศ จานวน 59 เรื่อง และมีการจัดประกวดการนำเสนอผลงานนวัตกรรมชิงเงินรางวัล มีผู้สนใจส่งผลงานเข้าประกวดจานวน 21 ผลงาน สำหรับรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการได้รวบรวมบทความวิจัยฉบับสมบูรณ์ ซึ่งได้ผ่านการพิจารณาจากผู้ทรง คุณวุฒิ จำนวนทั้งสิ้น 222 เรื่อง โดยคณะผู้จัดการประชุมวิชาการหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผู้เข้าร่วมประชุมทุกท่านจะได้รับประโยชน์ และนำองค์ความรู้ไปพัฒนาต่อยอดงานวิจัย นวัตกรรม เพื่อพัฒนาประเทศต่อไป

รองศาสตราจารย์ ดร.พงษ์จันทร์ อยู่แพทย์
ประธานคณะทำงานฝ่ายวิชาการ
บรรณาธิการ

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	III
สาส์นจากประธานคณะกรรมการอำนวยการ	III
รายนามคณะกรรมการการจัดงานประชุมวิชาการ	III
กำหนดการประชุมวิชาการ	III
บทความวิจัย	
กลุ่มวิทยาศาสตร์ประยุกต์ (Applied Science; AS)	1
กลุ่มวิทยาศาสตร์พื้นฐาน (Basic Science : BS)	525
กลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ (Health Science; HS)	860
กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology; IT)	1146
กลุ่มนวัตกรรม (Innovation; INNO)	1610

สาส์น

ศาสตราจารย์เกียรติคุณ นายแพทย์วรชัย ศิริกุลชยานนท์
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

ในนามของคณะวิทยาศาสตร์ และวิทยาลัยเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยรังสิต ซึ่งเป็นเจ้าภาพหลักร่วมกับเครือข่ายสถาบันการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 8 สถาบัน 11 หน่วยงาน ซึ่งประกอบด้วย คณะวิทยาศาสตร์และวิทยาลัยเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยรังสิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม วิทยาลัยการแพทย์แผนไทย และคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน และคณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ ได้ตระหนักถึงภารกิจที่สำคัญของสถาบันระดับอุดมศึกษาในการนำองค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยสู่การพัฒนาชุมชนและสังคม จึงได้ร่วมกันจัดประชุมวิชาการระดับชาติวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 7 ภายใต้หัวข้อ“บูรณาการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อการสร้างเสริมสุขภาพ (Health Promotion Through Research Integration and Innovation)” ในวันศุกร์ที่ 7 มิถุนายน 2562 ณ อาคารพิฆเนศ (Student Center) มหาวิทยาลัยรังสิต เพื่อเป็นเวทีให้บรรดาคณาจารย์ นักวิจัยและนักศึกษาได้แลกเปลี่ยนองค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัย โดยมีการจัดกลุ่มการนำเสนอผลงานเป็น 5 กลุ่มคือ กลุ่มวิทยาศาสตร์พื้นฐาน กลุ่มวิทยาศาสตร์ประยุกต์ กลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ กลุ่มคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ และกลุ่มนวัตกรรม

ในการจัดประชุมวิชาการฯ ครั้งนี้ เครือข่ายสถาบันการศึกษา 8 สถาบัน 11 หน่วยงาน ได้รับเกียรติเป็นอย่างสูงจาก ศ. ดร.พิเชษฐ์ วิริยะจินดา ประธานเจ้าหน้าที่บริหารบริษัทเอเชียนไฟย์โตซูติคอลส์ จำกัด (มหาชน) , Professor Dr. Hiroaki Nanba Kobe Pharmaceutical University in Kobe, Japan , ศ.นพ.ธีระวัฒน์ เหมะจุฑา ผู้อำนวยการศูนย์วิทยาศาสตร์สุขภาพโรคอุบัติใหม่ คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย, นพ.ไตรรักษ์ พิสิษฐ์กุล หัวหน้าศูนย์ชีววิทยาเชิงระบบ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ผศ.ดร.กิตติพงศ์ ไชยนอก อาจารย์ประจำสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งทอ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และศ.ดร.ธนารักษ์ ธีระมั่นคง นายกสมาคมปัญญาประดิษฐ์ประเทศไทย(AIAT) อาจารย์ประจำสถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินทร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ภาคีสมาชิก สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา รวมทั้งผู้แทนจากทุกหน่วยงาน และคณะกรรมการจัดงานที่เสียสละทั้งแรงกาย แรงใจ เวลา ทรัพยากร มาร่วมการดำเนินโครงการนี้ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่า เครือข่ายที่เราร่วมกันสร้างจะไม่สูญเปล่า และจะมีความร่วมมือในการทำงานร่วมกันในโครงการต่อไปในอนาคต และหวังว่าผู้ที่เข้าร่วมประชุมทุกท่านจะได้รับความรู้เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

(ศาสตราจารย์เกียรติคุณ นายแพทย์วรชัย ศิริกุลชยานนท์)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ประธานจัดประชุมวิชาการระดับชาติวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 7

รายนามคณะกรรมการการจัดงานประชุมวิชาการ

คณะกรรมการฝ่ายอำนวยการ

ศาสตราจารย์เกียรติคุณ นพ.วรชัย ศิริกุลชยานนท์
รองศาสตราจารย์ ดร.ทัศนีย์ ปัญจานนท์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทศนัย ชุ่มวัฒนะ
อาจารย์พรทิพย์ ตันติวงศ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัณณ์รภัส ถกลภักดี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา มหัทธนทวี
รองศาสตราจารย์ จิตราภรณ์ ธวัชพันธุ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชฏฐเนติ ศรีสอ้าน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ พงศ์ธีรัตน์
อาจารย์ ดร.ศิริวรรณ ตันตระวาณิชย์
ดร. ลลิตา ศิริวัฒนานนท์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทรงพลธนฤทธ์ มฤครัฐอินแปลง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพงษ์ พินิจกลาง
นางจีรนันท์ ทองแป้น

คณะกรรมการฝ่ายวิชาการ

รองศาสตราจารย์ ดร.พงษ์จันทร์ อยู่แพทย์
รองศาสตราจารย์ ดร.พรจันทร์ สายทองดี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุษบา พิพิธพร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปานันท์ กาญจนภูมิ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงฤทัย ศรีแดง
ดร.ปรานอม ขาวเมฆ
อาจารย์ ดร.รุจิภาส บวรทวีปัญญา
อาจารย์ ดร.กัญ อนันตสมบูรณ์
อาจารย์ ดร.สุธารทิพย์ เรืองประภาวุฒิ
อาจารย์ ดร.วิรุฬห์ วิชัยบุญ
อาจารย์ ดร.สุรชัย กาญจนาคม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิริวรรณ วาสุกรี
อาจารย์ ดร.กิตติพัฒน์ โสภิตธรรมคุณ
อาจารย์ ดร.รุ่งนภา ศรานุชิต
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วัฒนา วิริวุฒิกร
รองศาสตราจารย์ ดร.ศศมล ผาสุข
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมาพร เรืองสังข์
อาจารย์ ดร.ทิพวรรณ จูประจบ
รองศาสตราจารย์ ดวงพร หัชชะวณิช
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรนุช แก้ววิเศษ
นางสาววรัชญา ธนูศิลป์
รองศาสตราจารย์ ดร.กนกพร ฉายะบุระกุล
รองศาสตราจารย์ปัญญา มณีจักร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรจิรา อารักษ์สกุลวงศ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนาวรัตน์ ธาราทรัพย์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วนิดา พงศ์สถาพรผู้ช่วยศาสตราจารย์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ลดาวัลย์ วศินปิยมงคล
อาจารย์ ดร.รัชนก ขำศิริ
อาจารย์ ดร.ธเนศ โสภณนิธิประเสริฐ
อาจารย์ ดร.วัชระ จงสา
อาจารย์ ดร.ชไมพร พรมพุทธา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทศนัย ชุ่มวัฒนะ
อาจารย์ ดร.สุรีย์พร หอมวิเศษวงศา
อาจารย์ ดร.สิริภัทร ชมัฒพงษ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อินทิรา ลิจันทร์พร
อาจารย์ ดร.นพรัตน์ ไวโรจนะ
นางสาววันเพ็ญ อินวอ
อาจารย์ ดร.ณัฏฐิกา ศิลาลาย
รองศาสตราจารย์ ดร.นิตติยา ปภาพจน์
อาจารย์ ดร.วรางคณา จิตตชุ่ม
นางจรัสศรี จำปาแถม

คณะกรรมการฝ่ายจัดหาทุนสนับสนุน

รองศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา จันทร์ประเสริฐ
อาจารย์สุทธิพร นามนาค
ผู้ช่วยศาตราจารย์เสมา สอนประสม
อาจารย์ทองใบ จันสีชา

นางภวันตี มรคา
อาจารย์วรพรรณี เผ่าทองศุข
อาจารย์ปภาดา แห้วเพ็ชร
นางสาวพรรณปพร โภคัง
นางกนกพร สัณห์ฤทัย
อาจารย์วิเชียร พุทธศรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปิยนุสร์ น้อยด้วง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิชชุดา สังข์แก้ว
อาจารย์ ดร.วรางคณา จิตตชุ่ม
นางสาววิภาดา เกื้อกูล

อาจารย์ผุสดี สิริยากร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรวินท์วิชญ์ บุญพิสุทธินันท์
อาจารย์ ดร. ศรินญา สังขสัญญา
อาจารย์มัชฌกานต์ เผ่าสวัสดิ์
นางสาวเบ็ญจมาศ นามณรงค์
นางจุฑามาศ วงศ์แสวง
อาจารย์ ดร.ณฐมล จินดาพรรณ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์รัชนี ไสยประจง
อาจารย์ ดร.ศุภชัย เหมือนโพธิ์

คณะกรรมการฝ่ายประชาสัมพันธ์และเว็บไซต์

อาจารย์สุพานิช อังศิริกุล
อาจารย์สุวิชา ธงพานิช
อาจารย์สุธีรา พึ่งสวัสดิ์
อาจารย์ ดร.วัชระ ดำจุติ
ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร. บุณฑริกา ทองดอนพุ่ม
อาจารย์ไพรินทร์ มีศรี
นายพิชิต มีสวัสดิ์
อาจารย์ธนา กั่วพานิช
ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิรนาถ บุญคง
ศาสตราจารย์ผศ.ภัชรี สิทธิกิจโยธิน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เกศศิริ เหล่าวชิระสุวรรณ
อาจารย์ ดร.ศุภชัย เหมือนโพธิ์

อาจารย์ศุภณัฐ ค้าทอง
อาจารย์วรนิษฐา ทิมคล้าย
ผู้ช่วยศาตราจารย์พิมพ์ภัค ภัทรนาวิก
อาจารย์แสงนภา จำปาสุริ
นางสาวพรทิพย์ ผึ้งแก้ว
อาจารย์กิตติศักดิ์ สิงห์สูงเนิน
นางสาวนีรชา ชณากรณ์
อาจารย์ขจรศักดิ์ เอี่ยมนอก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อำพรรณ ชัยกุลเสรีวัฒน์ผู้ช่วย
อาจารย์วรวิทย์ จิตรงค์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พจมาน พูลมี
อาจารย์ณัฏฐ์ปวิตร แก้วหนูนวล

คณะกรรมการฝ่ายลงทะเบียนและประเมินผล

อาจารย์นิศากร จุลรักษา
อาจารย์ ดร.สุมามาลย์ ปานคำ
อาจารย์พิศมัย จินันทุยา
อาจารย์พิมพ์วิภา เอื้อศิลามงคล
อาจารย์รวมพร มณีโรจน์
อาจารย์นิธิภา อาจฤทธิ์

อาจารย์สุมนา เกษมสวัสดิ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วัฒนา แซ่โหลว
อาจารย์ ดร.อรพรรณ วนขจรไกร
อาจารย์ ดร.อินทิรา แถมพยัคฆ์
อาจารย์ปิยะฉัตร์ บรรณสิทธิ์

คณะกรรมการฝ่ายสถานที่ โสตทัศนูปกรณ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อารยา มุ่งชำนาญกิจ
อาจารย์ เอกรินทร์ บดีรัฐ
อาจารย์ชัยชาญ ศรีโพธิ์
นางสาวอรลดา นัยสุทธิ์

อาจารย์ ดร.ดารุณี เสริฐผล
อาจารย์สุชิน ไวยศิลา
อาจารย์เอกชัย สมบูรณ์
นายเดชฤทธิ์ อุดคำมี

นายเทวา จันทวงษ์
นางจรัสศรี จำปาแถม

คณะกรรมการฝ่ายสวัสดิการและจัดเลี้ยง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อรพรรณ ทองประสงค์
อาจารย์วราภรณ์ ฉลองกิตติศักดิ์
อาจารย์นิยมศรี ศรีคุณ
อาจารย์กมะริยะ ขันราม
นางวราภรณ์ ทองดี
นายชริก ทองดี
นางสาวบุณยพร ราชสมบัติ
นายสุขใส จันสีชา
นางสาววัชราพร แก้วเรือนทอง
นางปราณี สัญญภาร
นางสาวภาพร คหินทพงศ์

คณะกรรมการฝ่ายพิธีการและต้อนรับ

อาจารย์รัชกฤช ปัทมโสภาสกุล
อาจารย์นภาพรรณ พงษ์พวงเพชร
อาจารย์พรกมล ทวยเจริญ
อาจารย์หฤทัย ฐานนันท์
อาจารย์ปฐวีณ์กร เกษโกมล
อาจารย์อนุชา วิมูนชาติ
อาจารย์ราชศักดิ์ สมยานนทนากุล
อาจารย์วารุณี บุญคุ้ม
นางสาวศุภฉัตร จรูญอำไพ
อาจารย์ชนะ ปัญญานนท์

คณะกรรมการฝ่ายการเงินและบัญชี

นางจีรนันท์ ทองแป้น
อาจารย์ ดร.สุรณัฐ พงษ์หาญพจน์
อาจารย์ศรินภัสร์ วนันท์หิรัญกุล
นางสาวเบญจวรรณ ม่วงกลิ้ง
นางสาวนภัสนันท์ เทียมแดง
นางชุติมา สำเภาทอง
อาจารย์วรัญญา ชมภูพล

คณะกรรมการฝ่ายเลขานุการ

ศาสตราจารย์เกียรติคุณ นพ.วรชัย ศิริกุลชยานนท์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ พงศ์ธีรัตน์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิริวรรณ วาสุกรี
เลขานุการทุกฝ่าย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความวิจัยฉบับสมบูรณ์

กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายในและภายนอกพิจารณาบทความวิจัยฉบับสมบูรณ์

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ	ที่อยู่/สังกัด
รศ.ดร.จิรารัตน์ อนันตกูล	คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รศ.ดร.ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล	คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รศ.ดร.ปิยบุตร บุรีคำ	คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รศ.ดร.นินนาท ชินประหัษฐ์	คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผศ.ดร.เกียรติศักดิ์ ดวงมาลย์	คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผศ.ดร.วรพจน์ กนกกันฑพงษ์	คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผศ.ดร.รสริน ตันสวัสดิ์	คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ดร.เสริมพงศ์ สายเรี่ยม	คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
น.สพ.ดร.อรรณพ สุริยสมบูรณ์	คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ดร.องอาจ ธเนศนิตย์	ศูนย์ความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ดร.สุธีรา วัฒนกุล	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ดร.กฤติยา เขื่อนเพชร	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
รศ.ดร.วราฤทธิ์ พานิชกิจโกศลกุล	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ผศ.ดร.กุสุมา ศรียากูล	วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ผศ.ดร.วันวิสา เจนรุ่งโรจน์สกุล	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ดร.จันทร์จิรา พยัคฆ์เพศ	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร.จตุรพร รักษ์งาร	คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร.ทศพร อินเจริญ	คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร.ธีรินทร์ ฉายศิริโชติ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ดร.บุษยมาส พิมพ์พรรณชาติ	คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ดร.สุรชัย ใหญ่เย็น	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รศ.ดร.กฤดาภัทร สีหารี	คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รศ.ดร.กิตติ โพธิปัทมะ	คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รศ.ดร.สาวิตรี วทัญญูไพศาล	คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผศ.ดร.เบญจพร ลิ้มธรรมาภรณ์	คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผศ.ดร.คมสันต์ เนียมเปรม	คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผศ.ดร.คันธารัตน์ อเนกบุณย์	คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผศ.ดร.ชนาพันธุ์ ชนาเนตร	คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผศ.ดร.นวลพรรณ ลอว์สัน	คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผศ.ดร.วิกานดา ผาพันธ์	คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผศ.ดร.อภิชาต ศุรธณี	คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผศ.ดร.พีรพงษ์ พรวงศ์ทอง	คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ดร.สุริยา ฤธาทิพย์	คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผศ.ดร.นันท์ชนก นันทะไชย	คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร. ศิรินันท์ ตรีมงคลทิพย์	วิทยาลัยการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ดร.รุ่งนภา ศรานุชิต	วิทยาลัยการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.สุรชัย เตชะเอ้ย	วิทยาลัยการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.สิริภัทร ชมัฒพงษ์	วิทยาลัยการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผศ.ดร.กุลธิดาเวทีวุฒาจารย์	คณะแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผศ.ดร.มนตรี ทองมูล	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผศ.สุวิช ถิระโคตร	คณะวิทยาการสารสนทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ดร.ชญา หิรัญเจริญเวช	คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผศ.ดร.ธิดารัตน์ เอกสิทธิกุล	คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
ผศ.พรชัย เปรมไกสร	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
ผศ.จิรนาถ บุญคง	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
ผศ.ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
ผศ.อำพรรณ ชัยกุลเสรีวัฒน์	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
ดร.ณฐมล จินดาพรรณ	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
ดร.ณัฏฐิกา ศิลาลาย	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
ดร.ทิพวรรณ จูประจบ	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
ผศ.ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
ผศ.ดร.นฤมล ธนานันต์	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
ผศ.ดร.ปุณยนุช นิลแสง	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
ผศ.ณัฏฐิรา ศุขไพบูลย์	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
ดร.พิษณุ แก้วตะพาน	คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
ดร.คมกฤษณ์ แสงเงิน	คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
ดร.สุภณิดา พัฒธร	คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
รศ.ดวงพร หัชชะวณิช	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
ผศ.ดร.น้ำฝน อัศวเมฆิน	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
ผศ.ดร.ศศิพันธ์ นิตยะประภา	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
ผศ.ดร.เสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
ผศ.เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
ดร.ปิยะวรรณ เกษมศุภกร	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
ดร.รุจิราลัย พูลทวี	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
ผศ.ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
ผศ.ดร.พิจิตรา แก้วสอน	คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน
ผศ.ดร.ศศิมนัส อุณจักร์	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน
ผศ.ดร.ศิรประภา เปรมเจริญ	คณะวิทยาศาสตร์ มาหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน
ผศ.ดร.วินัย โพธิ์สุวรรณ	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน
ผศ.ดร.วีรนุช แก้ววิเศษ	คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

ผศ.ดร.ปรวัฒน์ วิสูตรศักดิ์	คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
ดร.วรัทภพ ธภัทรสุวรรณ	คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
ดร.ภัทราวรรณ คำบุญเรือง	คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
ดร.บงกช วิชาชูเชิด	คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
รศ.ดร.ณัฐยา เหล่าฤทธิ์	สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
รศ.มยุรี กัลยาวัฒนกุล	สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
ดร.มยุรมาศ วิไล	สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
รศ.ดร.พงษ์จันทร์ อยู่แพทย์	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
รศ.ดร.ทัศนีย์ ปัญจานนท์	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
รศ.ดร.กนกพร ฉายะบุระกุล	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
รศ.ดร.กาญจนา จันทร์ประเสริฐ	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
รศ.ดร.พรจันทร์ สายทองดี	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
รศ.ปัญญา มณีจักร์	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.ดร. ธเนศ พงศ์ธีรัตน์	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.ดร.วนิดา พงศ์สถาพร	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.ดร.อารยา มุ่งชำนาญกิจ	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.ดร.ดวงฤทัย ศรีแดง	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.ดร.บุณยรัศมิ์ สุขเขียว	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.ดร.บุษบา พิพิธพร	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.ดร.ปรานอม ขาวเมฆ	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.ดร.ปานันท์ กาญจนภูมิ	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.ดร.ลดาวัลย์ วศินปิยมงคล	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.ดร.อรจิรา อารักษ์สกุลวงศ์	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.ดร.เนาวรัตน์ ธาราทรัพย์	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.อรพรรณ ทองประสงค์	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.วัฒนา แซ่โหลว	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ดร.สิรินทร ปิ่นเวหา	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ดร.สุธารทิพย์ เรืองประภาวุฒิ	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ดร.สุรชัย กาญจนาคม	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ดร.อินทิรา แถมพยัคฆ์	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ดร.รัชนก ขำศิริ	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ดร.วัชระ จงสา	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ดร.วิรุฬห์ วิชัยบุญ	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ดร.ศิรดา รังษีสันติวานนท์	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ดร.กัญ อนันตสมบูรณ์	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ดร.เรวดี วิเศษพานิชกิจ	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ดร.ดารุณี เสริฐผล	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ดร.วันทิกา เครือน้ำคำ	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

ดร.พัตรา สุนทรฐิติเจริญ	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ดร.ธเนศ โสภณนิธิประเสริฐ	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.ดร.เชฏฐเนติ ศรีสอ้าน	วิทยาลัยนวัตกรรมดิจิทัลและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.ดร.ทศนัย ชุ่มวัฒนะ	วิทยาลัยนวัตกรรมดิจิทัลและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.ดร.วุฒิพงษ์ ชินศรี	วิทยาลัยนวัตกรรมดิจิทัลและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.ดร.โกวิท รพีพิศาล	วิทยาลัยนวัตกรรมดิจิทัลและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.ดร.ไววิทย์ จันทร์วิเมลือง	วิทยาลัยนวัตกรรมดิจิทัลและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.ศิริวรรณ วาสุกรี	วิทยาลัยนวัตกรรมดิจิทัลและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.วิไลลักษณ์ ตรีพืช	วิทยาลัยนวัตกรรมดิจิทัลและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.วีรวัฒน์ เหลี่ยมมณี	วิทยาลัยนวัตกรรมดิจิทัลและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยรังสิต
ดร.กานต์ ยงค์ศิริวิทย์	วิทยาลัยนวัตกรรมดิจิทัลและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.ดร.สุทธิศักดิ์ จันทวงษ์โส	วิทยาลัยเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยรังสิต
ดร.สุมามาลย์ ปานคำ	วิทยาลัยเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.ดร.ชุติมา เบี้ยวไข่มุข	วิทยาลัยเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.ชุลีกร นวลสมศรี	วิทยาลัยเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.ดร. น้ำอ้อย ภักดีวงศ์	คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.ดร.วารินทร์ บินโฮเซ็น	คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ดร.สุภางค์พิมพ์ รัตตสัมพันธ์	คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.จิรัฏฐ์ ศรีหัตถจาติ	วิทยาลัยทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ดร.สรียา นุชนาฏพนิต	วิทยาลัยทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
รศ.ดร.ไกรสร ทรัพยะโตษก	วิทยาลัยทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.ทญ.อุมาพร วิมลกิตติพงศ์	วิทยาลัยทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.ดร.สุชาดา จงรุ่งเรืองโชค	วิทยาลัยเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ดร.ภูมภัสส์ พุทธ์ผดุงวิพล	คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.สวรรยา พงศ์ปริตร	คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ดร.ณัฐพงษ์ ปรีชาพันธ์	คณะเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยรังสิต
อาจารย์ฐาปนาวรรณ นาสมยงต์	วิทยาลัยการแพทย์แผนตะวันออก มหาวิทยาลัยรังสิต
รศ.ดร.ธรรมศักดิ์ รุจิระยรรยง	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.ดร.ญาณวุฒิ สุพิชญางกูร	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
รศ.ดร.ดวงอาทิตย์ ศรีมูล	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ดร.พิพัฒน์พงศ์ วัฒนวันยู	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
พ.ท.ก.ภ.เปรมกมล พิทักษ์วงศ์	กองเวชศาสตร์ฟื้นฟู โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า
ดร.กิตติศักดิ์ ชยันตราคม	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
ผศ.ดร.รัชรินทร์ โพธิวัฒน์	คณะเวชศาสตร์เขตร้อน มหาวิทยาลัยมหิดล
ผศ.ดร.ธนภูมิ ศิริงาม	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ดร.อธิยา รัตนพิทยาภรณ์	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ดร.เสาวลักษณ์ กิตติธนวัตร	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราภัฏพระนคร
ผศ.ดร.ยุทธนา สุดเจริญ	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ผศ.ดร.ภญ. พิมพร ทองเมือง	วิทยาลัยสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
ดร.พีรดา ดามาพงษ์	ศูนย์การศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
ดร.ปิยะวรรณ์ บุญญานุพงศ์	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
ผศ.ดร.ชุติปภา สุวรรณกนิษฐ์	เทคโนโลยีการแปรรูปอาหารมหาวิทยาลัยสวนดุสิต
ผศ.ดร. ธีรนุช ฉายศิริโชติ	โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
ผศ.ดร.สุวรรณา พิชัยยงค์วงศ์ดี	โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
ดร.ปรีชา เทียมปัญญา	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม
ผศ.ดร. ศศิกัญชณา เย็นเอง	คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
รศ.ดร.นวลฉวี เวชประสิทธิ์	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
ผศ.ดร.สัญญา กุดั่น	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
ผศ.ดร.เบญจา ชุตินทราศรี	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
ดร.พันธุ์เลิศ พรหมสาขา ณ สกลนคร	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
ดร.อิทธิพล เตชะเกรียงไกร	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
ผศ.ดร.โกวิทย์ สุวรรณหงส์	คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเวสเทิร์น
ผศ.ดร.ไพจิตร ผาวัน	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ผศ.ดร.เอกนฤน บางท่าไม้	คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
ผศ.ดร.วรภัทร ไพรีเกรง	คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต
ผศ.ดร.อภิญญา อิงอาจ	คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยศิลปากร
ดร.พวงรัตน์ จินพล	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคใต้
ดร.อณุชา น้ำสอาด	สถาบันวิจัยจุฬาภรณ์



กำหนดการการประชุมวิชาการ

กำหนดการ

งานประชุมวิชาการระดับชาติวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 7

(The 7th Academic Science and Technology Conference 2019)

วันศุกร์ที่ 7 มิถุนายน 2562 อาคาร พิฆเนศ (Student Center) มหาวิทยาลัยรังสิต

เวลา	กิจกรรม	สถานที่
08.00 -09.00 น.	ลงทะเบียน	
9.00 – 9.30 น.	**พิธีเปิดการประชุม** โดย ดร.อรรถวิท อุไรรัตน์ รองอธิการบดีฝ่ายบริหารและวางแผน	อาคาร พิฆเนศ (อาคาร 6) ชั้น 2 ห้อง 6-200
9.30 – 10.30 น. 10.30 -11.30 น.	**การบรรยายพิเศษเรื่อง** **"บูรณาการวิจัยเพื่อการสร้างเสริมสุขภาพ"** โดย ศาสตราจารย์ ดร.พิเชษฐ์ วิริยะจิตรา ประธานเจ้าหน้าที่บริหาร บริษัท เอเชียน ไฟย์โตซูติคอลส์ จำกัด มหาชน และ **Professor Dr. Hiroaki Nanba** Kobe University, Kobe, Japan	อาคาร พิฆเนศ (อาคาร 6) ชั้น 2 ห้อง 6-200
11.30 -12.00 น.	**การนำเสนอผลงานวิจัยแบบโปสเตอร์ ช่วงที่ 1** AS-P01 - AS-P33, BS-P01 - BS-P12, HS-P01 - HS-P10, IT-P01 -IT-P14 **การนำเสนอผลงาน นวัตกรรม ช่วงที่ 1** INNO-001 - INNO-010	อาคาร พิฆเนศ (อาคาร 6) โถง ชั้น 2 โซน A
11.30-12.00 น.	**Session 1: Health/Medical Science** **นายแพทย์ ไตรรักษ์ พิสิษฐ์กุล** เรื่อง Cancer Immunotherapy	อาคาร พิฆเนศ (อาคาร 6) ชั้น 3 ห้อง 6-302A
12.00 – 13.00 น.	พักรับประทานอาหารกลางวัน	อาคาร พิฆเนศ (อาคาร 6) โถง ชั้น 2 โซน B
	การนำเสนอผลงานแบบบรรยายช่วงที่ 1	
13.00 – 13.30 น.	**Session 1: Applied Science** **ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ธีระวัฒน์ เหมะจุฑา** National Health Reform: Why How Knowledge is Power	อาคาร พิฆเนศ (อาคาร 6) ชั้น 2 ห้อง 6-200
13.00 – 13.30 น.	**Session 1: Basic Science** **ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร .กิตติพงศ์ ไชยนอก** เรื่อง วัสดุผลึกรูพรุนสูงสำหรับดักจับและตรวจวัดไอออนโลหะ แก๊ส และสารอินทรีย์ระเหยง่าย	อาคาร พิฆเนศ (อาคาร 6) ชั้น 3 ห้อง 6-301A
13.00–13.30 น.	**Session 1: Information Technology** **ศาสตราจารย์ ดร. ธนารักษ์ ธีระมั่นคง** เรื่อง ปัญญาประดิษฐ์เพื่อการศึกษาวิจัยและการศึกษาในอนาคต	อาคาร พิฆเนศ (อาคาร 6) ชั้น 3 ห้อง 6-303A

เวลา	กิจกรรม	สถานที่
13.00-13.30 น.	**Session 1: Health/Medical Science** HS-O01 - HS-O02	อาคาร พิฆเนศ (อาคาร 6) ชั้น 3 ห้อง 6-302A
13.30-14.45 น.	**Session 1: Applied Science** AS-O01 - AS-O03	อาคาร พิฆเนศ (อาคาร 6) ชั้น 2 ห้อง 6-200
13.30-14.15 น.	**Session 1: Basic Science** BS-O01 - BS-O04	อาคาร พิฆเนศ (อาคาร 6) ชั้น 3 ห้อง 6-301A
13.30-14.45 น.	**Session 1 -Continue: Health/Medical Science** HS-O03 - HS-O05	อาคาร พิฆเนศ (อาคาร 6) ชั้น 3 ห้อง 6-302A
13.30-14.45 น.	**Session 1: Information Technology** IT-O01 - IT-O04	อาคาร พิฆเนศ (อาคาร 6) ชั้น 3 ห้อง 6-303A
13.30-14.45 น.	**Session 1: Information Technology** IT-O13 - IT-O16	อาคาร พิฆเนศ (อาคาร 6) ชั้น 3 ห้อง 6 -304A
	การนำเสนอผลงานแบบบรรยายช่วงที่ 2	
14.45-15.15 น.	**Session 2: Applied Science** AS-O04 - AS-O07	อาคาร พิฆเนศ (อาคาร 6) ชั้น 2 ห้อง 6-200
14.15-15.15 น.	**Session 2: Basic Science** BS-O05 - BS-O07	อาคาร พิฆเนศ (อาคาร 6) ชั้น 3 ห้อง 6-301A
14.45-15.15 น.	**Session 2: Health/Medical Science** HS-O06 - HS-O08	อาคาร พิฆเนศ (อาคาร 6) ชั้น 3 ห้อง 6 -302A
14.45-15.15 น.	**Session 2: Information Technology** IT-O05 - IT-O08	อาคาร พิฆเนศ(อาคาร 6) ชั้น 3 ห้อง 6 -303A
14.45-15.15 น.	**Session 2: Information Technology** IT-O17 - IT-O20	อาคาร พิฆเนศ (อาคาร 6) ชั้น 3 ห้อง 6-304A
14.45-15.15 น.	**การนำเสนอผลงานวิจัยแบบโปสเตอร์ ช่วงที่ 2** AS-P33 - AS-P77, BS-P13 - BS-P35, HS-P11 – HS-P31, IT-P16 – IT-P40 **การนำเสนอผลงาน นวัตกรรม ช่วงที่ 2** INNO-011 **-** INNO-021	อาคาร พิฆเนศ (อาคาร 6) โถง ชั้น 2 โซน A
	การนำเสนอผลงานแบบบรรยายช่วงที่ 3	
15.15-16.15 น.	**Session 3: Applied Science** AS-O08 - AS-O11	อาคาร พิฆเนศ (อาคาร 6) ชั้น 2 ห้อง 6-200
15.15-16.15 น.	**Session 3: Basic Science** BS-O08 - BS-O10	อาคาร พิฆเนศ (อาคาร 6) ชั้น 3 ห้อง 6-301A
15.15-16.15 น.	**Session 3: Health/Medical Science** HS-O09 - HS-O11	อาคาร พิฆเนศ (อาคาร 6) ชั้น 3 ห้อง 6 -302A

เวลา	กิจกรรม	สถานที่
15.15-16.15 น.	**Session 3: Information Technology** IT-O09 - IT-O12	อาคาร พิฆเนศ (อาคาร 6) ชั้น 3 ห้อง 6 -303A
16.30-17.00 น.	พิธีมอบรางวัล/พิธีปิดงานประชุมวิชาการฯ	อาคาร พิฆเนศ (อาคาร 6) ชั้น 2 ห้อง 6-200

วิทยากรบรรยายพิเศษ (Keynote Speakers)



ศาสตราจารย์ ดร.พิเชษฐ์ วิริยะจิตรา

ประธานเจ้าหน้าที่บริหารบริษัทเอเซียนไฟย์โตซูติคอลส์ จำกัด (มหาชน) www.apco.co.th

นวัตกรรมภูมิคุ้มกันบำบัด HIV/AIDS และ มะเร็งด้วยสารสกัดจากพืชกินได้

โครงการวิจัย Operation BIM (Balancing IMmunity) จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์ให้เกิดมิติใหม่ของการดูแลสุขภาพ โดยใช้สารสกัดเฉพาะจากมังคุด งาดำ ถั่วเหลือง ฝรั่ง และบัวบก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเม็ดเลือดขาว คณะนักวิจัยพบว่าสูตร Operation BIM สูตรหนึ่ง “APCOcap” สามารถกระตุ้นภูมิคุ้มกันโดยการเพิ่ม เม็ดเลือดขาว Th17 อย่างโดดเด่น และเพิ่มเม็ดเลือดขาว Th1 อย่างมีนัยสำคัญ

การศึกษาเชิงคลีนิคในอาสาสมัครที่ติดเชื้อ HIV ยืนยันว่าสูตรนี้สามารถเพิ่มจำนวน CD4 ได้รวดเร็วมาก ช่วยลดผลข้างเคียงจากยาต้านไวรัส และเพิ่มคุณภาพชีวิตผู้ติดเชื้อ HIV/AIDS ได้ด้วยประสิทธิภาพสูง ในกลุ่มผู้ติดเชื้อ HIV/AIDS

สูตร APCOcap นี้สามารถลดความเสี่ยงของผู้ติดเชื้อ AIDS ระยะที่ 3 จากการติดเชื้อฉวยโอกาสโดยกระตุ้นให้ CD4 เพิ่มขึ้นมากกว่า 200 cells/cu.mm. ในเวลา 1-2 เดือน ผู้ป่วยระยะสุดท้ายที่มี CD4 ต่ำกว่า 10 cells/cu.mm. สามารถเพิ่ม CD4 ถึงระดับ 500 cells/cu.mm.(โดยเฉลี่ย) ผู้ป่วยจำนวนหนึ่งสามารถลดอาการของโรคได้อย่างรวดเร็ว ดำรงชีวิตอย่างเป็นปกติ และมีเชื้อไวรัสน้อยจนไม่สามารถตรวจพบแล้ว (น้อยกว่า 20 copies/mm.)

สรุปได้ว่าสูตร APCOcap สามารถกระตุ้นจำนวน CD4 ได้อย่างรวดเร็ว และช่วยให้ผู้ป่วย AIDS ระยะสุดท้ายกลับมีคุณภาพชีวิตปกติได้

ล่าสุด APCOcap สามารถทำให้ผู้ติดเชื้อที่ไม่ใช้ยาต้านไวรัสร่วมด้วยมีสุขภาพที่แข็งแรง มี CD4 เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และมี HIV ลดลงจนตรวจไม่พบอย่างต่อเนื่อง ซึ่งคือภาวะที่ HIV สงบและไม่กลับมาเพิ่มขึ้นใหม่แล้วทำให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพอีก นักภูมิคุ้มกันวิทยาเรียกภาวะนี้ว่า Functional cure ซึ่งเป็นเป้าหมายของการผลิตยาในอุตสาหกรรมยารักษาโรค แต่จนบัดนี้ยังไม่มีบริษัทใดประสบความสำเร็จ

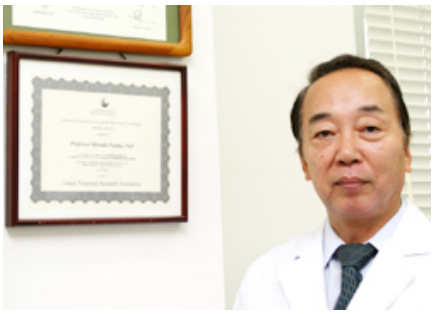
สูตรที่ใกล้เคียงกัน “APCOcapsule” สามารถยกระดับคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยมะเร็งจำนวนมาก ให้กลับมีคุณภาพชีวิตปกติได้อย่างต่อเนื่อง

ประสิทธิภาพของสูตร APCOcap และ APCOcapsule เกิดจากการเพิ่มขึ้นของ Th17 และ Th1 ซึ่งไปกระตุ้นอานุภาพของเซลล์ T พิฆาต (Killer T cell) ในการกำจัดเซลล์ CD4 ที่ติดเชื้อ HIV และเซลล์มะเร็ง

คณะนักวิจัยประกอบด้วย ศ.ดร.พิเชษฐ์ วิริยะจิตรา, รศ.ดร.ภญ.อำไพ ปั้นทอง, ดร.กรรณิกา เรือนจันทร์, ศิริทิพย์ วิริยะจิตรา, ศ.ดร.ภญ.เสาวลักษณ์ พงษ์ไพจิตร, รศ.ดร.วิลาวัลย์ มหาบุศราคัม, รศ.ดร.ศิริวรรณ องค์ไชย

APCOcap และ APCOcapsule ไม่ใช่ชื่อเครื่องหมายการค้า แต่เป็นชื่อที่นักวิจัยตั้งขึ้นเพื่อความสะดวกในการสื่อสารภายในกลุ่ม

วิทยากรบรรยายพิเศษ (Keynote Speakers)



Professor Hiroaki Nanba, Kobe Pharmaceutical University, Japan.

Dr. Hiroaki Nanba is a professor at Kobe Pharmaceutical University in Japan and works in the Department of Microbial Chemistry. He has a Ph.D. in Biochemistry and Immunology from Kyoto University, and is an award-winning researcher on the benefits and activities of medicinal mushrooms. He is also the author of four books and numerous peer-reviewed articles, including key studies on the benefits of maitake. Dr. Nanba's research led to the discovery of the specialized *beta*-glucan fraction in Nanba Maitake Concentrate. This concentrate is the most therapeutically potent and effective maitake extract ever developed by Dr. Nanba for broad spectrum immune stimulation. Nanba Maitake Concentrates are the only maitake product in North America endorsed by Dr. Nanba, who is considered by many to be the father of maitake mushroom research. The MD- fraction is β glucan included in MAITAKE. The MD- fraction was discovered by Nanba honorary professor of Kobe College of Pharmacy. In this MD fraction, an effect to activate an immune cell is expected. The MD- fraction assumes it YUKIGUNI MAITAKE (made in Japan) raw materials and acquires Patent in Japan,USA,EU,China. Maitake MD-fraction, has received permission to use this. The MAITAKE has MX-Fraction also included. It was announced that MX-Fraction was effective against the disease of the blood vessel system in 1999.

Clinical MD- fraction in the USA cancer immunotherapy.

The cancer clinical test of the MD- fraction is performed in cancer special hospital Sloane figure ring cancer Hospital (New York City). This study by the U.S. Department of Defense grant, has been made since 2000, the year 2005 to support each of them testing the United States National Institutes of Health Ministry of Health's website is listed. The current phase Ⅱ is entering the final phase will phase Ⅲ. Memorial Sloan-Kettering Cancer Center, in July 2008 in the category best national cancer hospital rankings, was selected second overall in USA. Nanba Hiroaki professor emeritus, has been awarded the International Honor Award to "Linus Pauling Award" in October 2010 2 Date. Reason for the award New York Academy Science Maitake MD- Fraction was highly evaluated by clinical trials in presentations and Memorial Sloan-Kettering Cancer Center in academic journals by, its against achievements to supplement drugs that activate the contributions and immunity to people of life was praise honor.

วิทยากรรับเชิญ (Invited Speakers)

กลุ่มวิทยาศาสตร์ประยุกต์

เรื่อง National Health Reform: Why How Knowledge is Power



ศาสตราจารย์ นายแพทย์ธีระวัฒน์ เหมะจุฑา

คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กลุ่มวิทยาศาสตร์พื้นฐาน

เรื่อง วัสดุผลึกรูพรุนสูงสำหรับดักจับและตรวจวัดไอออนโลหะ แก๊ส



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติพงศ์ ไชยนอก

อาจารย์ประจำสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งทอ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

วิทยากรรับเชิญ (Invited Speakers)

กลุ่มวิทยาศาสตร์ประยุกต์

เรื่อง Cancer Immunotherapy



นายแพทย์ ไตรรักษ์ พิสิษฐ์กุล

หัวหน้าศูนย์ชีววิทยาเชิงระบบ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กลุ่มคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ

เรื่อง ปัญญาประดิษฐ์เพื่อการศึกษาวิจัยและการศึกษาในอนาคต



ศาสตราจารย์ ดร.ธนารักษ์ ธีระมั่นคง

นายกสมาคม ปัญญาประดิษฐ์ไทย (AIAT)

อาจารย์ประจำสถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินทร

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ภาคีสมาชิกสำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา

ชื่อเรื่องบทความวิจัย
กลุ่มวิทยาศาสตร์ประยุกต์
Applied Science (AS)

รหัส	ชื่อเรื่อง	หน้า
AS-O01	การศึกษาเปรียบเทียบมวลชีวภาพของหนอนแดงภายใต้ระบบการให้อาหารที่แตกต่างกัน	2
AS-O02	การศึกษาประสิทธิภาพของสารปรับสภาพด่างในระบบบำบัดน้ำเสียเยื่อกรองชีวภาพและการพัฒนาชีวภัณฑ์จากเชื้อ Pseudomonas sp. GS-3	8
AS-O03	การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันพริกบีบเย็น	15
AS-O04	อิทธิพลของฤดูกาลต่อราคาผลมะนาวในประเทศไทย	26
AS-O05	การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยกับดัชนีหุ้นตลาดหลักทรัพย์เอเชีย	34
AS-O06	การวิเคราะห์ราคายางพาราในตลาดปัจจุบันและตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าแห่งประเทศไทย	42
AS-O07	การศึกษาส่วนต่างระหว่างราคาหุ้นสามัญ บนกระดานหลัก (Main Board) กับ ราคาหุ้นสามัญบนกระดานต่างประเทศ (Foreign Board) ภายใต้ขอบเขตของดัชนี SET50	52
AS-O08	วิธีการสำหรับการแก้ปัญหาการขนส่งแบบฟัซซี่ทั่วไป	64
AS-O09	การลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติของเตาอบเหล็กรีดร้อนระหว่างช่วงการอุ่นเตาเพื่อเปลี่ยนลูกรีด	72
AS-O10	การลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติของเตาอบเหล็กรีดร้อนระหว่างช่วงการอุ่นเตาเพื่อหยุดบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	82
AS-P01	ผลของผงใบมะรุมต่อคุณภาพของคุกกี้เนย	91
AS-P02	ผลของโซเดียมคลอไรด์และซูโครสต่อการเกิดโฟมและการเกิดอิมัลชันของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ	98
AS-P03	การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมะนาว น้ำมะกรูด และน้ำมะเขือเทศในการลดปริมาณ Escherichia Coli ที่ปนเปื้อนในผักกาดแก้ว	107
AS-P04	ประสิทธิภาพของสารสกัดน้ำจากกระเทียมในการยับยั้ง Vibrio parahaemolyticus ในหอยนางรมแกะเปลือก	112
AS-P05	คุณสมบัติทางกายภาพ-เคมีและประสาทสัมผัสของทอดมันกุ้งเสริมซังขนุน	119
AS-P06	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้มะม่วงหาวมะนาวโห่ในคุกกี้ตัวหนอน	125
AS-P07	ศึกษาการใช้ใบบัวบกทดแทนใบเตยในขนมซาหริ่ม	130
AS-P08	การศึกษาและพัฒนาไวน์ขิง	136

ชื่อเรื่องบทความวิจัย
กลุ่มวิทยาศาสตร์ประยุกต์
Applied Science (AS)

รหัส	ชื่อเรื่อง	หน้า
AS-P09	การคัดแยกแบคทีเรียกรดแลคติกจากน้ำพริกไทยในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย	142
AS-P10	โครมาโทรกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงแบบหลายความยาวคลื่น สำหรับการวิเคราะห์กรดซิตริก กรดเบนโซอิก และกรดซอร์บิกในน้ำส้มคั้น	1708
AS-P11	การศึกษาอุณหภูมิอบแห้งสารสกัดเห็ดหลินจือด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย	150
AS-P12	ผลของสารให้ความคงตัวต่อลักษณะทางเคมีกายภาพและทางประสาทสัมผัสของสมูทตี้อกไก่	157
AS-P13	การใช้เพคตินจากเปลือกมะกรูดเป็นสารให้ความคงตัวในการผลิตไอศกรีมจากน้ำมะกรูด	163
AS-P15	การพัฒนาแป้งหม้อแกงมันม่วงสำเร็จรูป	172
AS-P16	อิทธิผลของสารละลายเกลือแคลเซียมและเทคนิคซูวีดต่อคุณลักษณะของแครอทพร้อมบริโภคในระหว่างการเก็บรักษา	178
AS-P17	ผลของน้ำตาลซูโครส แซนแทนกัม และ pH ต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของบีดจากการทำ Reverse Spherification	190
AS-P18	การปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสของไส้อั่วปลานิลโดยใช้แป้งบุก	200
AS-P19	ผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพบัตเตอร์เค้กแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่	208
AS-P20	ผลการแทนที่น้ำมันด้วยกล้วยน้ำว้าต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดครีม	115
AS-P21	ผลของการหุงต้มต่อสารประกอบฟีนอลิกของข้าวไทยจากการย่อยในทางเดินอาหารแบบจำลอง	221
AS-P22	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กใบมะรุม	228
AS-P23	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซอสเพสโต้ใช้ใบหม่อนทดแทนใบโหระพา	236
AS-P24	การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองโดยใช้ข้าวโพดหวานทดแทนถั่วเหลือง	243
AS-P26	การพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมพริกลดน้ำตาล	248
AS-P28	ผลของการทดแทนน้ำมันถั่วดาวอินคาในน้ำสลัดเต้าหู้	260
AS-P29	การเปรียบเทียบคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของไก่พื้นเมืองสายพันธุ์การค้า และไก่พื้นเมืองสายพันธุ์ตองหนึ่ง	267
AS-P30	ผลกระทบของสารสกัดจากเครือตดหมูตดหมาในการเป็นสารฆ่าและสารยับยั้งการเจริญเติบโตหนอนกระทู้ผัก, Spodoptera litura (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae)	272

ชื่อเรื่องบทความวิจัย
กลุ่มวิทยาศาสตร์ประยุกต์
Applied Science (AS)

รหัส	ชื่อเรื่อง	หน้า
AS-P31	ผลของชีวภัณฑ์เชื้อราไตรโคเดอร์มาและแบคทีเรียบาซิลลัสต่อการเจริญเติบโตของผักบุ้งไมโครกรีน	278
AS-P32	ผลของการเสริมแมกนีเซียมในน้ำดื่มต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทง	286
AS-P33	ผลของการใช้สารพาราควอตในการควบคุมจอกหูหนูและผลต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดของปลาหางนกยูงที่เลี้ยงร่วมกัน	294
AS-P34	การเตรียมและศึกษาคุณสมบัติการย่อยสลายได้ทางชีวภาพของแผ่นฟิล์มพลาสติกผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์และแป้งข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1	300
AS-P35	ผลของระดับความเข้มข้นปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายพวงองุ่น	308
AS-P36	การเปรียบเทียบชนิดของบล็อกปลูกหญ้าในงานภูมิทัศน์ที่มีผลต่ออุณหภูมิของพื้นผิว	315
AS-P37	คุณภาพหญ้าเนเปียร์สีม่วงและหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หมักร่วมกับใบกระถินสด	322
AS-P38	ความเป็นไปได้ทางกายภาพของการทำเกษตรกรรมในเมืองบนพื้นที่อาคารสูง	328
AS-P39	สมบัติของไบโอชาร์ และการใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินเพื่อเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลัง ในตำบลเพนียด อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี	336
AS-P40	ผลของน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมบัตเตอร์เฮด	344
AS-P41	ผลการเสริมยีสต์ในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตไข่	351
AS-P42	การเพิ่มประสิทธิภาพปุ๋ยหมักในการปลูกผักอินทรีย์โดยการเร่งการปลดปล่อยธาตุอาหารพืช	356
AS-P43	อิทธิพลของแบคทีเรียปฏิปักษ์ Bacillus spp. ต่อผลผลิตของเห็ดฟางที่เพาะในตะกร้าพลาสติก	363
AS-P44	ประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตและลดการเกิดโรคของผักกาดหอมชนิดบัตเตอร์เฮดที่ปลูกในวัสดุปลูกใช้แล้ว	372
AS-P45	การเตรียมสบู่สครับจากถ่านไม้กระถิน	380
AS-P46	การทดสอบการงอกของเมล็ดดอกผีเสื้อ 2 สายพันธุ์ในโรงเรือนบ่มและโรงเรือนปกติ	387
AS-P47	การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์สำหรับปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลของประเทศไทย	392
AS-P48	การพัฒนาชุดทดลองต้นแบบเรื่อง ทอร์กและโมเมนต์ความเฉื่อย	401

ชื่อเรื่องบทความวิจัย
กลุ่มวิทยาศาสตร์ประยุกต์
Applied Science (AS)

รหัส	ชื่อเรื่อง	หน้า
AS-P49	การหาค่าเหมาะที่สุดในการจัดตารางเวลาเดินรถตู้เพื่อทำให้ระยะเวลาในการรอน้อยที่สุด	406
AS-P50	การวิเคราะห์ระบบแถวคอยสำหรับการให้บริการของธนาคารกรุงไทย สาขาเทสโก้โลตัส นวนคร	416
AS-P51	การวิเคราะห์หาสารสำคัญของสารสกัดจากหัวกวาวเครือขาว	424
AS-P52	ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดสมุนไพรไทย	437
AS-P53	สมบัติทางเคมีและกายภาพของชาสมุนไพรดีบัว	446
AS-P54	การเปรียบเทียบสารสกัดของหอมแดง เพื่อใช้ในการพัฒนาแผ่นแปะสมุนไพรบรรเทาอาการหวัด คัดจมูก	453
AS-P55	การศึกษาองค์ประกอบทางพฤกษเคมีของว่านหอมแดง	463
AS-P56	การจำแนกสายพันธุ์ของเชื้อ Vibrio parahaemolyticus ที่แยกได้จากสิ่งส่งตรวจของผู้ป่วยด้วยการวิเคราะห์ variable number of tandem repeat (VNTR)	471
AS-P58	การคัดกรองรา Trichoderma spp. เพื่อย่อยสลายอาทราซีน	479
AS-P59	การประเมินฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของสารสกัดเอทานอลจากผักแขยง	488
AS-P60	การศึกษาสารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของแตงไทย	495
AS-P61	แนวทางเพื่อลดการสูญเสียอาหารและขยะอาหาร ในภาคการค้าส่งของประเทศไทย กรณีศึกษาตลาดทะเลไทย จังหวัดสมุทรสาคร	501
AS-P62	การศึกษาจำนวนโครโมโซมและช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเก็บปลายรากของออนิโธกาลัม	508
AS-P63	ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ ด้วยระบบถังดักไขมันหลายขั้นตอน	513
AS-P64	การเปรียบเทียบผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงด้วยโปรแกรม Sound Meter และ Decibel x กับอุปกรณ์ตรวจวัดเสียง	520

ชื่อเรื่องบทความวิจัย
กลุ่มวิทยาศาสตร์พื้นฐาน
Basic Science (BS)

รหัส	ชื่อเรื่อง	หน้า
BS-O01	การเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 และอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ Levene และ Bartlett	526
BS-O02	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย เมื่อค่าคงที่ปรับให้เรียบของแผนภูมิควบคุมเปลี่ยนแปลงไป	537
BS-O03	พารามิเตอร์ในการทำให้เรียบที่เหมาะสมสำหรับแผนภูมิควบคุม DEWMA และแผนภูมิควบคุม MFIR-EWMA	546
BS-O05	การหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับแผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิ 2 แผนภูมิ	556
BS-O06	ตัวแปรทำนายล่วงหน้าหลายคาบเวลาแบบบูตสแทร็ปอย่างง่ายโดยอิงการทดสอบรากหนึ่งหน่วยสำหรับกระบวนการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง	566
BS-O07	การพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยโดยใช้วิธี Holt-Winters ร่วมกับตัวแบบ ARIMA	579
BS-O10	การจัดการความเสี่ยงสำหรับบริษัทกรณีศึกษาชนิดรับเหมาก่อสร้างแบบครบวงจร	599
BS-P01	ผลของสารสกัดจากใบและกิ่งมะสังต่อร้อยละการตายของหนอนกระทู้หอม	608
BS-P02	การใช้ natamycin เป็นสารยับยั้งยีสต์แทน cycloheximide ในการนับจำนวนแบคทีเรียกรดแลกติกที่ปนเปื้อนในโรงงานเอทานอลชีวภาพ	614
BS-P03	ผลของความเป็นกรดต่อการอยู่รอดของ Staphylococcus aureus ในน้ำพริกกะปิ	624
BS-P04	การประเมินการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ in-house buffer และ commercial buffer ในเทคนิค Loop-mediated isothermal amplification (LAMP) สำหรับการตรวจหาเชื้อ Shiga toxin-producing Escherichia coli (STEC)	633
BS-P05	ผลของความเค็มต่อการเปลี่ยนแปลงค่าออสโมลาลิตี้ในเลือดปูม้ากระตอย Charybdis affinis Dana, 1852	644
BS-P06	ความหลากหลายของราเอนโดไฟท์จากพืชชายเลน ภาคตะวันออกของประเทศไทย	652
BS-P07	พยาธิใบไม้ระยะเมตาเซอร์คาเรียในอวัยวะต่างๆ ของปูนา (Sayamia bangkokensis) ในตำบลบุ่งคล้า และตำบลลานบ่า จังหวัดเพชรบูรณ์	660
BS-P08	ความสัมพันธ์ของราสายต่อการเจริญเติบโตของลูกน้ำยุงลายบ้านและยุงรำคาญ	665
BS-P09	การปรับตัวของนกพิราบในระบบนิเวศเมือง : กรณีศึกษาในเขตเทศบาลนครลำปาง	673

ชื่อเรื่องบทความวิจัย
กลุ่มวิทยาศาสตร์พื้นฐาน
Basic Science (BS)

รหัส	ชื่อเรื่อง	หน้า
BS-P10	ประสิทธิภาพการควบคุมเพลี้ยอ่อน Lipaphis erysimi (Kalt.) โดยชีววิธีจากพืชสมุนไพร	682
BS-P11	รูปแบบและฤทธิ์การต้านเชื้อราของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ผลิตด้วยไคติเนสจากข้าวฟ่าง เคยู 630	691
BS-P12	แบบจำลองการระบาดอย่างง่ายที่ขึ้นกับอายุของโรคไวรัสตับอักเสบเอในประเทศไทย	698
BS-P13	ฤทธิ์การต้านเชื้อราของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ผลิตด้วยไคติเนสจากข้าวฟ่าง เคยู 630	704
BS-P14	การเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านเชื้อราและรูปแบบของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ผลิตด้วยไคโตซาเนสจากกระถินบ้านและไคติเนสจากก้ามปู	712
BS-P15	การสกัดเพคตินจากเปลือกส้มซ่าเพื่อผลิตแยมส้มซ่า	720
BS-P16	การเตรียมโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตที่เติมแป้งเร่งปฏิกิริยาด้วยสารประกอบเชิงซ้อนซิงก์-แอมโมเนีย/โพแทสเซียมออกโทเอต	726
BS-P17	การเตรียมโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตเร่งปฏิกิริยาด้วยไดเมทิลไซโคลเฮกซิลลามีน/โพแทสเซียมออกโทเอตโดยใช้แป้งเป็นตัวเติม	732
BS-P18	สมบัติเชิงกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติเชิงความร้อน ของแผ่นไม้อัดที่ทำจากฟางข้าวผสมขี้เลื่อย	740
BS-P19	การพยากรณ์ปริมาณการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวในประเทศไทยโดยใช้ตัวแบบผสมของ Pegels และ ARIMA	746
BS-P20	การปนเปื้อนโลหะหนักในผักบุ้งจากบ่อพักน้ำเสีย : กรณีศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์	761
BS-P21	ตัวทำละลายที่มีผลต่อพฤกษเคมีของสารสกัดหยาบจากผักตบไทย	770
BS-P22	ผลของปริมาณอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ต่อการเจริญเติบโตของข้าวดอกมะลิ 105	775
BS-P23	การสกัดเบต้าแคโรทีนจากเปลือกปาล์ม	782
BS-P24	การเตรียมโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตโดยใช้แป้งเป็นตัวเติมและเร่งปฏิกิริยาด้วยสารประกอบเชิงซ้อนคอปเปอร์-แอมมีน/โพแทสเซียมออกโทเอต	790
BS-P25	การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง	798
BS-P26	ผลของการให้ความรู้เรื่องความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ ต่อนักศึกษาซึ่งเรียนวิชาปฏิบัติการเคมี	806

ชื่อเรื่องบทความวิจัย
กลุ่มวิทยาศาสตร์พื้นฐาน
Basic Science (BS)

รหัส	ชื่อเรื่อง	หน้า
BS-P27	การชะลอการเน่าของมะเขือเทศด้วยบรรจุภัณฑ์จากฟางข้าวที่ผสมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์	811
BS-P29	วิธีเชิงตัวเลขสำหรับแก้สมการเชิงอนุพันธ์อันดับเศษส่วนโดยวิธีอาดามส์-แบชฟอร์ท	816
BS-P30	การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์จำนวนผู้โดยสารของสายการบินต้นทุนต่ำในประเทศไทย โดยใช้วิธี B-DES วิธี B-WEMA วิธี B-WEMA ร่วมกับ SARIMA และตัวแบบ SARIMA	825
BS-P31	การพยากรณ์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ก๊าซธรรมชาติ โดยวิธีบอกซ์ – เจนกินส์ และวิธีการของวินเตอร์	844
BS-P32	การวัดความยาวคลื่นแสงเลเซอร์โดยการประมวลด้วยโปรแกรม Mathcad และเทคนิคสเปกโตรมิเตอร์อย่างง่าย	853

ชื่อเรื่องบทความวิจัย
กลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ
Health Science (HS)

รหัส	ชื่อเรื่อง	หน้า
HS-O01	ผลของแรงการถอดแบร็กเก็ตต่อการขยายของรอยร้าวระดับจุลภาคบนผิวเคลือบฟันหลังจากถอดแบร็กเกต: การศึกษานำร่อง	861
HS-O02	ผลของการให้วิตามินซีทางปากในขณะเคลื่อนฟันทางทันตกรรมจัดฟันต่อปริมาณรากฟันละลายในหนูขาวใหญ่	868
HS-O03	การให้วิตามินซีต่อการเคลื่อนฟันทางทันตกรรมจัดฟันในหนูขาวใหญ่ที่อายุแตกต่างกัน	876
HS-O04	อัตราการอยู่รอดของฟันน้ำนมที่ได้รับการรักษาพัลเพคโตมีภายใต้การดมยาสลบ	884
HS-O05	การสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันบริเวณขอบแถบรัดฟันหลังจากยึดด้วยซีเมนต์ 2 ชนิด	892
HS-O06	ความผันแปรทางพันธุกรรมของยีน MiR-149 (T>C) ในผู้ป่วยมะเร็งช่องปากคนไทย	901
HS-O07	การศึกษาประสิทธิภาพการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่มีส่วนประกอบของนาโนซิงค์ออกไซด์	909
HS-O08	การศึกษาพยาธิสภาพและการหนาตัวของผนังหลอดเลือดแดง common carotid, brachial และ femoral จากร่างอาจารย์ใหญ่	917
HS-O09	การศึกษาลักษณะทางจุลกายวิภาคของหลอดเลือด vertebral จากร่างอาจารย์ใหญ่	925
HS-O10	การศึกษาแนวคิดทฤษฎีการใช้ตำรับยาฟื้นฟูผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองในตำราแพทย์แผนไทย	932
HS-P01	ภูมิปัญญาของหมอพื้นบ้านภาคใต้ในการรักษาแผลจากพิษงูและแผลติดเชื้อ	941
HS-P02	ฤทธิ์ความเป็นพิษของสารสกัดใบย่านางต่อเซลล์มะเร็งตับ	952
HS-P03	การศึกษาโรคเบาหวานตามแนวคิดทฤษฎีแพทย์แผนไทย	959
HS-P04	การศึกษาพฤษเคมีและองค์ประกอบทางโลหิตวิทยาของสารสกัดเอทานอลจากใบย่านางแดงในหนูขาว	967
HS-P05	ฤทธิ์ต้านการอักเสบและการกลืนกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์เม็ดเลือดขาวแมคโครฟาจ ต่อสารสกัดใบกะเม็ง ใบสาบเสือ และใบบัวบก	974
HS-P06	ฤทธิ์การต้านแบคทีเรีย ต้านการเกิดไบโอฟิล์ม และต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจินอิ๋นฮวาต่อเชื้อในช่องปาก	983
HS-P07	การประเมินความหลากหลายของรูปแบบอาหารว่างที่เป็นผลไม้ต่อการบริโภคผลไม้ของเด็กวัยเรียน	991

ชื่อเรื่องบทความวิจัย
กลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ
Health Science (HS)

รหัส	ชื่อเรื่อง	หน้า
HS-P08	การพัฒนาเมนูอาหารกลางวันหมุนเวียน 4 สัปดาห์ สำหรับเด็กวัยเรียน อายุ 6-12 ปี โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์	997
HS-P09	การพัฒนาตำรับอาหารท้องถิ่นสำหรับผู้สูงอายุในตำบลเกาะเกิด จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	1005
HS-P10	การพัฒนาตำรับอาหารท้องถิ่นสูตรลดพลังงาน	1014
HS-P11	ฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่นและฤทธิ์เพิ่มจำนวนของเซลล์ไฟโบรบลาสต์ในตำรับยาบำรุงโลหิต	1023
HS-P12	การศึกษาทางห้องปฏิบัติการถึงความเป็นพิษของสารสกัดด้วยน้ำจากสิงหโมราต่อเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดนิวเคลียสเดี่ยว	1029
HS-P13	การศึกษาผลของสารสกัดด้วยน้ำจากสิงหโมราต่อลักษณะรูปร่างของเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาว ชนิด Jurkat cells	1036
HS-P14	การศึกษาแนวโน้มระดับน้ำตาลและระดับคอเลสเตอรอลในเลือด ของประชากรในจังหวัดสมุทรปราการระหว่างปี 2550 – 2559	1042
HS-P15	การตรวจหา Enterobacteriaceae ดื้อยากลุ่มคาร์บาพีเนมโดยการสร้างคาร์บาพีนีเมสที่แยกได้จากผู้ป่วย ในโรงพยาบาลสมุทรปราการและโรงพยาบาลสระบุรี	1051
HS-P16	ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการป้องกันอันตรายจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรปลูกข้าว	1058
HS-P17	ความชุกและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับภาวะเตี้ยในเด็กอายุ 6 - 36 เดือน ในมารดาวัยรุ่น จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	1066
HS-P18	ผลของโปรแกรมทันตสุขศึกษาโดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีแรงจูงใจเพื่อป้องกันโรคฟันผุ ในนักเรียนประถมศึกษา จังหวัดชลบุรี	1076
HS-P19	การสร้างพฤติกรรมความปลอดภัยของพนักงานทำความสะอาดในมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง จังหวัดปทุมธานี โดยใช้หลักการ Behavior Based Safety (BBS)	1083
HS-P20	ความชุกและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับอาการความผิดปกติของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อของ พนักงานเก็บขนขยะ เทศบาลแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี	1089
HS-P21	การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการยกและเคลื่อนย้ายของพนักงานชาย ในโรงสีข้าวแห่งหนึ่ง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	1098

ชื่อเรื่องบทความวิจัย

กลุ่มวิทยาศาสตร์สุขภาพ

Health Science (HS)

รหัส	ชื่อเรื่อง	หน้า
HS-P22	การศึกษาความรู้และทัศนคติความปลอดภัยในการปฏิบัติงานของพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง	1107
HS-P23	ความชุกและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินของพนักงานฝ่ายผลิต บริษัทผลิตชิ้นส่วนยานยนต์แห่งหนึ่ง จังหวัดสมุทรสาคร	1114
HS-P24	ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อความเครียดจากการทำงานของพนักงาน กรณีศึกษา: บริษัทผลิตชิ้นส่วนเครื่องปริ้นเตอร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แห่งหนึ่ง จังหวัดปทุมธานี	1122
HS-P25	ความรู้ ทัศนคติ และการปฏิบัติในการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลของเกษตรกรผู้ปลูก อ้อยในหมู่บ้านเขาสำพุง ตำบลหนองหว้า อำเภอเขาฉกรรจ์ จังหวัดสระแก้ว	1130
HS-P26	ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสและแอลฟากลูโคสิเดสของสารสกัดหยาบจากดอกหอมหมื่นลี้	1139

ชื่อเรื่องบทความวิจัย

กลุ่มคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยี

Computer and Teachnology (IT)

รหัส	ชื่อเรื่อง	หน้า
IT-O01	การพัฒนาเว็บไซต์ให้บริการนักท่องเที่ยวทัวร์สตรีทฟู้ด	1147
IT-O02	การพัฒนาเว็บไซต์ของวัดปลูกศรัทธา	1159
IT-O03	เว็บไซต์สำหรับวัดพลมานีย์	1169
IT-O04	การเปรียบเทียบการพัฒนาเว็บไซต์บน MEAN Stack กับบน PHP Laravel Framework กรณีศึกษาการจัดลำดับแผนการขนส่งสินค้า	1186
IT-O05	แอปพลิเคชันแนะนำอาหารและการออกกำลังกายสำหรับผู้รักสุขภาพ	1194
IT-O06	แอปพลิเคชัน จัดการและบริหารการศึกษา	1202
IT-O07	การพัฒนาไลน์แชทบอทสำหรับบุคลากรมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย	1209
IT-O08	การพัฒนาระบบการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อช่วยตัดสินใจในการจัดทำการส่งเสริมการขายของธุรกิจเอสเอ็มอี	1222
IT-O10	การสร้างออนโทโลยีแนะนำดนตรีบำบัดผู้ป่วยโรคซึมเศร้า	1233
IT-O11	การสร้างออนโทโลยีให้คำปรึกษาแนวทางการบำบัดความเครียด	1241
IT-O12	CGI กับการผลิตสื่อ เรื่อง GOODNESS	1249
IT-O13	ระบบฐานข้อมูลทดสอบสมรรถภาพทางกายสำหรับห้องฟิตเนส คณะวิทยาการจัดการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยนครพนม	1263
IT-O14	ระบบแนะนำบทความข่าวรายบุคคลโดยใช้ประวัติและพฤติกรรมผู้อ่าน	1270
IT-O15	ระบบการจัดการคลังสินค้าวัสดุไฟฟ้าออนไลน์ กรณีศึกษา บริษัท แปซิฟิคอุตสาหกรรมกระสอบพลาสติก จำกัด	1282
IT-O16	การประยุกต์เทคนิคการทำเหมืองข้อมูลสำหรับประเมินพฤติกรรมเสี่ยงด้านสุขภาพของนักเรียน	1293
IT-O17	การระบุปัจจัยสำคัญของการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุบนถนน ช่วงวันหยุดปีใหม่ ในกรุงเทพและปริมณฑลโดยต้นไม้ตัดสินใจและอะพริออริอัลกอริทึม	1300
IT-P01	การพัฒนาการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง สมเด็จพระนารายณ์มหาราช	1308
IT-P02	การพัฒนาการ์ตูนแอนิเมชันเพื่อส่งเสริมคุณธรรม เรื่อง ความซื่อสัตย์	1314
IT-P03	การพัฒนานิทานมัลติมีเดีย เพื่อเสริมสร้างคุณธรรม จริยธรรม เรื่องพญาไก่ป่า	1321
IT-P04	การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่อง การใช้งานโปรแกรม Paint เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดสะแก (สุทธิธรรมมาประชาสงเคราะห์)	1329

ชื่อเรื่องบทความวิจัย
กลุ่มคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยี
Computer and Teachnology (IT)

รหัส	ชื่อเรื่อง	หน้า
IT-P05	การพัฒนาแอพพลิเคชันบนมือถือสำหรับการอ่านออกเสียงภาษาอังกฤษบนระบบแอนดรอยด์	1337
IT-P06	การพัฒนาระบบการจัดเรียงพาเลทขนาดมาตรฐานในตู้สินค้าโดยใช้ Heuristics Algorithm แบบ First-Fit Decreasing Algorithm	1345
IT-P07	การพัฒนาแอพพลิเคชันบนมือถือสำหรับขายวัสดุก่อสร้างออนไลน์ กรณีศึกษา: ร้านสมุย นานาภัณฑ์	1355
IT-P08	การพัฒนาแอพพลิเคชันสอนกีตาร์บนระบบแอนดรอยด์	1362
IT-P09	การพัฒนาแอพพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนแนะนำสถานที่ในมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย	1370
IT-P10	การพัฒนาแอพพลิเคชันบนมือถือสำหรับอพาร์ทเมนต์ กรณีศึกษา: บีพี อพาร์ทเมนต์	1376
IT-P11	แอปพลิเคชันค้นหาร้านกาแฟ ร้านไหนดี	1382
IT-P12	เว็บแอปพลิเคชันสังคมการประเมินประสิทธิภาพของผลการปฏิบัติงาน	1392
IT-P13	ระบบจัดส่งเบเกอรี่ในพื้นที่ (กรณีศึกษาร้าน นุช เบเกอรี่)	1404
IT-P14	ระบบสแกนใบหน้าเช็คชื่อเข้าชั้นเรียน	1412
IT-P15	ระบบช่วยดูแลรักษากล้วยไม้อัตโนมัติ	1424
IT-P16	ระบบบริหารการจัดการซ่อมบำรุงเครื่องจักรออนไลน์	1434
IT-P17	ระบบการจัดการห้องประชุมและห้องปฏิบัติการ ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์	1443
IT-P18	การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการแนะนำการซ่อมบำรุงเครื่องคอมพิวเตอร์ในโรงเรียน พื้นที่ตำบลคลองด่าน จังหวัดสมุทรปราการ	1452
IT-P19	การพัฒนาระบบการจัดการวารสารวิจัยการเวก คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์	1461
IT-P20	การออกแบบและพัฒนาระบบการสั่งซื้อเครื่องดื่มล่วงหน้า กรณีศึกษาร้านไอปั่น	1471
IT-P21	การพัฒนาระบบจัดการเอกสารและการเบิกเงินของแรงงานในงานประมงทะเล กรณีศึกษาบ้านเรือโชคชัยสมบูรณ์	1479
IT-P22	การพยากรณ์ปริมาณน้ำท่วมภายในประเทศไทย	1493
IT-P23	การพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ (จำแนกตามสำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์)	1498
IT-P24	การพยากรณ์ราคาผลไม้อะโวคาโดในสหรัฐอเมริกา	1506

ชื่อเรื่องบทความวิจัย

กลุ่มคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยี

Computer and Teachnology (IT)

รหัส	ชื่อเรื่อง	หน้า
IT-P25	การพัฒนาระบบบริการของวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์	1512
IT-P26	การพัฒนาระบบเพื่อการจัดการร้านรับซื้อขยะรีไซเคิล กรณีศึกษา ร้านสมพร	1523
IT-P27	การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการจองโต๊ะจีน กรณีศึกษา สวนอาหารลุงนวย	1529
IT-P28	การพัฒนาระบบส่งการบ้านออนไลน์และคำนวณคะแนน ตามตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ	1536
IT-P29	การพัฒนาเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ เรื่องการใช้งานโปรแกรม Scratch เบื้องต้น ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนประถมสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา	1543
IT-P30	การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่องการใช้งานโปแกรม Microsoft Excel ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดประดู่ทรงธรรม (จียพันธ์บำรุง)	1551
IT-P31	การเปรียบเทียบการคิดแบบบูรณาการวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมกับความอยู่รอดด้วยการ์ตูนแอนิเมชัน	1561
IT-P32	การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการร้านจำหน่ายอุปกรณ์ตกแต่งสวน : กรณีศึกษาร้านเล็ก-ดา	1566
IT-P33	การพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการจองห้องประชุมออนไลน์ กรณีศึกษา สำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย	1574
IT-P34	การพัฒนาระบบบริหารการจัดการที่จอดรถ	1583
IT-P35	ระบบตรวจสอบข้อมูลกล่องจีพีเอส	1591
IT-P36	การพัฒนาระบบจัดการการจองบ้านพักฟาร์มสเตย์	1602

ชื่อเรื่องบทความวิจัย

กลุ่มนวัตกรรม

Innovation (INNO)

รหัส	ชื่อเรื่อง	หน้า
INNO-001	การพัฒนาผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาวสำหรับผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะสุดท้าย	1611
INNO-002	การพัฒนาไอศกรีมจากดอกเก๊กฮวย	1620
INNO-003	การผลิตโยเกิร์ตมะม่วงน้ำดอกไม้เสริมไข่มุกมะม่วงโพรไบโอติก	1626
INNO-004	การพัฒนาแอปพลิเคชันสื่อเสริมการเรียนรู้ระบบสุริยะด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง	1637
INNO-005	การพัฒนาแอปพลิเคชันส่งเสริมความสัมพันธ์ภายในครอบครัวโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโมบายและเครือข่ายสังคมออนไลน์	1646
INNO-006	แอปพลิเคชันค้นหาพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Plant@PNRU)	1659
INNO-007	ระบบการสั่งงานด้วยเสียงพูดสำหรับการทดสอบและปรับปรุงคุณภาพซอฟต์แวร์	1675
INNO-008	แปลงปลูกพืชสำเร็จรูปแบบประหยัดน้ำ	1684
INNO-009	การย้อมสีผ้าฝ้ายด้วยบัวหลวงปทุม	1690
INNO-010	การศึกษาและพัฒนาระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ผู้เลี้ยงและบ่อเลี้ยงปลาสลิดของพื้นที่ตำบลคลองด่าน อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ	1696

วิทยาศาสตร์ประยุกต์

Applied Science (AS)

[AS-O01] การศึกษาเปรียบเทียบมวลชีวภาพของหนอนแดงภายใต้ระบบการให้อาหารที่แตกต่างกัน

Comparative Study on the Chironomid Larvae Biomass under Different Feeding Regimes

โสภิดา ทองศรี และ ณัฐสิมา โทขันธ์*
Sopida Tongsri and Natsima Tokhun*
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: natsima@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

หนอนแดงจัดเป็นอาหารสดตามธรรมชาติที่ได้รับความนิยมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและอุตสาหกรรมปลาสวยงาม เนื่องจากมีองค์ประกอบของโปรตีนสูง โดยเฉพาะสีแดงของฮีโมโกลบินในร่างกายหนอนแดงเป็นแหล่งธาตุเหล็กชั้นดีเพื่อพัฒนาการเซลล์สืบพันธุ์ของปลา แต่ปัจจุบันแหล่งผลิตหนอแดงตามธรรมชาติลดลงทำให้ไม่เพียงพอต่อความต้องการ จึงจำเป็นต้องมีวิธีพัฒนาการเพาะเลี้ยงหลากหลายเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดียิ่งขึ้น ดังนั้นการศึกษาเปรียบเทียบมวลชีวภาพของหนอนแดงภายใต้ระบบการให้อาหารที่แตกต่างกันคือ รำละเอียด (RB) อาหารปลา (FF) และอาหารผสมของรำละเอียด กากถั่วลิสง เมล็ดข้าวโพดป่นละเอียดอัตราส่วน 1:1:1 (MF) โดยใช้บ่อซีเมนต์ที่มีระบบเติมอากาศเพื่อบ่มน้ำเขียวปริมาตร 50 ลิตร และให้อาหารแต่ละชนิดที่ผ่านการหมักในบ่อเพื่อล่อให้หนอนแดงมาวางไข่อย่างน้อย 7 วัน และเก็บเกี่ยวผลผลิตในวันที่ 7, 10, 13, 16 และ 19 ผลการศึกษาพบว่า การใช้รำละเอียดเพาะเลี้ยงหนอนแดงให้ผลรวมของจำนวนและน้ำหนักสดสูงสุด รองลงมาคืออาหารปลาและอาหารผสมตามลำดับ ส่วนการใช้อาหารปลาให้โปรตีนสูงถึงร้อยละ 7.528 รองลงมาคืออาหารผสมและรำละเอียดร้อยละ 7.252 และ 5.776 ตามลำดับ แสดงว่า ภายใต้สภาพแวดล้อมเดียวกันการให้อาหารที่แตกต่างกันทำให้มวลชีวภาพสดและองค์ประกอบของโปรตีนรวมในหนอนแดงมีปริมาณแตกต่างกัน ซึ่งเป็นทางเลือกในพัฒนาคุณภาพและปริมาณหนอนแดงในการเพาะเลี้ยง

คำสำคัญ: *หนอนแดง, หนอนริ้นน้ำจืด, การเพาะหนอนแดง, อาหารหนอนแดง*

Abstract

Natural live food as chironomid larvae has been accepted and popular in aquaculture and fish industry due to their high nutrition. Especially, the red color of hemoglobin in their body is the best resource of iron for reproductive development of fish. At present, number of chironomid larvae in natural resources is reducing, while its demand for aquaculture is increasing. Therefore, multi-culture development method is needed for the best yield. Hence, we aim at comparative study on the chironomid larvae biomass under different feeding regimes. Three different food items were tested: only rice bran (RB), fish food (FF), and mixture ratio 1:1:1 of rice bran, peanut meal, and mashed corn (MF). We used concrete ponds for incubation with 50 liters green water capacity during the period of 3 days. Type of food fermentations were added to each pond for inviting chironomid insects to egg-laying which took at least 7 days. Samples of chironomid larvae were collected at 7, 10, 13, 16 and 19 days after the incubation. The results showed that maximum number and wet weight of chironomid larvae was fed by rice bran, followed by fish and mixture foods, respectively. The larvae fed by rice bran had higher protein composition (7.528 %) than mixture food (7.252 %) and fish food (5.776 %), respectively. The result of this study showed that different feeding regimes under similar environment had significantly difference in biomass and protein composition of chironomid larvae among the treatments, which were alternative quality and quantity development in culture.

Keywords: *chironomid, midge, chironomid cultivation, chironomid food*

บทนำ

หนอนแดง (*chironomid* sp.) เป็นระยะตัวอ่อน (instar larvae) ของหนอนริ้นน้ำจืด (nonbiting midge) จัดอยู่ในวงศ์ Chironomidae อันดับ Diptera อยู่อันดับเดียวกันกับยุงและแมลงวันที่ไม่ดูดเลือดแต่ชอบน้ำหวานและเกสรดอกไม้ ตัวเมียชอบวางไข่ในที่ลมสงบประมาณ 500–2,000 ฟอง และจะฟักเป็นตัวอ่อนภายใน 3–4 วัน ระยะตัวอ่อนของวัยหนึ่งและวัยสองเริ่มเห็นเป็นสีแดงเพราะมีองค์ประกอบของฮีโมโกลบินในเลือดเป็นรงวัตถุสีแดงที่สามารถดึงออกซิเจนจากน้ำมาใช้ในการหายใจได้ดี วัยสามจะสีแดงชัดเจน มีส่วนหัวแยกจากลำตัวชัดเจน เริ่มมีอวัยวะสืบพันธุ์ และโตเต็มในวัยสี่ของช่วงเวลา 9-10 วัน จากนั้นหนอนแดงเข้าสู่ระยะดักแด้เพียงวันเดียวจะกลายเป็นตัวเต็มวัยมีลักษณะคล้ายยุง จึงจัดเป็นการเจริญเติบโตแบบสมบูรณ์ (complete metamorphosis) ในช่วงวงจรชีวิตประมาณ 25–27 วัน ที่อุณหภูมิ 25°C[1] หนอนแดงพบในระบบนิเวศเขตร้อนชื้น ได้แก่ ประเทศไทย ออสเตรเลีย ญี่ปุ่น มาเลเซีย ปาปัวนิวกินี และอินเดีย ซึ่งถูกนำมาใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีววิทยา (biological indicator) ของแหล่งน้ำ เนื่องจากสามารถทนต่อสภาพแวดล้อมได้กว้างและทนต่อมลพิษได้หลากหลายชนิด[2] สำหรับเขตจังหวัดปทุมธานีพบหนอนแดงทั้งหมด 15 สกุล 20 สปีชีส์ และมีความหนาแน่นของหนอนแดงมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ[3]

หนอนแดงมีบทบาทสำคัญในระบบห่วงโซ่อาหารเนื่องจากเป็นทางเชื่อมระหว่างผู้ผลิตและผู้บริโภคลำดับที่สอง ซึ่งเป็นอาหารสำคัญของสัตว์น้ำโดยเฉพาะปลา ทำให้หนอนแดงเป็นสัตว์เศรษฐกิจเพื่อการค้าและมีความต้องการสูงในอุตสาหกรรมปลาสวยงาม ซึ่งในปัจจุบันหนอนแดงสดและหนอนแดงแช่แข็งราคากิโลกรัมละ 160–200 บาท พร้อมทั้งบริการจัดส่งทั่วประเทศ[4] และเป็นสินค้าส่งออกต่างประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น ฮ่องกง และสิงคโปร์ เป็นต้น โดยหนอนแดงจัดเป็นแหล่งอาหารธรรมชาติชั้นดีของพ่อแม่พันธุ์ในการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของสัตว์น้ำ เนื่องจากหนอนแดงสดมีโปรตีนร้อยละ 5.29 ส่วนหนอนแดงแห้งมีโปรตีนร้อยละ 61.53 และพลังงานสูงถึง 495.51 แคลอรี่/กิโลกรัม สำหรับหนอนแดงน้ำหนักสด 100 กรัม ให้น้ำหนักแห้ง 8.61 กรัม[5] แต่ปัจจุบันแหล่งผลิตหนอแดงตามธรรมชาติลดลงทำให้ไม่เพียงพอต่อความต้องการ และปัญหาการปนเปื้อนสารมลพิษในแหล่งน้ำธรรมชาติ จึงจำเป็นต้องมีการเพาะพันธุ์และพัฒนาการเลี้ยงเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดียิ่งขึ้น เช่น การเลี้ยงหนอนแดงที่ระดับความเค็มแตกต่างกันเพื่อเป็นอาหารธรรมชาติให้กับลูกกุ้งขาวแวนาไมพบว่าความเค็มมากกว่า 15 psu หนอนแดงมีปริมาณสูงสุด[6] การพัฒนาอาหารสำเร็จรูปสำหรับเพาะเลี้ยงหนอนแดงพบว่าสูตรอาหารสุกร ดินเหนียว และ EM ให้ผลผลิตมากที่สุด[7] การเลี้ยงหนอนแดงภายใต้การให้ระบบอาหารที่แตกต่างกันพบว่าอาหารปลาที่มีจำหน่วยทั่วไป (Tetramin Flakes) ให้น้ำหนักและความยาวของหนอนแดงสูงสุด[8] และการเปรียบเทียบมวลชีวภาพและองค์ประกอบทางเคมีของหนอนแดงจากการให้อาหารที่แตกต่างกันพบว่าการให้อาหารด้วยมูลไก่ทำให้น้ำหนักและองค์ประกอบของโปรตีนและไขมันสูง[9] เป็นต้น ซึ่งการเพาะเลี้ยงหนอนแดงมีหลายกรรมวิธีภายใต้สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน แต่สำหรับการเพาะหนอนแดงที่ใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นและองค์ประกอบทางเคมียังคงได้รับความสนใจ ดังนั้น การศึกษาเปรียบเทียบมวลชีวภาพของหนอนแดงภายใต้ระบบการให้อาหารที่แตกต่างกัน ให้ข้อมูลสูตรเพาะหนอนแดงที่เหมาะสมต่อการพัฒนาอาชีพเพาะเลี้ยงหนอนแดงด้วยตนเองอย่างง่ายและต้นทุนต่ำ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมบ่อเพาะเลี้ยงหนอนแดง โดยการล้างทำความสะอาดบ่อซีเมนต์ทรงกลมขนาดวงบ่อ 100 เซนติเมตร สูง 40 เซนติเมตร จำนวน 3 บ่อ ปล่อยทิ้งไว้ให้แห้ง และโรยปูนขาวรอบบ่อเพื่อป้องกันศัตรูหนอนแดง

2. การทำน้ำเขียว (สาหร่ายคลอเรลล่า, *Chlorella* sp.)[10,11] ภายหลังการเตรียมบ่อแล้วเติมน้ำประปาผ่านถุงกรองปริมาตร 50 ลิตร และปล่อยทิ้งไว้ 2 วันให้น้ำปราศจากคลอรีน กำหนดคุณภาพน้ำในบ่อให้มีค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 7.5–8.5 ความเป็นด่างอยู่ในช่วง 50–100 มิลลิกรัม/ลิตร ความกระด้าง 75–300 มิลลิกรัม/ลิตร และเติมหัวเชื้อน้ำเขียวปริมาตร 6 ลิตร ที่ได้จากการเติมส่วนผสมของกากน้ำตาลจำนวน 3 ช้อนโต๊ะ ปุ๋ยยูเรีย (สูตร 46–0–0) 2 ช้อนโต๊ะ ปุ๋ยนา (สูตร 16–16–16) 2 ช้อนโต๊ะ รำละเอียด 4 ช้อนโต๊ะ และตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง โดยการเติมหัวเชื้อน้ำเขียวผ่านผ้าขาวบางลงสู่บ่อเพาะน้ำ

เขียว คนให้เข้ากัน ใส่หัวทรายเพื่อให้น้ำมีการหมุนเวียนและช่วยให้สาหร่ายได้รับแสงแดดอย่างทั่วถึง เลี้ยงไว้ประมาณ 3–4 วัน น้ำจะเริ่มเป็นสีเขียวเข้มและพร้อมใช้ประโยชน์

3. การเตรียมอาหาร (อินทรียวัตถุ) [11,12] เพื่อเป็นอาหาร สร้างปลอก และล่อให้หนอนแดงมาวางไข่ในบ่อเพาะน้ำเขียว โดยการหมักอาหารรำละเอียด (RB) 100 กรัม อาหารปลายี่ห้อซากุระ 100 กรัม (FF) และอาหารผสมของรำละเอียด กากถั่วลิสง เมล็ดข้าวโพดป่นละเอียดอัตราส่วน 1:1:1 (MF) 100 กรัม ในถังให้เน่าสลายเป็นเวลา 2 วัน และเทอาหารแต่ละชนิดลงในแต่ละบ่อเพาะเลี้ยงที่เตรียมไว้ (ควรเตรียมอาหารก่อนเตรียมน้ำเขียวเพราะกลิ่นของอาหารจะช่วยล่อหนอนแดงมาว่างไข่)

4. การเก็บเกี่ยวผลผลิตหนอนแดง โดยภายหลังการเติมอาหารเพาะเลี้ยงในบ่อประมาณ 7 วันสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตหนอนแดงโดยใช้สวิงตักหนอนแดงขึ้นจากก้นบ่อ แยกเศษอินทรียวัตถุ (ปลอกหนอนแดง) ออกโดยการเขย่าร่อนผ่านผ้าไนล่อนช่องตาข่ายขนาด 1 มิลลิเมตร นำหนอนแดงล้างด้วยน้ำสะอาด นับจำนวนหนอนแดงในวัยสามและวัยสี่ที่พร้อมใช้เลี้ยงปลา และนำหนอนแดงที่นับได้ไปชั่งน้ำหนักสด ซึ่งการเก็บเกี่ยวผลผลิตจะทำทุกๆ 3 วัน รวมจำนวน 5 ครั้ง (วันที่ 7 10 13 19 และ 19) ในช่วงเวลา 11.00 – 15.00 นาฬิกา (เป็นช่วงเวลาที่หนอนแดงลอยตัวออกจากปลอกและลอยตัวขึ้นสู่ผิวน้ำ)

5. การควบคุมบ่อผลิต [13] การเพิ่มอาหารหรืออินทรียวัตถุให้กับหนอนแดง หากมีการเติมมากเกินไปจะทำให้น้ำเน่าเสีย หนอนแดงจะไม่สามารถวางไข่และเจริญเติบโตได้ ซึ่งการเติมอาหารแต่ละชนิดที่ผ่านการเตรียมปริมาณ 10 กรัม ทุกๆ 3 วัน และทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำทุกสัปดาห์เพื่อควบคุมการผลิต กรณีที่น้ำในบ่อมีความเป็นกรดมากเกินไปให้เติมปูนขาวในปริมาณที่เหมาะสมกับบ่อปูนซีเมนต์ที่เลี้ยง หรือหากปริมาณน้ำมากเกินไปก็ทำการปล่อยออก 10-15 เซนติเมตร และต้องใส่หัวทรายเติมออกซิเจนให้น้ำมีการหมุนเวียนตลอดเวลา

6. การวิเคราะห์โปรตีนรวมโดยวิธีคเจดาห์ล (Kjeldahl method) [14] หนอนแดงที่ผ่านการชั่งน้ำหนักสดแล้วถูกนำเข้าตู้อบลมร้อน (oven) ที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น จากนั้นทำการบดตัวอย่างให้ละเอียดด้วยโกร่งบด (mortar) ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่บดละเอียดประมาณ 2–5 กรัม ใส่ในหลอดย่อย (Kjeldahl flask) เติม Mixed catalyst ($CuSO_4$ 0.1 กรัม, $NaSO_4$ 2 กรัม และ H_2SO_4 25 มิลลิลิตร) ย่อยบน heating mantle ที่ความร้อนอ่อนๆ ไปจน 400°C เมื่อตัวอย่างใสให้ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำกลั่นประมาณ 10–15 มิลลิลิตร เติม 40% NaOH 50 มิลลิลิตร และต่อหลอดย่อยเข้ากับเครื่องกลั่น นำขวดรูปชมพู (receiving flask) ที่บรรจุ 4% boric acid 25 มิลลิลิตร และเติม Indicator เรียบร้อยแล้วรองรับสารละลายที่กลั่นได้ประมาณ 25 มิลลิลิตร และนำไปไตเตรทด้วย 0.1N HCl จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงอมชมพู บันทึกผลที่ได้ไปคำนวณปริมาณโปรตีนจากสูตร

$$\text{ปริมาณโปรตีน (\%)} = \frac{((A-B) \times N \times 1.4 \times F)}{W}$$

เมื่อ A คือ ปริมาตรของ 0.1N HCl ที่ใช้ในการไตเตรทกับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)
B คือ ปริมาตรของ 0.1N HCl ที่ใช้ในการไตเตรทกับ blank (มิลลิลิตร)
W คือ น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)
N คือ ความเข้มข้นของ HCl ที่ใช้ในการไตเตรท (นอร์มอล)
F คือ ค่าแฟคเตอร์ (6.25)

7. ข้อมูลผลการตรวจวิเคราะห์มวลชีวภาพสดและองค์ประกอบของโปรตีนในหนอนแดงถูกนำไปวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) ตามแผนการทดลองสุ่มแบบสมบูรณ์ (CRD) และเปรียบเทียบข้อมูลเฉลี่ยของแต่ละกรรมวิธีการให้อาหารเพาะเลี้ยงแบบทางเดียว (one-way ANOVA) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

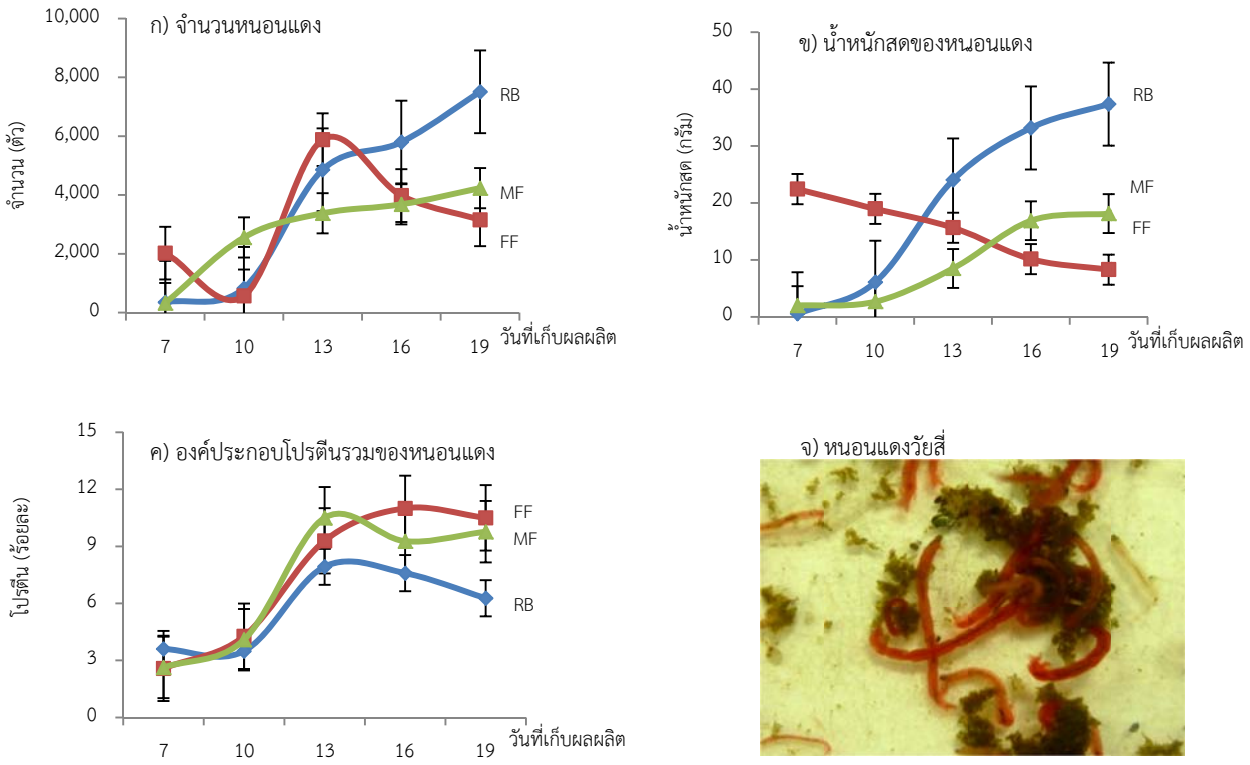
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการศึกษาเปรียบเทียบมวลชีวภาพของหนอนแดงภายใต้ระบบการให้อาหารที่แตกต่างกันคือ รำละเอียด (RB) อาหารปลา (FF) และอาหารผสมของรำละเอียด กากถั่วลิสง เมล็ดข้าวโพดป่นละเอียดอัตราส่วน 1:1:1 (MF) โดยมีระบบการเติมออกซิเจนภายในการฟอร์มน้ำเชียวและการเก็บเกี่ยวผลผลิตทุก 3 วัน ช่วงเวลา 10.00 – 11.00 นาฬิกา ในวันที่ 7 11 14 17 และ 20 ในช่วงเดือน กันยายน – พฤศจิกายน พ.ศ. 2561 ผลการศึกษาพบว่า การใช้รำละเอียดเพาะเลี้ยงหนอนแดงให้ผลรวมของจำนวนตัวและน้ำหนักสดสูงสุด รองลงมาคืออาหารปลาและอาหารผสมตามลำดับ ส่วนการใช้อาหารปลาให้องค์ประกอบโปรตีนรวมสูงถึงร้อยละ 7.53 รองลงมาคืออาหารผสมและรำละเอียดร้อยละ 7.25 และ 5.78 ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบมวลชีวภาพและองค์ประกอบของโปรตีนรวมของหนอนแดงภายใต้ระบบการให้อาหารที่แตกต่างกัน

รายการ	ผลผลิตรวมใน 5 ครั้ง/ฤดูกาลเพาะเลี้ยง		
	รำละเอียด	อาหารปลา	อาหารผสม
จำนวนหนอนแดง (ตัว)	19,347*	15,613	14,176
น้ำหนักสด (กรัม)	101.20*	75.47	48.14
ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)	5.78	7.53*	7.25

หมายเหตุ: * ค่าเฉลี่ยของชุดข้อมูลแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพที่ 1 ผลการเพาะเลี้ยงหนอนแดงภายใต้การให้อาหารที่แตกต่างกันและหนอนแดงวัยสี่สำหรับนำไปวิเคราะห์โปรตีน

ผลการนับจำนวนหนอนแดงวัยสามและวัยสี (มีจำนวนเพิ่มขึ้นตามช่วงเวลาในการเพาะเลี้ยงเช่นเดียวกับน้ำหนักสดของหนอนแดง (ภาพที่ 1 ก และ ข) โดยการใช้อาหารรำละเอียด (RB) สามารถล่อให้หนอนแดงมาวางไข่ สร้างปลอก เป็นอาหารสำหรับการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว และให้ผลผลิตได้ดีกว่าการใช้อาหารผสมของรำละเอียด กากถั่วลิสง เมล็ดข้าวโพดป่นละเอียด

อัตราส่วน 1:1: 1 (MF) และอาหารปลา (FF) ตามลำดับ ให้ผลผลิตรวม 5 ครั้งของรำละเอียด อาหารผสม และอาหารปลา เท่ากับ 19,347 15,613 และ 14,176 ตัว ให้น้ำหนักสดรวมเท่ากับ 101.20 75.47 และ 48.14 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ดังนั้น การใช้รำละเอียดในการเพาะเลี้ยงหนอนแดงเป็นวิธีที่ง่าย ต้นทุนในการผลิตต่ำ และให้ผลผลิตของหนอนแดงดี แต่พิจารณาผลการวิเคราะห์คุณภาพของหนอนแดงวัยสี่ (ภาพที่ 1 จ) พบว่า การใช้อาหารปลามีปริมาณองค์ประกอบโปรตีนรวมเฉลี่ยสูงถึงร้อยละ 7.528 รองลงมาคือ อาหารผสมและรำละเอียดร้อยละ 7.252 และ 5.776 ตามลำดับ (ตารางที่ 1) โดยภายหลังการเพาะเลี้ยงช่วง 13–16 วัน มีแนวโน้มปริมาณโปรตีนสูงกว่าช่วงเวลาอื่นๆ ที่ทดสอบ (ภาพที่ 1 ง) แสดงว่าการเก็บเกี่ยวผลผลิตหนอนแดงที่ให้โปรตีนสูงควรเก็บเกี่ยวผลผลในช่วงเวลาดังกล่าว เนื่องจากหนอนแดงวัยสี่มีลักษณะสีแดงสดประกอบด้วยเม็ดเลือดฮีโมโกลบินสูงที่เป็นแหล่งพลังงานและแร่ธาตุเหล็ก[15] ซึ่งสอดคล้องกับการเพาะเลี้ยงหนอนแดงโดยใช้อาหารปลาสำเร็จรูป (Tetramin Flaked) ในช่วงเวลา 7–21 วัน พบปริมาณโปรตีนสูงกว่าการใช้สาหร่าย (*Sxenedesmus sp.*) และยีสต์ (baker yeast)[8] ส่วนการใช้มูลไก่ในช่วงเวลา 15 วัน ให้โปรตีนสูงกว่าการใช้ไข่แดง (egg yolk)[9] จึงทำให้กลุ่มประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีจำนวนผู้ผลิตหนอนแดงจำนวนมากโดยเฉพาะประเทศจีน จึงจัดเป็นอุตสาหกรรมที่มีราคาแพงและต้องการมืออาชีพมากในการผลิต ดังนั้นผลการศึกษาในครั้งนี้ สามารถพัฒนาสู่อาชีพการเพาะเลี้ยงหนอนแดงเพื่อเป็นรายได้เสริมได้

สรุป

การศึกษาเปรียบเทียบมวลชีวภาพสดของหนอนแดงเมื่อใช้รำละเอียดเป็นอาหารเพาะเลี้ยงหนอนแดงที่ช่วงเวลา 7–19 วัน ให้ผลรวมของจำนวนตัวและน้ำหนักสดสูงกว่าการใช้อาหารปลาและอาหารผสม ตามลำดับ ซึ่งการใช้รำละเอียดในการเพาะเลี้ยงหนอนแดงเป็นวิธีที่ง่าย ต้นทุนในการผลิตต่ำ และให้ผลผลิตของหนอนแดงดี สำหรับผลการพิจารณาคุณภาพของหนอนแดงวัยสี่ที่พร้อมใช้ประโยชน์เป็นอาหารสดของสัตว์น้ำมีองค์ประกอบโปรตีนรวมเฉลี่ยสูงสุด และช่วง 13–16 วัน ที่เพาะเลี้ยงให้ปริมาณโปรตีนสูงกว่าช่วงเวลาอื่น แสดงว่าการเก็บเกี่ยวผลผลิตหนอนแดงที่ให้โปรตีนสูงควรเก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงเวลาดังกล่าวนำไปสู่ข้อมูลพื้นฐานในการเก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงที่เหมาะสมและพัฒนาสู่อาชีพการเพาะเลี้ยงหนอนแดงเพื่อเป็นรายได้เสริมได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี ที่สนับสนุนเงินทุนเผยแพร่ผลงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. เฉลียว กุวังดิลก. วงจรชีวิตและวิธีเพาะเลี้ยงหนอนแดง (*Chironomus plumatisetigerus*) ในห้องทดลอง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรศาสตร์. ปีที่ 28 ฉบับที่ 4: 535–544, 2537.
2. Lindegaard, C. Cassification of water bodies and pollution. pp. 385–404. In Armitage, P., Cranston, P.S. and Pinder, L.C.V. (eds.), The Chironomidae: the biology and ecology of non-biting midge, chapman & Hill. London, 1995.
3. ภรณี อุทโยภาศ. ความหลากหลายของหนอนแดงในเขตจังหวัดปทุมธานี ประเทศไทย. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ปีที่ 10 ฉบับที่ 2 (เมษายน–มิถุนายน) : 18–27, 2554.
4. บ้านหนอนแดง. หนอนแดงแช่แข็ง. [อินเตอร์เน็ท]. 2562. [เข้าถึงเมื่อ 23 มีนาคม 2562] เข้าถึงได้จาก http://ranchushop.com/redWorm/
5. อิทธิพร จันทร์เพ็ญ. อาหารและการให้อาหารปลา กุ้ง. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ซ่อนนทรี. 2532.
6. ศักดิ์ชัย หีดศิริ. การเลี้ยงหนอนแดงนะดับความเค็มแตกต่างกันเพื่อเป็นอาหารธรรมชาติให้กับลูกกุ้งขาวแวนาไม. ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร, ชุมพร; 2552.

7. อมรศรี ศรีอินทร์. การพัฒนาสูตรอาหารสำเร็จรูปสำหรับเพาะเลี้ยงหนอนแดง. วารสารวิชาการปทุมวัน. ปีที่ 6 ฉบับที่ 15 (มกราคม–เมษายน) : 18–27, 2559.
8. Habashy, M.M. Culture of chironomid larvae (insect-diptera-chironomidae) under different feeding systems. Egyptian Journal of Aquaculture Research. Volume 31, Issue 2 : 403–418, 2015.
9. Maleknejad, R., Sudagar, M. and Azimi, A. Comparative study on the effect of different regimes on chironomid larvae biomass and biochemical composition. International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research. Volume 2, Issue 4 : 1274–1278, 2014.
10. สถาบันวิจัยอาหารสัตว์น้ำจืด. การเพาะเลี้ยงคลอเรลล่า *Chlorella ellipsoidea.* กรุงเทพฯ: กรมประมง. ม.ป.ป.
11. สันทนา ดวงสวัสดิ์. หนอนแดง. วารสารการประมง. ปีที่ 33 ฉบับที่ 2: 215–218, 2523.
12. สำรวจ เสร็จกิจ. การผลิตหนอนแดงในบ่อซีเมนต์. กรุงเทพฯ : กรมประมง, 2532.
13. ประภาส โฉลกพันธ์รัตน์. การเพาะเลี้ยงหนอนแดง. [อินเตอร์เน็ท]. 2562. [เข้าถึงเมื่อ 25 มีนาคม 2562] เข้าถึงได้จาก https://home.kku.ac.th/pracha/Bloodworm%20Culture.htm
14. AOAC. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 19th edition. Arlington: Association of Official Analytical Chemists, 2000.
15. Sahandi, J. Natural food production for aquaculture: Cultivation and nutrition of chironomid larvae (Insecta, Diptera). Advances in Environmental Science – International Journal of the Bioflux Society. Volume 3, Issue 3 : 268–271, 2011.

[AS-O02] การศึกษาประสิทธิภาพของสารปรับสภาพด่างในระบบบำบัดน้ำเสียเยื่อกรองชีวภาพและการพัฒนาชีวภัณฑ์จากเชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3

Study on Treatment Efficiency of Wastewater Contained Fat Oil and Grease in Membrane Bio-reactor System and Development from *Pseudomonas* sp. GS-3

สิริรัตน์ จินดา[1], อังคณา มุละชีวะ[1], จิราวรรณ รอดทอง[1], เทอดพงศ์ ศรีสุขพันธุ์[2], และ ปิยาภรณ์ สุภัคดำรงกุล[*1]
Sirirat Jinda[1], Angkana Mulachewa[1], Jirawan Rodthong[1], Thirdpong Srisukpan[2], and Piyaporn Supakdamrongkul[*1]
[1]สาขาวิชาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
[2]สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: junejungko@gmail.com*

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ที่ปนเปื้อนน้ำมันผสม 2 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ *Pseudomonas* sp. GS-3 ร่วมกับการใช้สารปรับสภาพด่าง 2 ชนิด ได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์และแคลเซียมคาร์บอเนต เพื่อควบคุมสภาพด่างภายในระบบบำบัดน้ำเสียจำลองแบบเยื่อกรองชีวภาพ (MBR) ผลการวิจัยพบว่าการใช้แคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารปรับสภาพด่างส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพการย่อยสลายสารอินทรีย์สูงถึง 92.11±4.04 เปอร์เซ็นต์ และค่าประสิทธิภาพการย่อยสลายน้ำมันสูงถึง 79.57±2.99 โดยประสิทธิภาพการย่อยสลายน้ำมันด้วยเชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 ที่สูงนี้แสดงให้เห็นว่าเชื้อสามารถผลิตเอนไซม์ไลเปสออกมาย่อยสลายน้ำมันในน้ำเสียสังเคราะห์ได้เป็นอย่างดี ในการวิจัยครั้งนี้ระบบบำบัดน้ำเสียจำลองแบบ MBR สามารถดำเนินงานได้เพียง 5 วัน ซึ่งเกิดจากค่าอัตราส่วนของสารอาหารต่อจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสีย (F/M ratio) มีค่าสูงถึง 9.08 ซึ่งเกินเกณฑ์กำหนด (กำหนดให้ค่าอัตราส่วนของสารอาหารต่อจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเติมอากาศมีค่าระหว่าง 0.4-0.6) ส่งผลให้เชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ในระบบบำบัดน้ำเสียได้ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการพัฒนาชีวภัณฑ์จากเชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 ในรูปแบบของ weed ball โดยใช้ชีวมวลของผักตบชวาเป็นองค์ประกอบสำคัญ ซึ่งผลจากการศึกษาอัตราการรอดชีวิตของเชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 ใน weed ball ภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 วัน พบว่าเชื้อสามารถดำรงชีวิตได้นานถึง 25 วัน และมีการเพิ่มจำนวนเชื้อในวันที่ 15-18 ทั้งนี้ผลจากการวิจัยในครั้งนี้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญสำหรับการประยุกต์ใช้เชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 ในการบำบัดน้ำเสียปนเปื้อนน้ำมันด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบ MBR รวมทั้งการพัฒนาชีวภัณฑ์ของเชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 เพื่อประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียปนเปื้อนน้ำมันด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบ MBR ในลำดับต่อไป

คำสำคัญ: *ชีวภัณฑ์ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเยื่อกรองชีวภาพ สภาพด่าง อัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์*

Abstract

The objective of this research was to study on treatment efficiency of synthetic wastewater contained 2% mixed oil by using *Pseudomonas* sp. GS-3 with 2 alkalinity substances (NaOH and $CaCO_3$) to control alkalinity in membrane bio reactor system (MBR). The result showed that, $CaCO_3$ was the best alkalinity substance that effected to the degradation of organic substance and mixed oil in synthetic wastewater in MBR. Its rate of organic substance degradation was 92.1±4.04% and fat, oil and grease degradation was 79.57±2.99%. It showed that the high efficiency of lipase from *Pseudomonas* sp. GS-3. The MBR system could operate for 5 days because the F/M ratio was 9.08 that showed the higher than the F/M ratio standard (0.4-0.6). Therefore, *Pseudomonas* sp. GS-3 could not grow in MBR system. Study on the bio-formulation development from *Pseudomonas* sp. GS-3 in weed ball from by using biomass of water hyacinth. It showed that, *Pseudomonas* sp. GS-3 could grow in weed ball for 25 days especially with 15 to 18 days.

According to these interesting results, it could be the basic information to be further study of *Pseudomonas* sp. GS-3 for degradation of oil in MBR system and it was to application for the bio-formulation by using biomass from weed for further wastewater treatment.

Keywords: *biomass, membrane bio reactor, alkaline condition, food per microorganism*

บทนำ

การเพิ่มขึ้นของโรงงานอุตสาหกรรมเป็นสาเหตุหนึ่งทำให้เกิดน้ำเสียจากกระบวนการผลิต น้ำเสียเหล่านี้หากถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติจะส่งผลเสียต่อระบบนิเวศวิทยา ทำให้ระบบนิเวศขาดสมดุล ส่งผลกระทบต่อกันเป็นลูกโซ่ไปยังสิ่งมีชีวิตอื่น[(1)] ระบบบำบัดจึงถูกนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสีย โดยระบบบำบัดน้ำเสียที่นิยมใช้คือ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ activated sludge แต่ระบบนี้ยังมีข้อจำกัดในการใช้งานอยู่หลายอย่างคือ ต้องมีการตกตะกอนน้ำเสียก่อน จึงนำน้ำเสียนั้นไปทำการบำบัดโดยจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย จากข้อจำกัดนี้จึงมีการพัฒนาระบบเป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Membrane Bio Reactor (MBR) ซึ่งเป็นการรวมบ่อตกตะกอนน้ำเสียกับบ่อบำบัดโดยจุลินทรีย์เข้าด้วยกัน และใช้แผ่น membrane ในการแยกน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว ทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ MBR มีขนาดเล็ก และน้ำที่ผ่านการบำบัดมีคุณภาพสูง ทั้งนี้มีปัจจัยที่ส่งผลต่อระบบ MBR ได้แก่ อัตราส่วนสารอาหารต่อจุลินทรีย์ในระบบ (F/M) อัตราการบรรทุกสารอินทรีย์ และระยะเวลาในการกักเก็บ (HRT)[(2)] น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมมักมีไขมัน และน้ำมันปะปนอยู่มาก แล้วน้ำมันและไขมันเหล่านี้จะย่อยสลายได้ยาก ระบบบำบัดทั่วไปจึงต้องมีการทำบ่อดักไขมันเพื่อแยกไขมันออกก่อนการบำบัด หรืออีกวิธีคือการใช้จุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการย่อยสลายไขมันมาทำการบำบัดที่เรียกว่า การบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ โดยอาจใช้เป็นตัวเซลล์ของจุลินทรีย์หรือใช้เอนไซม์[(3)] โดยจุลินทรีย์ที่ถูกนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสีย เช่น ยีสต์ แบคทีเรียผลิตกรดแลคติก แบคทีเรียสังเคราะห์แสงผลิตออกซิเจน และแบคทีเรียกลุ่ม Bacillus เป็นต้น

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาจุลินทรีย์ในรูปแบบชีวภัณฑ์มาใช้ในการบำบัดน้ำเสียเพื่อความสะดวกในการใช้งาน และการจัดเก็บชีวภัณฑ์จากจุลิทรีย์ซึ่งมีทั้งแบบสูตรน้ำ (liquid formulate) สูตรแห้ง (dry formulate) และลักษณะเป็นก้อนทรงกลม ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมในการนำมาใช้งาน[(4)] *Pseudomonas sp.* GS-3 เป็นแบคทีเรียที่มีความสามารถในการย่อยสลายไขมัน และน้ำมัน เนื่องจากแบคทีเรียชนิดนี้สร้างเอนไซม์ไลเปสได้ จึงสามารถนำแบคทีเรียสายพันธุ์ดังกล่าวนี้มาใช้ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพเพื่อย่อยสลายไขมันและน้ำมัน อย่างไรก็ตามข้อจำกัดสำคัญของการประยุกต์ใช้ *Pseudomonas* sp. GS-3 ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบ MBR คือ *Pseudomonas* sp. GS-3 ไม่สามารถเจริญเติบโตในสภาวะที่เป็นกรดได้ ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมสภาวะความเป็นด่างภายในระบบบำบัดให้เหมาะสม เพื่อให้แบคทีเรียสามารถทำการย่อยสลายไขมันและน้ำมันได้อย่างต่อเนื่อง

จากความสำคัญข้างต้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อการปรับสภาวะความเป็นด่างที่เหมาะสมต่อการบำบัดน้ำเสียโดยเชื้อ *Pseudomonas sp.* GS-3 ในระบบบำบัดน้ำเสียจำลองแบบ MBR และเพื่อพัฒนาสูตรชีวภัณฑ์ของเชื้อ *Pseudomonas sp.* GS-3 โดยใช้ชีวมวลของวัชพืช รวมทั้งเพื่อเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่ปนเปื้อนน้ำมันด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบ MBR

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาหาสภาวะด่างที่เหมาะสมต่อการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีน้ำมันผสม (น้ำมันหมู น้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันรำข้าว เพื่อให้ใกล้เคียงกับลักษณะการปนเปื้อนน้ำมันในสถานการณ์จริง ซึ่งมีทั้งน้ำมันพืชและน้ำมันจากไขมันสัตว์) ในอัตราส่วน 1:1:1:1 โดยใช้เชื้อ *Pseudomonas sp.* GS-3[(5,6)] ในการบำบัดน้ำมันภายในระบบบำบัดจำลอง MBR ปริมาตร 20 ลิตร โดยทำการแยกการบำบัดออกเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 เติมแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารปรับสภาพด่าง การทดลองที่ 2 เติมโซเดียมไฮดรอกไซม์เป็นสารปรับสภาพด่าง แล้วทำการติดตามผลของประสิทธิภาพในการบำบัดตามค่าพารามิเตอร์ ดังนี้ ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) สารอินทรีย์ในน้ำ (COD) ปริมาณไขมันและน้ำมัน (FOG) รวมไปถึง

ค่าของแข็งแขวนลอย (MLSS) และของแข็งแขวนลอยระเหยง่ายในน้ำ (MLVSS)[7] โดยใช้สถิติพื้นฐานทั่วไปในการวิเคราะห์ข้อมูล (ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) นอกจากนี้ยังมีการติดตามผลการเจริญของเชื้อ *Pseudomonas sp.* GS-3 ด้วย การทดลองนี้กำหนดให้ระยะเวลาการกักเก็บน้ำเสียมีค่าเท่ากับ 24 ชั่วโมง และมีการควบคุมอัตราการบรรทุกสารอินทรีย์ (F/M) ให้มีค่าใกล้เคียงกัน

2. การศึกษาการพัฒนาชีวภัณฑ์จากเชื้อ *Pseudomonas sp.* GS-3 จะใช้ชีวมวลของผักตบชวา แป้งมันสำปะหลัง และสารแขวนลอยเชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 เป็นส่วนประกอบ[8] ทำการผสมส่วนผสมให้เข้ากัน และนำไปขึ้นรูปเป็นทรงกลม (เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3.5 เซนติเมตร) ตากให้แห้ง เก็บที่อุณหภูมิห้อง และทำการติดตามผลโดยการหาอัตราการรอดชีวิตของเชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 ทุกวัน เป็นระยะเวลา 30 วัน

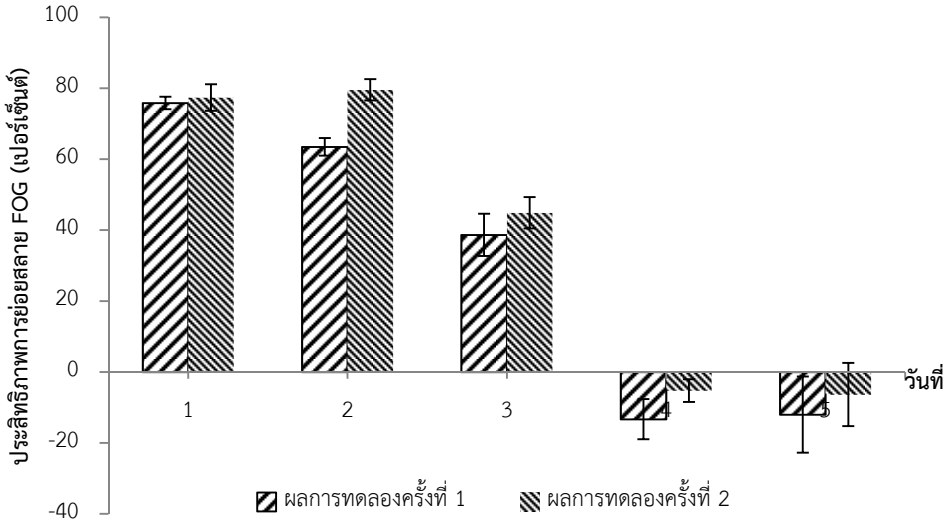
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. การศึกษาประสิทธิภาพของสารปรับสภาพด่างในระบบบำบัดน้ำเสียจำลองแบบ MBR ที่มีน้ำมันผสม 2 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้เชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 ในการย่อยสลายน้ำมันในน้ำเสีย

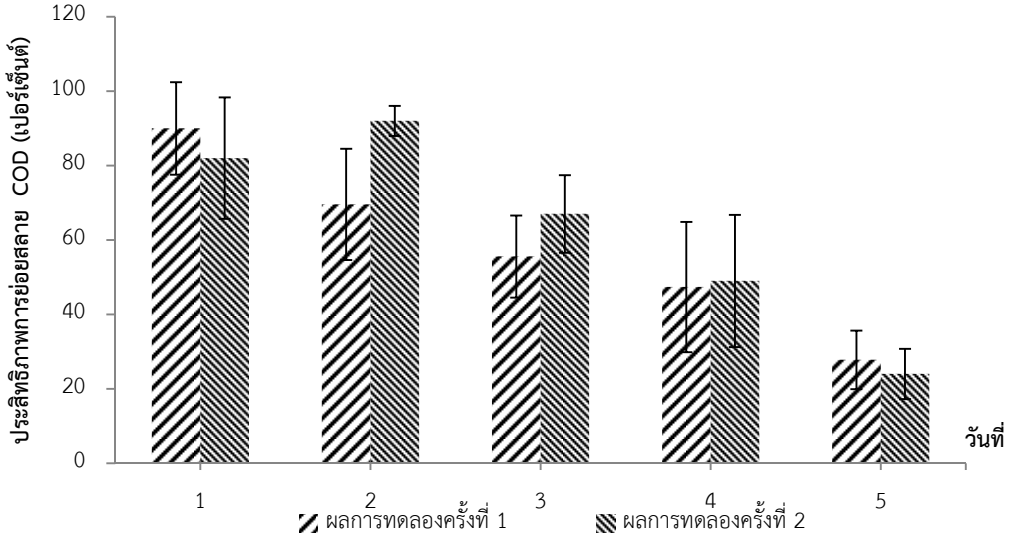
จากการทดลองการย่อยสลายน้ำมันในน้ำเสียสังเคราะห์ (น้ำมันผสม ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งประกอบด้วยน้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันรำข้าว และน้ำมันหมูในอัตราส่วน 1:1:1:1) โดยเชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 ในระบบบำบัดน้ำเสียจำลองแบบ MBR ซึ่งในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารปรับสภาพด่างในระบบบำบัดน้ำเสียจำลองแบบ MBR โดยใช้สารปรับสภาพด่าง 2 ชนิด ได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ทำการเก็บตัวอย่างทุก ๆ วัน เป็นเวลา 5 วัน โดยนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ และเปรียบเทียบพารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ได้ในตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์ทั้งก่อนและหลังการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งแต่ละค่าพารามิเตอร์มีการทำการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง ซึ่งผลจากการทดลองพบว่าเชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายน้ำมันผสมได้ดี โดยเชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 จะสร้างเอนไซม์ไลเปสออกมาย่อยน้ำมันและไขมันดังกล่าว เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต ทั้งนี้เชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 จะมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายน้ำมันผสมได้ดี ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 6-8 แต่ถ้าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าต่ำกว่า 5 เชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 จะไม่สามารถเจริญเติบโตและตาย

จากการตรวจวิเคราะห์ถึงประสิทธิภาพในการลดปริมาณน้ำมันในน้ำเสียสังเคราะห์นั้น ค่าพารามิเตอร์นี้แสดงให้เห็นถึงความสามารถของเชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 ในการสร้างเอนไซม์ไลเปสเพื่อย่อยสลายน้ำมันในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยผลการทดลองพบว่าเชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณน้ำมันในน้ำเสียสังเคราะห์ได้เป็นอย่างดี มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายน้ำมันสูงสุดเท่ากับ 75.85±1.75 และ 79.57±2.99 เปอร์เซ็นต์ ตามการทดลองชุดที่ 1 และชุดที่ 2 ตามลำดับ แต่ทั้งนี้เชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 สามารถเจริญอยู่ภายในระบบบำบัดน้ำเสียจำลองแบบ MBR ได้เพียง 5 วัน โดยสังเกตจากค่าประสิทธิภาพในการย่อยสลายน้ำมันที่มีค่าลดลง จนไม่สามารถย่อยสลายน้ำมันได้ (ภาพที่ 1)

ในการศึกษาประสิทธิภาพการย่อยสลายซีโอดีในน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีน้ำมันผสม ซึ่งการย่อยสลายซีโอดีหรือการย่อยสลายสารอินทรีย์ใช้วิธีการไทเทรตในการตรวจวิเคราะห์ โดยทำการตรวจวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการย่อยสลายซีโอดีด้วยการเปรียบเทียบน้ำเสียสังเคราะห์ก่อนการบำบัดและน้ำเสียสังเคราะห์หลังการบำบัดในทุก ๆ วัน พบว่าค่าซีโอดีในน้ำเสียสังเคราะห์มีค่าลดลง แสดงให้เห็นถึงว่าเชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 สามารถย่อยสลายซีโอดีในน้ำเสียสังเคราะห์ได้ โดยมีค่าประสิทธิภาพในการลดค่าซีโอดีสูงสุดในวันแรกของการบำบัด คือ 90.00±12.44 เปอร์เซ็นต์ ในการทดลองชุดที่ 1 สำหรับการทดลองชุดที่ 2 มีประสิทธิภาพการกำจัดค่าซีโอดีสูงที่สุดอยู่ในวันที่ 2 ของการทดลอง คือ 92.11±4.04 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 2)

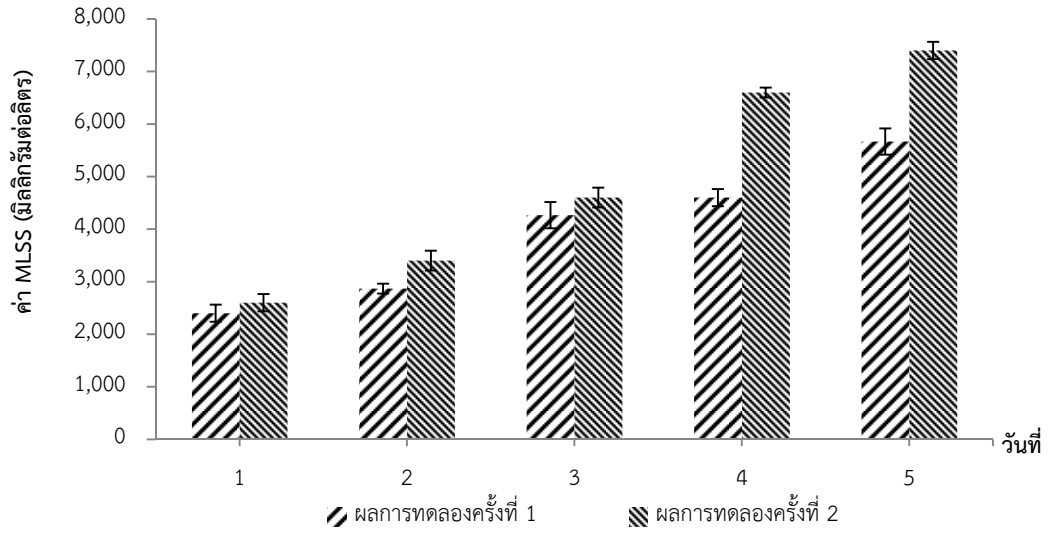


ภาพที่ 1 ประสิทธิภาพการย่อยสลายน้ำมันในน้ำเสียสังเคราะห์ในระบบบำบัดน้ำเสียจำลองแบบ MBR โดยเชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 โดยผลการทดลองชุดที่ 1 ใช้สารโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ปรับสภาพด่าง และผลการทดลองชุดที่ 2 ใช้สารแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ปรับสภาพด่าง

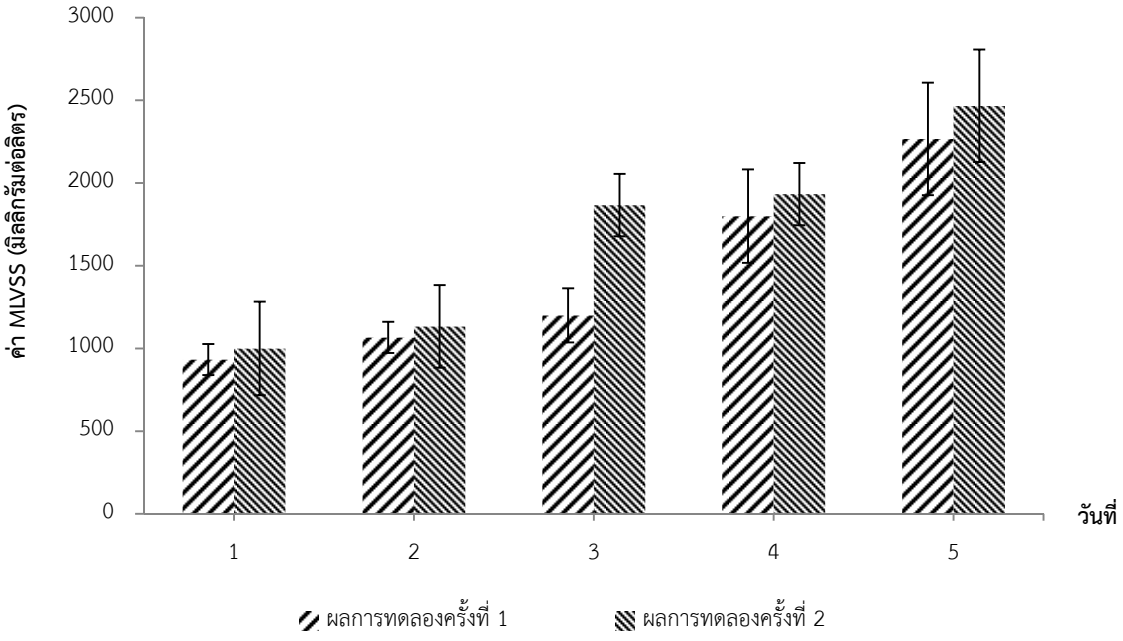


ภาพที่ 2 ประสิทธิภาพการย่อยสลายซีโอดีในน้ำเสียสังเคราะห์ในระบบบำบัดน้ำเสียจำลองแบบ MBR โดยเชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 โดยผลการทดลองชุดที่ 1 ใช้สารโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ปรับสภาพด่าง และผลการทดลองชุดที่ 2 ใช้สารแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ปรับสภาพด่าง

การตรวจวัดปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำเสีย (MLSS) และปริมาณของแข็งแขวนลอยระเหยง่ายในน้ำเสีย (MLVSS) ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 2 ค่านี้ มีความสอดคล้องกัน โดยปริมาณ MLSS จะรวมของแข็งทุกอย่างที่มีในระบบบำบัด สำหรับค่า MLVSS จะแสดงผลเพียงปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่มีในระบบ โดยผลการทดลองของทั้ง 2 พารามิเตอร์ พบว่าค่าที่ทำการตรวจวัดได้มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาที่ทำการบำบัดน้ำเสีย (ภาพที่ 3 และ 4)



ภาพที่ 3 ค่า MLSS ของน้ำเสียสังเคราะห์ในระบบบำบัดน้ำเสียจำลองแบบ MBR ที่มีเชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 โดยผลการทดลองชุดที่ 1 ใช้สารโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ปรับสภาพด่าง และผลการทดลองชุดที่ 2 ใช้สารแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ปรับสภาพด่าง



ภาพที่ 4 ค่า MLVSS ของน้ำเสียสังเคราะห์ในระบบบำบัดน้ำเสียจำลองแบบ MBR ที่มีเชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 โดยผลการทดลองชุดที่ 1 ใช้สารโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ปรับสภาพด่าง และผลการทดลองชุดที่ 2 ใช้สารแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ปรับสภาพด่าง

การหาจำนวนแบคทีเรียที่มีชีวิตในระบบบำบัดจะทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีการ spread plate โดยใช้อาหารเพาะเชื้อ Trypticase Soy agar (TSA) จากผลการนับจำนวนแบคทีเรียในน้ำเสียสังเคราะห์ในระบบบำบัดน้ำเสียจำลองแบบ MBR พบว่าปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดที่มีชีวิตในน้ำเสียสังเคราะห์ มีจำนวนเพิ่มขึ้น และยังพบว่ามีแบคทีเรียชนิดอื่นเจริญเติบโตร่วมกับเชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 โดยจำนวนแบคทีเรียสูงสุดที่นับได้ คือ 21.97 และ 27.23 log CFU ต่อมิลลิลิตร ของการทดลองชุดที่ 1 และการทดลองชุดที่ 2 ตามลำดับ และจำนวนเชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 ที่นับได้สูงสุดคือ 13.39 และ 13.75 log CFU ต่อมิลลิลิตร ของการทดลองชุดที่ 1 และการทดลองชุดที่ 2 ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลการนับจำนวนเชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 ในระบบบำบัดน้ำเสียจำลองแบบ MBR

วันที่	ผลการทดลองชุดที่ 1[a]		ผลการทดลองชุดที่ 2[b]	
	จำนวนเซลล์แบคทีเรีย GS-3 (log CFU/ml)	จำนวนเซลล์แบคทีเรียทั้งหมด (log CFU/ml)	จำนวนเซลล์แบคทีเรีย GS-3 (log CFU/ml)	จำนวนเซลล์แบคทีเรียทั้งหมด (log CFU/ml)
1	13.39	13.81	13.75	17.00
2	13.08	15.95	17.45	17.61
3	12.76	17.87	16.95	20.88
4	10.53	19.15	12.15	24.32
5	5.66	21.97	8.36	27.23

หมายเหตุ [a] ผลการทดลองชุดที่ 1 ใช้สารโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ปรับสภาพด่าง

[b] ผลการทดลองชุดที่ 2 ใช้สารแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ปรับสภาพด่าง

2. การศึกษาการพัฒนาชีวภัณฑ์ของเชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 โดยใช้ชีวมวลของวัชพืช

จากการศึกษาการพัฒนาชีวภัณฑ์จากเชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 ในรูปแบบของ weed ball โดยใช้ชีวมวลจากผักตบชวาเป็นแหล่งอาหารให้เชื้อ ซึ่งในผักตบชวาแห้งจะมีโปรตีนประมาณ 14-20 เปอร์เซ็นต์ (กลูตามีน แอสพาราจีน และลิวซีน) ไขมัน 1-2.5 เปอร์เซ็นต์ และเส้นใย 17-19 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งผักตบชวายังมีโพแทสเซียมอยู่ในปริมาณมาก ส่วนฟอสฟอรัสและไนโตรเจนมีปริมาณเล็กน้อย[9] ดังนั้นเชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 จึงสามารถใช้แหล่งอาหารเหล่านี้ในการเจริญเติบโตได้ จากการศึกษาการพัฒนาชีวภัณฑ์นี้ได้ทำการติดตามอัตราการรอดชีวิตของเชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 เป็นระยะเวลา 30 วัน ผลการทดลองพบว่าเชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 มีจำนวนลดลงตามจำนวนวันของการทดลองที่เพิ่มมากขึ้น แต่มีจำนวนเชื้อที่เพิ่มมากขึ้นในวันที่ 15-18 จากนั้นเชื้อมีการลดจำนวนลงอย่างต่อเนื่องจนถึงวันสุดท้ายของการทดลอง

จากการศึกษาประสิทธิภาพของสารปรับสภาพด่าง 2 ชนิด ได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์และแคลเซียมคาร์บอเนต โดยนำมาใช้ในการปรับสภาพด่างในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ภายในระบบบำบัดน้ำเสียแบบ MBR โดยในน้ำเสียสังเคราะห์มีส่วนประกอบของน้ำมันผสมในอัตราส่วน 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำเสียสังเคราะห์ทั้งหมด ทำการบำบัดโดยเชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 ซึ่งมีความสามารถในการผลิตเอนไซม์ไลเปส และสามารถย่อยสลายน้ำมันในน้ำเสียสังเคราะห์ ผลการทดลองพบว่า สารปรับสภาพด่าทั้ง 2 ชนิด สามารถปรับสภาพด่างภายในระบบบำบัดน้ำเสียได้ โดยการศึกษานี้ได้ทำการติดตามผลจากค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้

1. ค่าความเป็นกรด-ด่างส่งผลต่อการเจริญของเชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 หากมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 5 เชื้อจะไม่สามารถเจริญเติบโตได้

2. แคลเซียมคาร์บอเนตสามารถปรับสภาพด่างภายในระบบบำบัดน้ำเสียจำลองแบบ MBR ได้ดีกว่าโซเดียมไฮดรอกไซด์ ส่งผลให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 โดยพบว่ามีประสิทธิภาพการย่อยสลายน้ำมัน และประสิทธิภาพการย่อยสลายซีโอดี เท่ากับ79.57±2.99 และ 92.11±4.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

3. เชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายค่าซีโอดี ไขมันและน้ำมันในน้ำเสียสูงมาก ในขณะที่ค่า F/M ration มีค่า 9.08 ซึ่งสูงเกินเกณฑ์กำหนด (เกณฑ์กำหนด 0.4-0.6)

4. การย่อยสลายน้ำมันในน้ำเสียของเชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 เกิดผลิตภัณฑ์เป็นกลีเซอรอลและกรดไขมัน ซึ่งกรดไขมันจะทำให้สภาวะภายในบ่อบำบัดมีความเป็นกรด ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อ

5. ค่า F/M ration มีค่าสูงกว่าเกณฑ์กำหนด ส่งผลให้มีปริมาณสารอาหารมากเกินจำนวนจุลินทรีย์ ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ในระบบบำบัดได้ ทำให้ปริมาณเชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 ลดลงอย่างต่อเนื่อง และไม่สามารถทำการบำบัดน้ำเสียในระยะยาวได้

6. การพัฒนาชีวภัณฑ์ของเชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 โดยใช้ชีวมวลของวัชพืช พบว่าเชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 สามารถเจริญอยู่ใน weed ball ได้นานถึง 24 วัน ซึ่งผลการทดลองนี้สามารถนำไปเป็นข้อมูลเบื้องต้นเพื่อการพัฒนาชีวภัณฑ์จากแบคทีเรียในการประยุกต์ใช้ในระบบบำบัดน้ำเสียต่าง ๆ ต่อไป

สรุป

เชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 สามารถสร้างเอนไซม์ไลเปสเพื่อย่อยน้ำมันและไขมันในน้ำเสียสังเคราะห์ได้อย่างมีประสิทธิภาพภายในระบบบำบัดน้ำเสีย MBR แต่ทั้งนี้ค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 5 พบว่าเชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ โดยสารปรับสภาพด่างที่เหมาะสมต่อการนำมาควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างคือ แคลเซียมคาร์บอเนต โดยสามารถปรับสภาพด่างภายในระบบบำบัดน้ำเสียจำลองแบบ MBR ได้ดีกว่าโซเดียมไฮดรอกไซด์ และจากปัญหาค่า F/M ration มีค่าสูงกว่าเกณฑ์กำหนดส่งผลให้มีปริมาณสารอาหารมากเกินจำนวนจุลินทรีย์ ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญอยู่ในระบบบำบัดได้ สำหรับการศึกษาการพัฒนาชีวภัณฑ์ weed ball ของเชื้อ *Pseudomonas* sp. GS-3 โดยใช้ชีวมวลของวัชพืช พบว่าเชื้อดังกล่าวสามารถเจริญอยู่ใน weed ball ได้เป็นเวลานานถึง 24 วัน ซึ่งผลการทดลองนี้สามารถนำไปเป็นข้อมูลเบื้องต้นเพื่อการพัฒนาชีวภัณฑ์จากแบคทีเรียในการประยุกต์ใช้ในระบบบำบัดน้ำเสียต่าง ๆ ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. สุรอรรถ ศุภจัตุรัส. การศึกษาการใช้จุลินทรีย์ผลิตเอนไซม์ไลเปสเพื่อใช้บำบัดไขมันในระบบน้ำเสีย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ; 2545.
2. สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. รวมกฎหมายสิ่งแวดล้อมสำหรับผู้ปฏิบัติ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: มิตรนราการพิมพ์; 2544.
3. อัจฉรา คอประเสริฐศักดิ์. การศึกษาแบคทีเรียผลิตเอนไซม์ไลเปสที่มีผลต่อการย่อยสลายน้ำมันและน้ำเสียประเภทไขมันสูง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ; 2542.
4. จิระเดช แจ่มสว่าง. การผลิตเชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดสดตอนความสำคัญและประโยชน์ของเชื้อสด. นครปฐม: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2558.
5. จันทร์จิรา ขำสุวรรณ, ณภัทร พิทักษ์รุ่งโรจน์. การคัดแยกเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตสารลดแรงตึงชีวภาพและเอนไซม์ไลเปส. โครงงานพิเศษปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ. สมุทรปราการ; 2557.
6. กมลรัตน์ แป้นเจริญ, พรพิมล คงกล้า. การตรึงเอนไซม์ไลเปสจากแบคทีเรียเพื่อผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชและน้ำมันที่ผ่านการใช้แล้ว. โครงงานพิเศษปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ. สมุทรปราการ; 2557.
7. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และ มั่นรักษ์ ตัณฑุลเวศม์. คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2551.
8. พงศธร ปรโลกานนท์. การพัฒนาชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิปักษ์จากถ่านชีวภาพเพื่อกระตุ้นภูมิต้านทานมะนาวอินทรีย์ต่อต้านโรคแคงเกอร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. ปทุมธานี; 2560.
9. นัยนันนทน์ อริยทานนท์. ผักตบชวากับการบำบัดสารมลพิษในน้ำ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2561.

[AS-O03] การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันพริกบีบเย็น

Study of Screw Pressed Capsicum Oil

ลักษณา เจริญใจ*, ตุลย์ ชูสุทธิ์, ธนิยา วัณณคุปต์, และ อภิรดา สุคนธพันธุ์
Laksana Charoenchai*, Tun Chusut, Thaniya Wunnakup, and Apirada Sukhonthapun
ศูนย์วิจัยและพัฒนายาและผลิตภัณฑ์สมุนไพร วิทยาลัยเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: laksana.c@rsu.ac.th*

บทคัดย่อ

น้ำมันพริกบีบเย็นเป็นผลผลิตจากการบีบผลพริกแห้งด้วยเครื่องบีบน้ำมัน พริกพันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทยคือ พันธุ์จินดาและพันธุ์ซุบเปอร์ฮอต การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันพริกและกรดไขมันบางชนิดในน้ำมันพริกพันธุ์ซุบเปอร์ฮอต และพันธุ์จินดา โดยตรวจสอบค่าของกรด ค่าเพอร์ออกไซด์ ค่าไอโอดีนด้วยวิธีไตเตรท ปริมาณสารแคปไซซินด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีแบบของเหลวสมรรถนะสูง และกรดไขมันบางชนิดด้วยเทคนิค RP-HPLC และ ESI-MS/MS ผลการศึกษาพบว่าน้ำมันพริกจากพริกพันธุ์จินดาและซุบเปอร์ฮอตมีปริมาณสารแคปไซซินสูงกว่าสารชนิดอื่นๆในกลุ่มแคปไซซินอยด์ คือร้อยละ 2.23 – 2.64 โดยน้ำหนักของผงพริกแห้ง น้ำมันพริกมีค่าความเป็นกรด 0.16-0.87 มก.โพตัสเซียมไฮดรอไซด์/กรัมน้ำมัน ค่าไอโอดีน 6.05-7.37 กรัม/100 กรัมน้ำมัน และ ค่าเปอร์ออกไซด์ 3.52-8.73 มิลลิกรัมสมมูล/กิโลกรัมน้ำมัน นอกจากนี้ยังพบกรดไขมันไลโนเลนิก ไลโนเลอิก และโอเลอิก เป็นส่วนประกอบในน้ำมันพริกทั้งสองสายพันธุ์

คำสำคัญ: *น้ำมันพริกบีบเย็น, พริกพันธุ์ซุบเปอร์ฮอต, พริกพันธุ์จินดา, กรดไขมัน, ESI-MS/MS*

Abstract

Screw pressed capsicum oil was obtained from compressing dried ripe capsicum fruits with a screw pressed machine. *Capsiucum annuum*; Jinda and Superhot varieties were mainly cultivated in Thailand. The objective of this study aimed to evaluate the physicochemical properties of screw pressed capsicum oil. The quality of capsicum oil was determined acid value, peroxide value and iodine value with titration methods. Capsaicin content was determined using high performance liquid chromatography (HPLC) and some fatty acids were determined using RP-HPLC and ESI-MS/MS. Results showed that capsaicin was the main capsaicinoids which were found in Jinda and Superhot screw pressed capsicum oil; 2.23 and 2.64 %w/w of dried capsicum powder, respectively. The average values of acid value, iodine value and peroxide values of both capsicum oils were 0.16-0.87 mgKOH/g oil, 6.05-7.37 g/100 g oil and 3.52-8.73 mEq/kg oil, respectively. In addition, linolenic, linoleic and oleic fatty acids were found in both capsicum oils.

Keywords: *screw pressed capsicum oil, superhot chili, jinda chilli, fatty acid, ESI-MS/MS*

บทนำ

พริกเป็นพืชเศรษฐกิจที่ปลูกในประเทศไทยพันธุ์พริกที่นิยมปลูกในขณะนี้คือ พันธุ์จินดา และพันธุ์ซุบเปอร์ฮอต ซึ่งทั้งสองพันธุ์นี้ได้มาจากการปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้ได้ต้นที่แข็งแรง ทนต่อโรคแมลง ให้ผลผลิตต่อไร่สูง ผลมีขนาดใหญ่ สารสำคัญในพริกที่ทำให้เกิดรสเผ็ดร้อนคือแคปไซซินอยด์ (capsaicinoids) ซึ่งพบมากในส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดด้านในของผลพริก แคปไซซิน (capsaicin) เป็นสารที่แยกได้จากพริก นำมาใช้เป็นส่วนผสมในยาทาภายนอกบรรเทาอาการปวดเมื่อย และปวดข้ออักเสบ การปรับปรุงพันธุ์

พริกเพื่อให้มีสารนี้สูงด้วย การสกัดสารแคปไซซินจากพริกทำได้โดยใช้ตัวทำละลาย เช่น เอทานอลสกัด ในการศึกษานี้หลีกเลี่ยงการใช้ตัวทำละลายจึงใช้วิธีบีบน้ำมันจากผลพริกแห้งและศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันพริก

การเตรียมน้ำมันพริกโดยใช้เครื่องบีบอัดแบบสกูรเกลียวเดี่ยว (screw pressed หรือ screw expeller)[1] เป็นการใช้แรงจากมอเตอร์บีบอัดน้ำมันผ่านร่องเกลียว น้ำมันจะไหลออกทางช่องทางออกของน้ำมันแยกจากกากของวัตถุดิบที่จะออกทางช่องทางออกของกาก (ภาพที่ 1) น้ำมันพริกที่ได้จะนำมาผ่านการกรองแล้วนำไปตรวจสอบคุณภาพ วิธีการนี้มีหลักการคล้ายกับการเตรียมน้ำมันรำข้าว[2] น้ำมันงา หรือ น้ำมันมะพร้าว วิธีการบีบอัดเพื่อสกัดน้ำมันนี้อาจจะได้ผลผลิต (%yield) ค่อนข้างน้อย แต่สามารถคงสารออกฤทธิ์ในน้ำมันได้ไม่สูญเสียไปเนื่องจากความร้อนหรือปฏิกิริยาเคมีเหมือนวิธีอื่น เครื่องมือที่ใช้มีขนาดเล็กสามารถใช้ในครัวเรือน วิสาหกิจชุมชน หรือ อุตสาหกรรมขนาดเล็กได้ นอกจากนี้ยังมีกรดไขมันอิสระในน้ำมันน้อย ซึ่งทำให้น้ำมันมีโอกาสหืนลดลง



ภาพที่ 1 เครื่องบีบน้ำมันแบบสกูรเกลียวเดี่ยว

การวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันพริกคล้ายกับน้ำมันชนิดอื่น คือ ตรวจสอบค่าของกรด ซึ่งเป็นค่าที่บ่งชี้ถึงไตรกลีเซอไรด์ที่พบเป็นส่วนประกอบหลักในน้ำมันเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสด้วยสารละลายโพตัสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นกลีเซอรอล และกรดไขมันอิสระคำนวณเป็นเปอร์เซ็นกรดไขมันอิสระในน้ำมันได้ ค่าของไอโอดีน เป็นจำนวนกรัมของไอโอดีนที่ทำปฏิกิริยาฮาโลจีเนชันกับพันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวซึ่งเป็นส่วนประกอบในน้ำมัน ค่าเพอร์ออกไซด์ เป็นจำนวนมิลลิกรัมสมมูลของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ทำปฏิกิริยากับเพอร์ออกไซด์ออกซิเจนในน้ำมัน ค่าเหล่านี้บ่งบอกถึงคุณภาพของน้ำมัน เนื่องจากน้ำมันพริกไม่เป็นที่แพร่หลายจึงยังไม่มีประกาศของกระทรวงสาธารณสุขเกี่ยวกับคุณภาพของน้ำมัน การวิจัยครั้งนี้ใช้ประกาศกระทรวงสาธารณสุขเรื่องน้ำมันและไขมัน[3] เป็นแนวทางในการประเมินคุณภาพของน้ำมันพริก

การวิเคราะห์กรดไขมันที่มีผู้ศึกษาไว้สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้หลักการของแก๊สโครมาโตกราฟี[4] หรือการใช้เทคนิคโครมาโตกราฟีแบบของเหลวสมรรถนะสูง[5] สำหรับการวิเคราะห์สารแคปไซซินอยด์ในน้ำมันพริกในการศึกษาครั้งนี้ ใช้วิธีวิเคราะห์อ้างอิงจากตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทยซึ่งกำหนดคุณภาพของผงพริกแห้งและสารสกัดเอทานอลของพริก[6] ในการวิจัยนี้ใช้โมโนกราฟของสารสกัดเอทานอลของพริกเป็นแนวทางการวิเคราะห์ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบคุณภาพและปริมาณสารแคปไซซินของน้ำมันพริก

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมน้ำมัน

น้ำมันพริกบีบเย็นเตรียมจากการนำพริกแห้งพันธุ์ชุบเปอร์ฮอตและพันธุ์จินดา มาบดหยาบแล้วบีบด้วยเครื่องบีบน้ำมันแบบ screw pressed กำลังประมาณ 1 แรงม้า โดยได้รับความอนุเคราะห์จากคุณพรเทพ ธนกุลรังสฤษฎ์ กลุ่มลพบุรีน้ำมันพืชบีบเย็นเป็นผู้บีบให้ น้ำมันที่ได้กรองผ่านกระดาษกรองแล้วบรรจุขวดแก้วเก็บที่อุณหภูมิห้องเพื่อนำไปศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพต่อไป

2. การตรวจสอบค่าความเป็นกรด ค่าไอโอดีน และค่าเปอร์ออกไซด์

2.1 ค่าของกรด[7]

ชั่งน้ำมันพริกปริมาณ 0.5 กรัม (n=2) ละลายด้วยไอโซโพรพานอลปริมาณ 3 มล. กรองผ่าน SPE carbon เพื่อลดความเข้มของสี แล้วเติมไอโซโพรพานอลจนครบ 100 มล. นำมาไตเตรทด้วยสารละลายโพตัสเซียมไฮดรอกไซด์ในเอทานอลความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ และใช้ฟีนอลฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ร่วมกับกระดาษลิตมัสเพื่อตรวจสอบจุดยุติซึ่งจะเป็นสีชมพูอมส้มและคงอยู่ประมาณ 30 วินาที ค่าของกรด (มก.โพตัสเซียมไฮดรอกไซด์/กรัม น้ำมัน) คำนวณจาก:

$$\text{ค่าของกรด (AV)} = \frac{(\text{ปริมาตร}_{\text{ตัวอย่าง}} - \text{ปริมาตร}_{\text{แบลงค์}}) \times \text{โมลาร์ของสารละลายโพตัสเซียมไฮดรอกไซด์ในเอทานอล} \times 56.11}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)}}$$

2.2 ค่าไอโอดีน[8]

ชั่งน้ำมันพริกปริมาณ 0.5 กรัม (n=2) ใส่ในไอโอดีนฟลาส เติมไซโคลเฮกเซนปริมาณ 20 มล. เขย่าเบาๆ ให้น้ำมันละลาย แล้วเติมสารละลายวิจส์ปริมาณ 25 มล. เขย่าให้เข้ากัน ปิดจุกและเก็บฟลาสในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นเติมสารละลายโพตัสเซียมไอโอไดด์ความเข้มข้น 10% ปริมาตร 20 มล. และน้ำปริมาณ 100 มล. นำไปไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ เติมน้ำแป้ง 1 มล. เป็นอินดิเคเตอร์เมื่อใกล้ถึงจุดยุติ สีม่วงน้ำเงินจางหายไป คำนวณค่าไอโอดีน (กรัม/100 กรัม น้ำมัน) จาก:

$$\text{ค่าไอโอดีน (IV)} = \frac{(\text{ปริมาตร}_{\text{แบลงค์}} - \text{ปริมาตร}_{\text{ตัวอย่าง}}) \times \text{โมลาร์ของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต} \times 12.69}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)}}$$

2.3 ค่าเพอร์ออกไซด์[9]

ชั่งน้ำมันพริกปริมาณ 2 กรัม (n=2) ใส่ในไอโอดีนฟลาส เติมคลอโรฟอร์มผสมกรดอะซิติก (อัตราส่วน 3:2) ปริมาณ 30 มล. เขย่าเบาๆ ต่อมาเติมเบนซิลแอลกอฮอล์ 5 มล. และสารละลายอิ่มตัวของโพตัสเซียมไอโอไดด์ที่เตรียมใหม่ปริมาณ 0.5 มล. เขย่าประมาณ 1 นาที แล้วจึงเติมน้ำปริมาณ 30 มล. นำไปไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตความเข้มข้น 0.01 โมลาร์ เติมน้ำแป้ง 1 มล. เป็นอินดิเคเตอร์เมื่อใกล้ถึงจุดยุติ สีม่วงน้ำเงินจางหายไป คำนวณค่าเปอร์ออกไซด์ (มิลลิกรัมสมมูล/กิโลกรัมน้ำมัน) จาก:

$$\text{ค่าเพอร์ออกไซด์ (PV)} = \frac{(\text{ปริมาตร}_{\text{ตัวอย่าง}} - \text{ปริมาตร}_{\text{แบลงค์}}) \times \text{โมลาร์ของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต} \times 1000}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)}}$$

3. การวิเคราะห์ปริมาณสารแคปไซซิน

สารแคปไซซินในน้ำมันพริกวิเคราะห์ด้วยเทคนิค RP-HPLC วิธีวิเคราะห์ดัดแปลงจากวิธีที่ระบุในตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย คอลัมน์ InfinityLab Poroshell phenyl hexyl C18 (3.0 x 150 mm, 4 µ) อุณหภูมิของคอลัมน์ 30 °C เฟสเคลื่อนที่ประกอบด้วยกรดฟอร์มิกความเข้มข้น 0.1% ในน้ำ (ค่าพีเอช 2.68-2.74) และอะซิโตรไนไตร์ อัตราส่วน 60 ต่อ 40 อัตราการไหลของเฟสเคลื่อนที่ 0.7 มล.ต่อนาที ตรวจสอบที่ความยาวคลื่น 280 นาโนเมตร[6] เตรียมสารละลายมาตรฐานแคปไซซินที่ความเข้มข้น 1,000 ไมโครกรัม/มล. แล้วเจือจางเป็นความเข้มข้น 7.5-200 ไมโครกรัม/มล. นำค่าพื้นที่ใต้พีกและความเข้มข้นมาสร้างกราฟมาตรฐานและคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ สำหรับตัวอย่างน้ำมันพริกเตรียมความเข้มข้น 10 มิลลิกรัม/มล.(n=2)

โดยละลายในไอโซโพรพานอลแล้วกรองด้วยหัวกรอง 0.45 ไมครอน ฉีดเข้าเครื่อง HPLC ปริมาณ 10 ไมโครลิตร คำนวณปริมาณแคปไซซินในตัวอย่างเทียบกับกราฟของสารมาตรฐาน

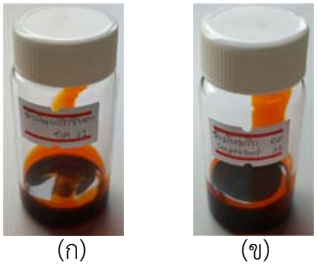
4. การวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมัน

ชั่งตัวอย่างน้ำมันพริก 1 กรัม (n=2) เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ปริมาณ 10 มล. วางในหม้ออังไอน้ำอุณหภูมิประมาณ 80 ºC เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาทิ้งให้เย็น สกัดด้วยปิโตรเลียมอีเธอร์ปริมาณ 10 มล. แยกในกรวยแยกนำชั้น aqueous ปรับค่าพีเอชให้ได้ 2.90 ด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1 โมลาร์ หรือสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ จากนั้นนำมาสกัดแยกด้วยปิโตรเลียมอีเธอร์ปริมาณ 10 มล. อีก 2 ครั้ง รวมชั้นอีเธอร์ เติมโพตัสเซียมซัลเฟต 0.5 กรัม กรองผ่านกระดาษกรองแล้วนำไประเหยอีเธอร์ออก จากนั้นละลายกลับด้วยเอทานอลปริมาณ 10 มล. แล้วปิเปตสารละลาย 1 มล. เจือจางด้วยเอทานอล 10 มล. กรองด้วยหัวกรองก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วย HPLC (Agilent 1260) โดยใช้คอลัมน์ Zorbax C18 (4.6 x 250 mm, 5 µ) อุณหภูมิของคอลัมน์ 30 ºC เฟสเคลื่อนที่ประกอบด้วยอะซิโตรไนไตร์ เฮกเซน เมทานอล อัตราส่วน 90-2-8 และ 0.2% กรดอะซิติก (ค่าพีเอช 5.47)[5] อัตราการไหลของเฟสเคลื่อนที่ 1 มล. ต่อนาที ตรวจสอบที่ความยาวคลื่น 208 นาโนเมตร ปริมาตรที่ฉีด 10 ไมโครลิตร คำนวณปริมาณกรดไขมันในน้ำมันพริกเทียบกับกราฟมาตรฐาน สารมาตรฐานกรดไขมันไลโนเลนิก ไลโนเลอิก และโอเลอิกซื้อจาก Sigma-Aldrich เตรียมเป็น stock solution ในเมทานอลแล้วเจือจางเป็นความเข้มข้น 25, 50, 100, 200 และ 400 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร กรองด้วยหัวกรองไนลอนขนาด 0.45 ไมครอน ฉีดเข้า HPLC นำค่าพื้นที่ใต้พีกและความเข้มข้นสร้างเป็นกราฟมาตรฐาน

สภาวะในการวิเคราะห์ด้วย ESI-MS/MS (Bruker, Amazon SL) ส่วนโครมาโตกราฟีใช้ HPLC (Dionex, Ultimate 3000) ประกอบด้วยคอลัมน์ Zorbax C18 (4.6 x 250 mm, 5 µ) อุณหภูมิของคอลัมน์ 30 ºC เฟสเคลื่อนที่ประกอบด้วย อะซิโตรไนไตร์ เฮกเซน เมทานอล อัตราส่วน 90-2-8 และ 0.2% กรดอะซิติก (ค่าพีเอช 5.47)[5] อัตราการไหลของเฟสเคลื่อนที่ 0.5 มล.ต่อนาที ปริมาตรที่ฉีด 3 ไมโครลิตร ส่วนไอออไนซ์เซชั่นคือ quadrupole iontrap ค่าความต่างศักย์ที่แคปปิลารี 4,500 โวลท์ nebulizer gas 2 บาร์ อุณหภูมิของ dry gas 220 ºC อัตราการไหล 7 ลิตร/นาที ตรวจสอบทั้ง positive และ negative mode สำหรับ mass reaction monitoring (MRM) ทำใน negative mode สแกนในช่วงมวล 70-1000 amu โปรแกรมที่ควบคุมและประมวลผลคือ Chromelon และ Hystar

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

น้ำมันพริกที่บีบได้จากผลพริกแห้งพันธุ์จินดา และพันธุ์ซุบเปอร์ฮอตมีลักษณะเป็นของเหลวสีแดงเข้ม ดังภาพที่ 2 น้ำมันพริกจากพริกทั้งสองสายพันธุ์ มีค่าของกรดน้อยกว่า 4.0 มิลลิกรัมโพตัสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมัน 1 กรัม และค่าเพอร์ออกไซด์ ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมสมมูลต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม (ตารางที่ 1) เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่องน้ำมันและไขมัน[3] สำหรับน้ำมันที่เตรียมโดยวิธีธรรมชาติ สำหรับค่าไอโอดีนไม่มีเกณฑ์กำหนดไว้ แต่จากผลการทดลองค่าไม่สูงมากแสดงว่าน้ำมันมีคุณภาพดี ผลการศึกษานี้มีค่าไอโอดีนใกล้เคียงกับผลการศึกษาของน้ำมันพริกแดง (red pepper seed)[10] ซึ่งเตรียมโดยวิธีการบีบเช่นเดียวกัน น้ำมันจากผลพริกแดงมีค่าไอโอดีนเฉลี่ย 5.37±0.07 กรัม I_2/100 กรัมน้ำมัน แต่ค่าเพอร์ออกไซด์เฉลี่ยของน้ำมันพริกแดง มีค่า 142.52±2.28 มก.สมมูล/กก.น้ำมัน แตกต่างจากผลการวิจัยในครั้งนี้ (ตารางที่ **1**)



(ก) (ข)

ภาพที่ 2 (ก) น้ำมันพริกจากพริกพันธุ์จินดา (ข) น้ำมันพริกจากพริกพันธุ์ซุบเปอร์ฮอต

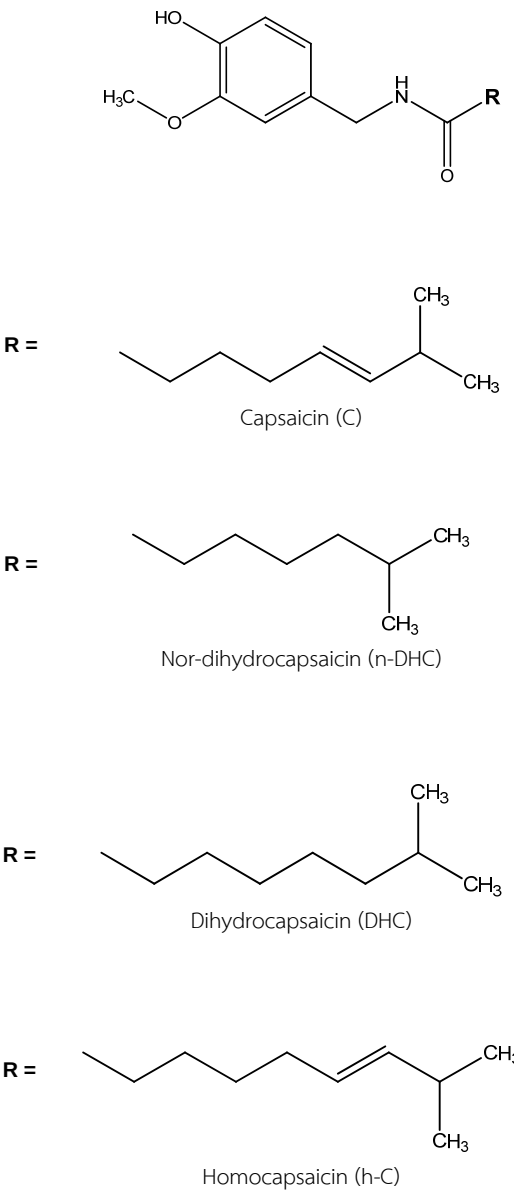
สำหรับปริมาณแคปไซซินที่วิเคราะห์ได้ในน้ำมันพริกทั้งสองชนิดมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 2.23 และ 2.64 โดยน้ำหนัก (ตารางที่ 1) ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนดในตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทยของสารสกัดเอทานอลของพริกที่กำหนดว่ามีปริมาณแคปไซซินไม่น้อยกว่าร้อยละ 6.5 โดยน้ำหนักของปริมาณแคปไซซินอยด์รวมซึ่งรวมถึงไดไฮโดรแคปไซซินและนอร์ไดไฮโดรแคปไซซินเทียบกับน้ำหนักแห้ง ทั้งนี้อาจเนื่องจากการสกัดด้วยเอทานอลจะบดผงพริกแล้วจึงนำมาสกัดด้วยตัวทำละลายการบดเป็นผงละเอียดทำให้ตัวทำละลายมีโอกาสสัมผัสกับเนื้อพริกได้ทั่วถึงจึงสกัดสารออกมาได้มากกว่า ในขณะที่การบีบน้ำมันมีการบดผลพริกแบบหยาบก่อนนำไปบีบซึ่งกากที่ได้ส่วนที่ติดกับเมล็ดเมื่อนำมาสกัดด้วยตัวทำละลายพบปริมาณแคปไซซินค่อนข้างสูงในขณะที่กากส่วนที่เป็นเนื้อผลพริกปริมาณแคปไซซินน้อยมาก แต่เมื่อเปรียบเทียบกับผลการสกัดผลพริกแห้งพันธุ์จินดาและพันธุ์ซุบเปอร์ฮอตด้วย 95% เอทานอลและใช้ความร้อน พบว่ามีปริมาณแคปไซซินร้อยละ 0.24 และ 0.32 โดยน้ำหนัก หรือ 2.38 และ 3.24 มก./กรัม [11]

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของน้ำมันพริกบีบเย็น

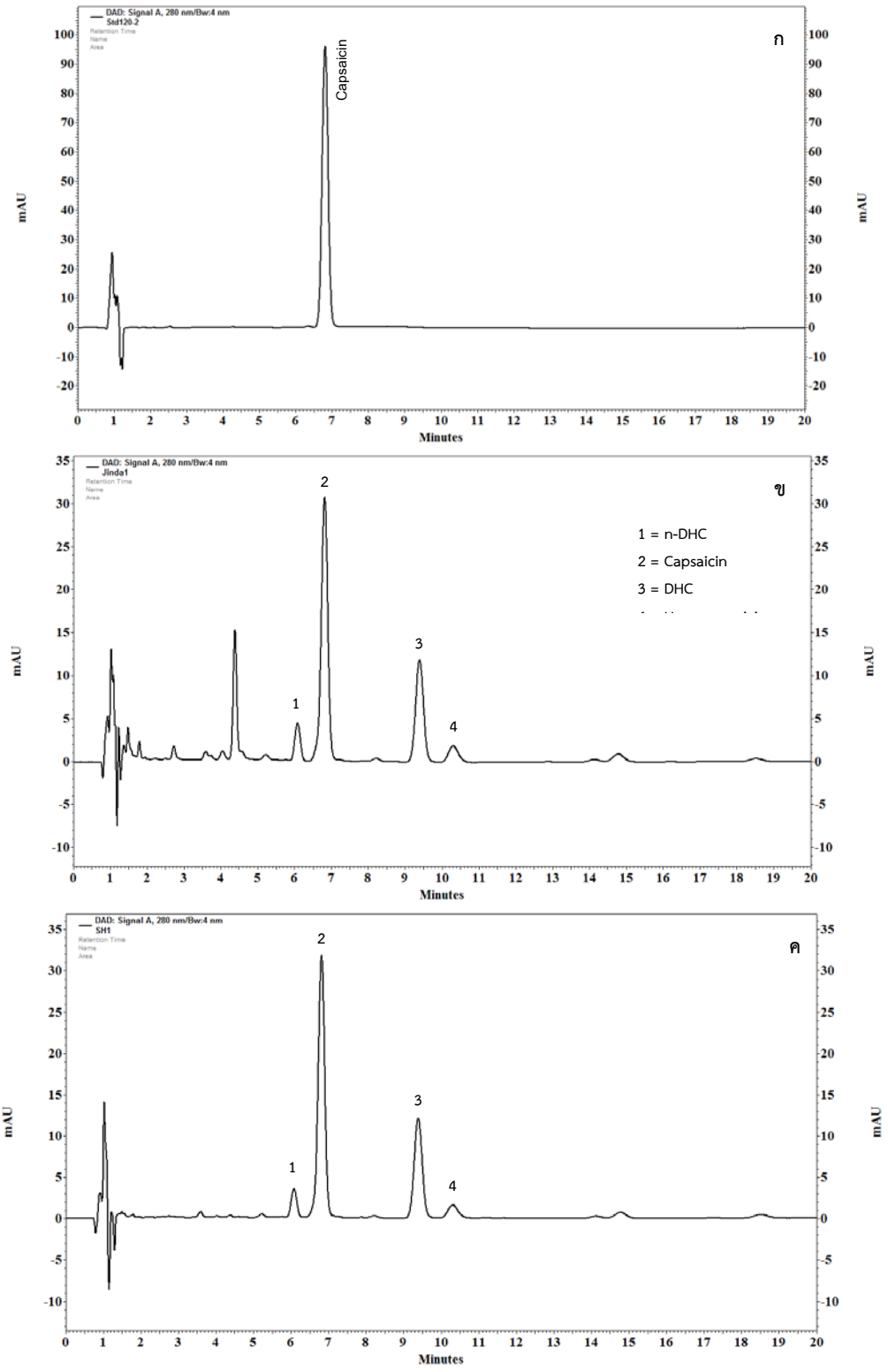
คุณสมบัติทางเคมี	น้ำมันพริก พันธุ์จินดา	พันธุ์ซุบเปอร์ฮอต
ปริมาณแคปไซซิน (%w/w)	2.23 ± 0.01	2.64 ± 0.38
ค่าของกรด (มก.KOH/กรัมน้ำมัน)	0.87 ± 0.01	0.16 ± 0.08
ค่าไอโอดีน (กรัม I_2/100 กรัม น้ำมัน)	6.05 ± 0.72	7.37 ± 1.54
ค่าเพอร์ออกไซด์ (มก.สมมูล/กก.น้ำมัน)	8.73 ± 0.14	3.52 ± 1.20

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารแคปไซซินด้วยเทคนิคไฮเปอร์ฟอร์แมนลิควิดโครมาโตกราฟีในน้ำมันพริกทั้งสองสายพันธุ์ พบสารกลุ่มแคปไซซินอยด์ 4 ชนิด คือ nor-dihydrocapsaicin, capsaicin, dihydrocapsaicin และ homocapsaicin ซึ่งมีโครงสร้างเคมีแสดงดังภาพที่ 3 สารแยกออกมาตามลำดับดังแสดงรูปโครมาโตแกรมในภาพที่ 4 ซึ่งสารกลุ่มแคปไซซินอยด์ที่พบนี้เหมือนกับที่พบในสารสกัดเอทานอลซึ่งได้กล่าวไว้ในโมโนกราฟของตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย หัวข้อ capsicum oleoresin [6]

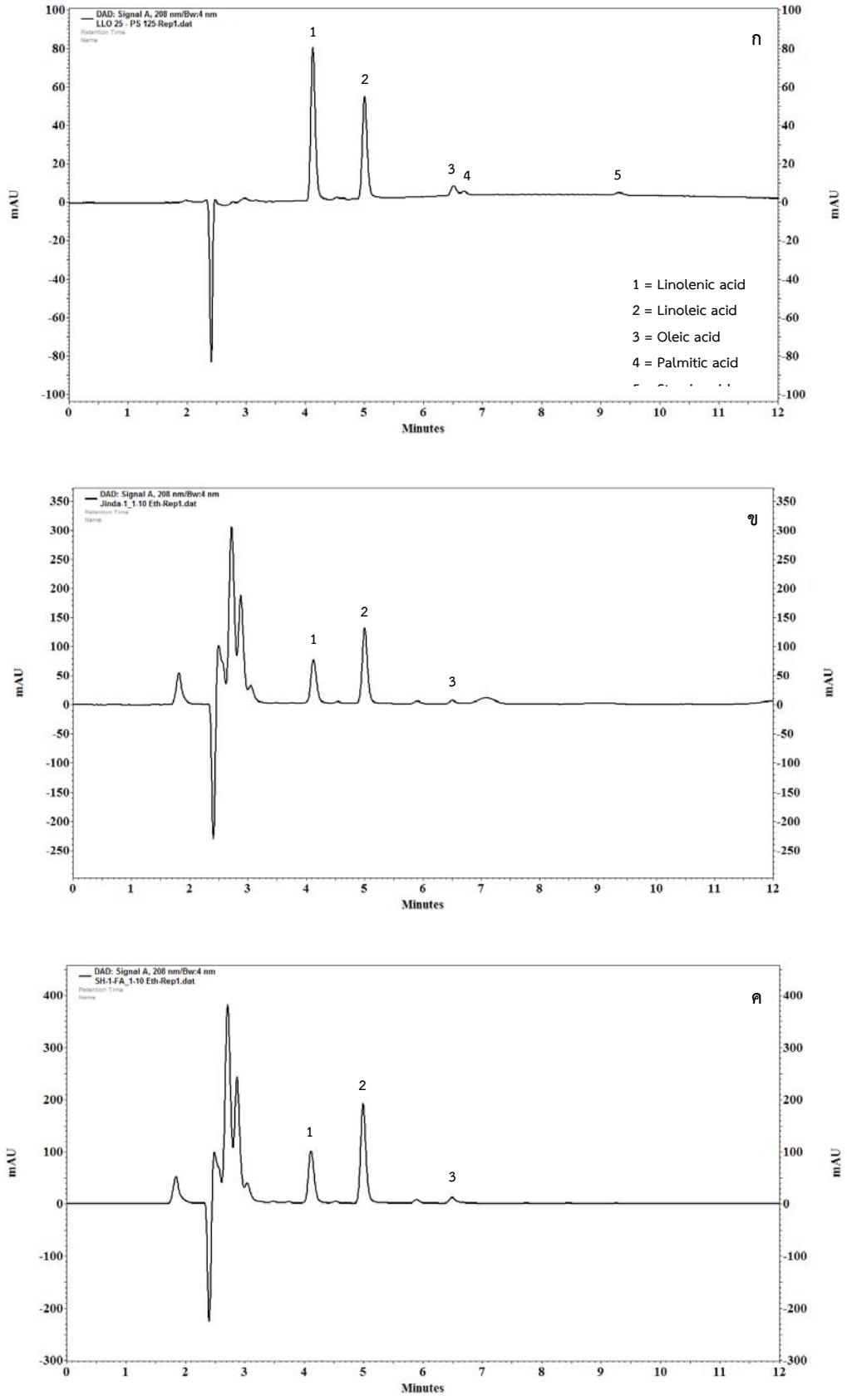
การวิเคราะห์กรดไขมันในน้ำมันพริกทั้งสองสายพันธุ์พบ กรดไลโนเลอิก มากที่สุด รองลงมาคือ กรดไลโนเลนิก และกรดโอเลอิก (ตารางที่ 2) ลำดับการแยกของกรดไขมันแสดงเป็นโครมาโตแกรมดังภาพที่ 5 ส่วนใหญ่การวิเคราะห์กรดไขมันใช้เทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีวิเคราะห์ในรูป fatty acid methyl ester แต่ในการวิจัยครั้งนี้ใช้เทคนิครีเวอร์ซเฟสโครมาโตกราฟี โดยต้องไฮโดรไลซ์พันธะเอสเธอร์ของไตรกลีเซอร์ให้ได้กรดไขมันก่อน และตรวจสอบโดยใช้เครื่องตรวจวัดสัญญาณที่ความยาวคลื่น 208 นาโนเมตร เนื่องจากกรดไขมันบางชนิดมีค่าการดูดกลืนแสงน้อยที่ความยาวคลื่นดังกล่าว ในการวิจัยครั้งนี้จึงได้ตรวจสอบยืนยันด้วยเทคนิค ESI-MS/MS ใน negative mode โดยแสดงตัวอย่าง MS spectra และ MS fragmentation ของตัวอย่างน้ำมันพริกพันธุ์ซุบเปอร์ฮอต พบว่า กรดไขมันที่พบในน้ำมันพริกแสดงค่ามวลโมเลกุลตรงกับมวลของสารมาตรฐานกรดไขมันไลโนเลนิก ไลโนเลอิก และโอเลอิก ดังแสดงในภาพที่ 7 นอกจากนี้ fragment ions ของกรดไขมันดังกล่าวที่พบในน้ำมันพริกแสดงมวลที่ตรงกับ fragment ions ของสารมาตรฐานกรดไขมัน ดังภาพที่ 8 ส่วนกรดไขมันปาล์มิติก และกรดสเตียริก พบค่า m/z ที่ตรงกับมวลโมเลกุลของสารแต่ไม่พบ fragment ions อาจเนื่องจากให้ค่าพลังงานในการทำ fragmentation น้อยเกินไป



ภาพที่ 3 โครงสร้างเคมีของสารกลุ่มแคปไซซินอยด์ที่พบในน้ำมันพริก



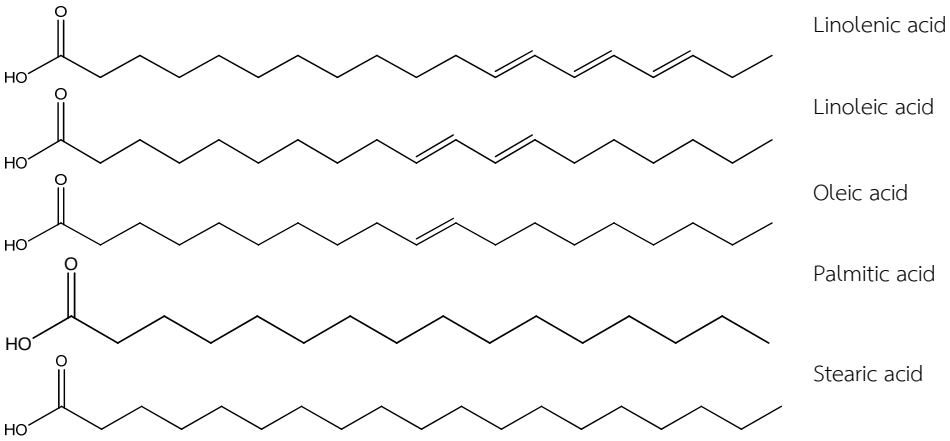
ภาพที่ 4 HPLC chromatogram ของ (ก) สารมาตรฐานแคปไซซินความเข้มข้น 120 มคก./มล. (ข) น้ำมันพริกพันธุ์จินดา *C.annuum* L. (Jinda) (ค) น้ำมันพริกพันธุ์ซุปเปอร์ฮอต *C.annuum* L. (Superhot) ความเข้มข้น 10 มก./มล.



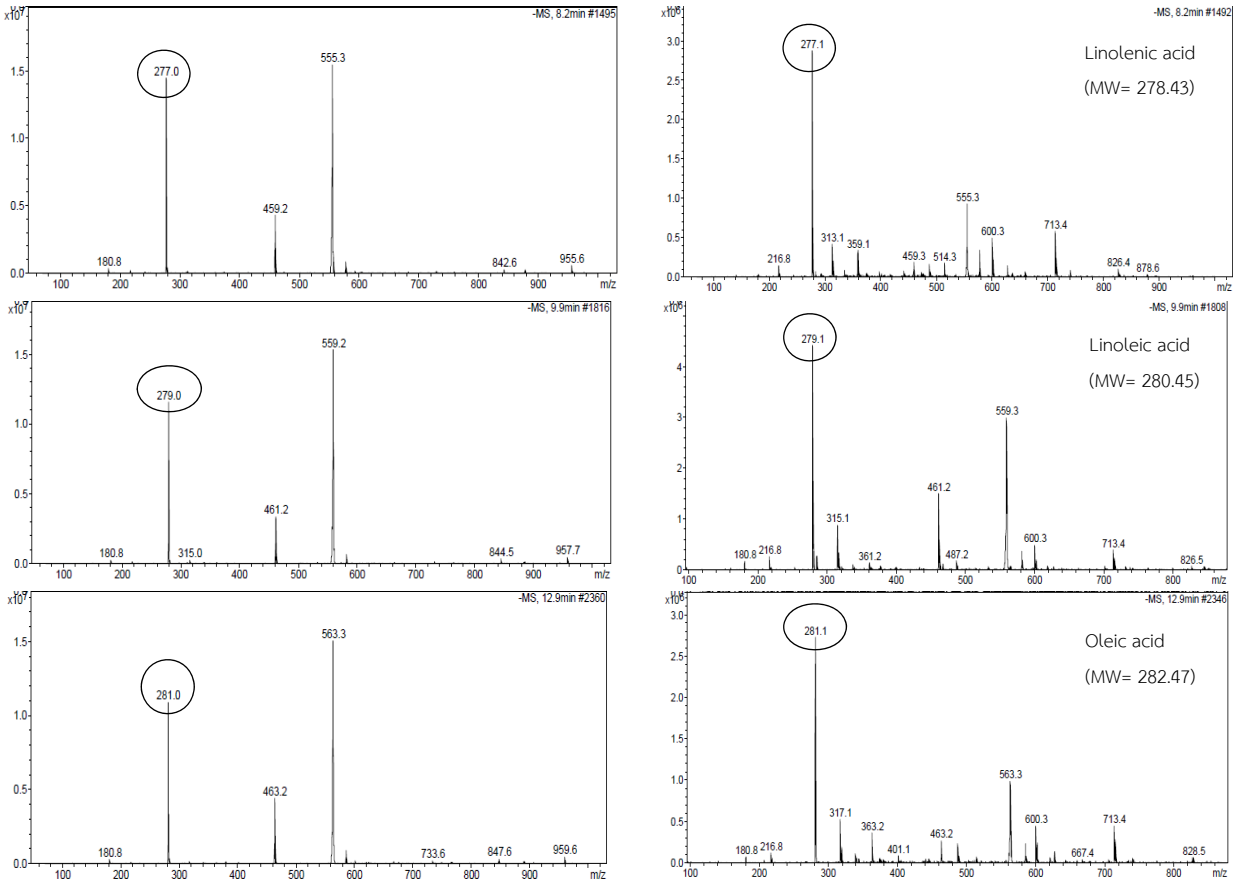
ภาพที่ 5 HPLC chromatogram ของ (ก) สารมาตรฐานกรดไขมัน (ข) น้ำมันพริกพันธุ์จินดา *C.annuum* L. (Jinda) (ค) น้ำมันพริกพันธุ์ซุบเปอร์ฮอต *C.annuum* L. (Superhot)

ตารางที่ 2 ปริมาณกรดไขมันบางชนิดในน้ำมันพริกบีบเย็น

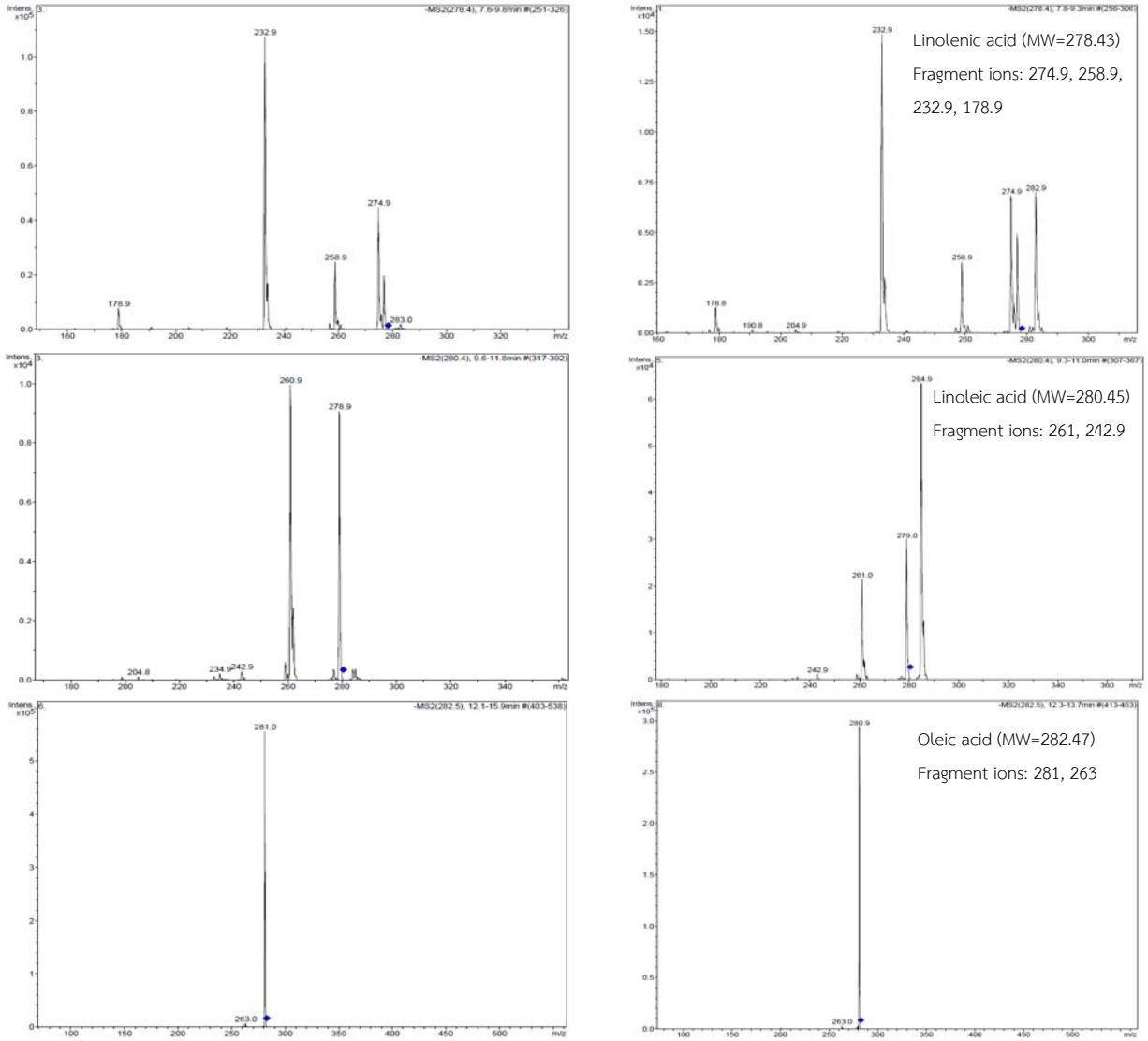
กรดไขมัน / น้ำมันพริก	พันธุ์จินดา	พันธุ์ซุบเปอร์ฮอต
กรดไลโนเลนิก (%w/w)	7.81 ± 0.62	6.21 ± 0.02
กรดไลโนเลอิก (%w/w)	17.77 ± 1.79	17.81 ± 0.28
กรดโอเลอิก (%w/w)	10.33 ± 1.53	11.68 ± 0.14



ภาพที่ 6 โครงสร้างเคมีของกรดไขมันบางชนิด



ภาพที่ 7 MS spectra ของสารมาตรฐานกรดไขมัน (ซ้าย) และของกรดไขมันที่พบในน้ำมันพริกพันธุ์ซุบเปอร์ฮอต (ขวา)



ภาพที่ 8 MS fragmentation ของสารมาตรฐานกรดไขมัน (ซ้าย) และของกรดไขมันที่พบในน้ำมันพริกพันธุ์ซุบเปอร์ฮอต (ขวา)

สรุป

การสกัดน้ำมันพริกโดยเครื่องบีบน้ำมันแบบสกูรเกลียวเดี่ยวได้น้ำมันพริกที่มีคุณภาพดี แม้ว่าจะพบปริมาณสารแคปไซซินน้อยกว่าวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายแต่พบกรดไขมันบางชนิดในน้ำมันพริกทั้งพันธุ์จินดาและพันธุ์ซุบเปอร์ฮอต ดังนั้นน้ำมันพริกอาจใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตเภสัชภัณฑ์หรือผลิตภัณฑ์อื่น วิธีการเตรียมน้ำมันพริกโดยการบีบอัดนี้จัดว่าเป็นการเตรียมโดยวิธีธรรมชาติ ลดความเสี่ยงของการมีตัวทำละลายตกค้าง การปรับปรุงเพื่อให้ได้น้ำมันที่มีสารแคปไซซินปริมาณสูงอาจทำได้โดยใช้การคัดเลือกพันธุ์พริก การปรับเทคนิคการบีบน้ำมัน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (สกว.) รหัสโครงการ RDG6150044 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณพรเทพ ธนกุลรังสฤษฎ์ กลุ่มลพบุรีน้ำมันพืชบีบเย็นที่ให้ความอนุเคราะห์บีบน้ำมันพริก และขอขอบคุณวิทยาลัยเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Sayasoonthorn S, Kaewrueng S, Patharasathapornkul P. Rice bran oil extraction by screw press method: Optimum operating setting oil extraction level and press cake appearance. Rice Science. 19(1): 75-78, 2012.
2. ปริมานันท์ เชิญธงไชย การสกัดน้ำมันรำข้าวด้วยเทคโนโลยีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ข่าวสารคณะวิทยาศาสตร์ มช 19(1-3), 2556.
3. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 205 พ.ศ. 2543 เรื่อง น้ำมันและไขมัน
4. Eder K. Gas chromatographic analysis of fatty acid methyl esters. Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications 671(1-2), 113-131, 1995.
5. Guarrasi V, Mangione MR, Sanfratello V, Martorana V, Bulone D. Quantification of underivatized fatty acids from vegetable oils by HPLC with UV detection. Journal of Chromatographic Science. 48, 2010.
6. Department of Medical Sciences. Thai Herbal Pharmacopoeia. Capsicum oleoresin Monograph. (pp.380-381). The Agricultural Co-operative Federation of Thailand., Ltd: Department of Medical Sciences, Ministry of Public Health. 2017.
7. AOAC. Official methods of analysis. 15th ed. AOAC Official Method 940.28 Acid value. Washington D.C: Association of Official Analytical Chemists. 1990.
8. AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC International 16th ed.vol.II, Ch.41, AOAC Official Method 993.20 Iodine value of oils and fats, 8-9. Gaitherburg, MD: Association of Official Analytical Chemists. 1995a.
9. AOAC. Official methods of analysis of AOAC International 16th ed.vol.II, Ch.41, AOAC Official Method 965.33 Peroxide value of oils and fats, 9. Gaitherburg, MD: Association of Official Analytical Chemists. 1995b.
10. Chouaibi, M., Rezig L., Hamdi, S., Ferrari, G. Chemical characteristics and compositions of red pepper seed oils extracted by different methods. *Industrial Crops & Products*. *128*, 363-370, 2019. DOI: 10.1016/j.indcrop. 2018.11.030
11. จารุวรรณ ธนวิรุฬห์, สุดารัตน์ หอมหวล. การเปรียบเทียบปริมาณแคปไซซินอยด์และค่าดัชนีความเผ็ดในพริกตามระยะการสุกแก่ของผล. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 6-13, 2554

[AS-O04] อิทธิพลของฤดูกาลต่อราคาผลมะนาวในประเทศไทย

The Seasonal Effects to the Lime Price of Thailand

อัครา กิจการเจริญสิน*
Akara Kitkrancharernsin*
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการเงิน มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: mrakara@hotmail.com*

บทคัดย่อ

ผู้วิจัยตั้งข้อสังเกตว่าราคาผลมะนาวภายในประเทศมีความผันผวนตลอดทั้งปี แต่จากการสืบค้นกลับไม่พบหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ยืนยันความผันผวนของราคาผลมะนาวว่าเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเพียงชั่วคราวหรือเกิดขึ้นจริงอย่างเป็นประจำต่อเนื่องทุกๆปี งานวิจัยนี้จึงศึกษาอิทธิพลของฤดูกาลต่อราคาผลมะนาวในประเทศไทยด้วยแบบจำลองเศรษฐมิติ ข้อมูลทุติยภูมิรายเดือนของดัชนีราคาจำนวน 13 ตัวย้อนหลัง 16 ปีที่ได้จากธนาคารแห่งประเทศไทย กรมการค้าภายใน และกระทรวงพาณิชย์ถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธี Ordinary Least Square (OLS) แบบจำลองชนิด Double Log Model ที่สามารถแสดงความยืนหยุ่น (Elasticity) ของดัชนีราคาตามปัจจัยต่างๆในแบบไร้มิติ (Dimensionless) รวมถึงตัวแปรหุ่นเกี่ยวกับฤดูกาลถูกใช้เพื่อแสดงอิทธิพลของฤดูกาลที่มีต่อราคาผลมะนาวในแต่ละไตรมาส งานวิจัยพบว่าฤดูกาลมีอิทธิพลต่อราคาผลมะนาวอย่างมีนัยสำคัญเชิงสถิติ ราคาผลมะนาวมีค่าต่ำสุดโดยเฉลี่ยอยู่ที่ไตรมาส 3 จากนั้นจะเพิ่มสูงขึ้นจนมีค่าสูงสุดโดยเฉลี่ยอยู่ที่ไตรมาส 2 ของปีถัดไป นอกจากนั้นยังพบอีกว่าความผันผวนในราคาผลมะนาวนี้มีความรุนแรงยิ่งขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้นควรณรงค์ให้มีการปรับเปลี่ยนช่วงเวลาในการเพาะปลูกเพื่อให้ได้ผลมะนาวตั้งแต่ไตรมาสที่ 4 ของปี ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเชิงนโยบายว่ารัฐควรมาตรการนำเข้ามะนาวจากแห่งภายนอกตั้งแต่ไตรมาส 3 ซึ่งผลมะนาวมีราคาตกต่ำเพื่อเพิ่มอุปทานของผลมะนาวให้ทันกับความต้องการภายในประเทศตลอดไตรมาสอื่นๆ ที่เหลือ

คำสำคัญ: *แบบจำลองเศรษฐมิติ อิทธิพลของฤดูกาล มะนาว ราคา*

Abstract

The researcher notices that the fluctuation of the Thailand lime price is prominently severe in a year. Unfortunately, there does not exist the empirical evidence to identify that it is whether an occasional or a habitual phenomenon. This research has studied about the seasonal effects on the lime price in Thailand. The Ordinary Least Square (OLS) has been implemented based on monthly secondary data of 13 price indices for 16 years. These data are received from the Bank of Thailand, the Department of Internal Trade and the Ministry of Commerce. A double log model, an econometric model, with dummy variables in the seasonal change is introduced to identify the seasonal effects in the price change. This model can figure out the elasticity of the factor price indices in dimensionless form. The research has found that there exist the seasonal effects in the lime price with a statistically significant level. On average, the lime price is minimum in the third quarter. Then, the price rises up to the maximum in the second quarter of the next year. The trend of fluctuation severity continues increasing. Therefore, the timing of the agriculture of the lime should be organized in order to harvest since at the beginning of the 4th quarter. The government may import the lime from external markets since the 3rd quarter which the lime price is minimal. These suggestions can increase the lime supply to meet the internal demand of other quarters.

Keywords: *econometric model, seasonal effect, lime, price*

บทนำ

มะนาวเป็นพืชเศรษฐกิจตัวหนึ่งที่นิยมปลูกกันในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย เกษตรกรผู้ทำสวนมะนาวมักมีรายได้หลักจากผลมะนาวเพียงอย่างเดียว ดังนั้นจึงต้องเผชิญกับความผันผวนของรายได้เมื่อราคามะนาวเกิดการเปลี่ยนแปลง การทำสวนเป็นเรื่องที่ต้องรอเวลากว่าพืชที่เพาะพันธุ์ไว้จะให้ผลผลิต อีกทั้งแต่ละพื้นที่จะเหมาะกับพืชชนิดใดชนิดหนึ่งอย่างเฉพาะเจาะจง ดังนั้นจึงยากที่จะปรับเปลี่ยนสวนมะนาวที่มีอยู่เดิมไปเป็นไร่นาสวนผสมภายในระยะเวลาอันสั้น เพราะเหตุนี้การวางแผนการเพาะปลูกให้สอดคล้องกับราคามะนาวที่ผันผวนตลอดทั้งปีจึงเป็นสิ่งจำเป็น

อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาปัจจัยของฤดูกาลที่มีผลต่อราคามะนาว นอกจากนี้ยังขาดหลักฐานเชิงประจักษ์ว่าราคาผลมะนาวในแต่ละฤดูกาลมีความแตกต่างกันเชิงสถิติอย่างมีนัยสำคัญ งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาอิทธิผลของฤดูกาลที่มีต่อราคาผลมะนาวผ่านแบบจำลองเศรษฐมิติโดยใช้ข้อมูลเชิงทุติยภูมิรายเดือนตั้งแต่เดือน มกราคม พ.ศ. 2543 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2559 ซึ่งได้มาจากเว็บไซต์ของธนาคารแห่งประเทศไทย[(1)] กรมการค้าภายใน[(2)] และกระทรวงพาณิชย์[(3)] แบบจำลองเศรษฐมิติแบบ Double Log Model จะใช้ในการศึกษาอิทธิของฤดูกาลที่มีต่อราคาผลมะนาวทั้งสองกลุ่ม ตัวแปรหุ่นของขนาดมะนาว รวมถึงตัวแปรหุ่นที่แสดงถึงฤดูกาลอีก 3 ตัว จะใส่เข้าไปในแบบจำลองเพื่อแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ของอิทธิพลเชิงฤดูกาล ตัวแปรปัจจัยที่งานวิจัยนี้ศึกษาได้แก่ดัชนีราคาจำนวน 13 ตัว รายละเอียดของดัชนีเหล่านี้แสดงไว้ในส่วนที่ 3 ของบทความ

แบบจำลองที่ใช้ในงานวิจัยเริ่มต้นด้วยการนำดัชนีราคาทั้ง 13 ตัวนี้ และ ตัวแปรหุ่นอีก 4 ตัวมาสร้างแบบจำลองเศรษฐมิติแบบ Double Log Model ในรูปแบบต่างๆ ด้วยระเบียบวิธี OLS (Ordinary Least Square) งานวิจัยจะตัดดัชนีราคาที่ไม่มีนัยสำคัญเชิงสถิติทีละ 1 ตัว จากนั้นจะสร้างแบบจำลองขึ้นใหม่ตามระเบียบวิธี OLS ด้วยดัชนีราคาที่ยังเหลืออยู่ การสร้างแบบจำลองจะทำซ้ำไปจนกว่าทุกดัชนีราคาจะมีนัยสำคัญเชิงสถิติ การที่งานวิจัยครั้งนี้มุ่งความสนใจอยู่ที่อิทธิพลของฤดูกาล ดังนั้นหากตัวแปรหุ่นยังคงมีนัยสำคัญเชิงสถิติแล้วถึงแม้ว่าแบบจำลองยังมีปัญหาเรื่อง Heteroscedasticity ปัญหาเรื่อง Multicollinearity หรือ ปัญหาเรื่อง Auto-correlation การวิจัยครั้งนี้จะปล่อยปัญหาเหล่านี้ไว้โดยไม่เข้าไปแก้ไขและยังคงนำปัจจัยที่ยังมีนัยสำคัญทางสถิติรวมเข้าไปในแบบจำลอง

เท่าที่งานวิจัยนี้ได้ทำการค้นคว้าพบว่างานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยแรกที่ศึกษาอิทธิพลของฤดูกาลต่อราคาผลมะนาวภายในประเทศ หลักฐานเชิงประจักษ์ของอิทธิพลของฤดูกาลที่มีต่อราคามะนาวในประเทศไทยซึ่งงานวิจัยนี้นำเสนอจะนำไปสู่ข้อกำหนดเชิงนโยบายที่เกี่ยวข้องกับช่วงเวลาที่ใช้ในการเพาะปลูกพืชชนิดนี้ไม่ว่าจะเป็นด้านมาตรการรองรับอุปทานของผลมะนาวส่วนเกินในช่วงเวลาที่ราคาตกต่ำ และ รวมไปถึงการกำหนดช่วงเวลาที่จำเป็นต้องสั่งซื้อผลมะนาวจะแหล่งภายนอกประเทศเพื่อให้ทันกับความต้องการภายในประเทศเมื่อราคามะนาวเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ระเบียบวิธีเชิงเศรษฐมิติที่ใช้ในงานวิจัยยังสามารถขยายผลศึกษาไปสู่พืชเศรษฐกิจชนิดอื่นๆ เพื่อยืนยันหรือหาข้อสรุปว่าฤดูกาลมีผลต่อราคาผลผลิตชนิดนั้นๆ จริงหรือไม่ อันสามารถกำหนดแผนเชิงนโยบายที่เหมาะสมไม่ว่าจะเป็นในระยะสั้นหรือระยะยาวหรือจำเป็นต้องกำหนดแผนการทั้งสองระยะควบคู่กันไปให้แก่พืชเศรษฐกิจแต่ละชนิด

จากการศึกษาโดยใช้แบบจำลองเชิงเศรษฐมิติซึ่งนำเสนอในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยพบว่าปัจจัยเชิงฤดูกาลมีผลต่อราคาผลมะนาวจริงโดยราคาผลมะนาวมีค่าโดยเฉลี่ยต่ำสุดในไตรมาสที่ 3 จากนั้นราคาโดยเฉลี่ยจะเพิ่มสูงขึ้นจนสูงที่สุดในไตรมาสที่ 2 ของปีถัดไป นอกจากนี้ราคาผลมะนาวเบอร์ 1-2 จะสูงว่าเบอร์ 3-4 อย่างมีนัยสำคัญเชิงสถิติ

บทความนี้แบ่งเป็นออกเป็นห้าส่วนโดยจะเริ่มจากบทนำซึ่งกล่าวถึงความสำคัญ วิธีวิจัย และแนวคิดเบื้องหลังงานวิจัย จากนั้นในส่วนที่สองจะนำเสนอเกี่ยวกับการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ส่วนที่สามจะกล่าวถึงข้อมูลและแบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์ ส่วนที่สี่จะนำเสนอถึงผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัย และในส่วนสุดท้ายจะกล่าวถึงข้อสรุปที่ได้รับและข้อเสนอแนะเชิงนโยบายที่ได้มาจากงานวิจัยชิ้นนี้

การทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Markowitz[4] นำเสนอ Portfolio Theory โดยเสนอแนะการ Diverify สินทรัพย์ให้หลากหลายจะลดความเสี่ยงของ Portfolio และเพื่อให้ Utility ของผู้ลงทุนมีค่าสูงสุด อย่างไรก็ตามภาคการเกษตรไม่สามารถ Diverify พืชพันธุ์ได้แบบสินทรัพย์ทางการเงิน นอกจากนี้ผลผลิตทางการเกษตรถือเป็นสินทรัพย์ที่เกิดขึ้นใหม่ ดังนั้นการจัดการพืชผลทางการเกษตรให้เหมาะกับราคาของตลาด หรือ Market Timing จึงมีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าการเพิ่มความหลากหลายของพืชผลที่อยู่ในไร่ Kannika Duangnaet และคณะ[5] ศึกษาแบบจำลองเศรษฐมิติของพืชผลทางเกษตร ครอบคลุมปัจจัยทางเศรษฐกิจมหาภาค งานวิจัยสรุปว่ามีปัจจัยจำนวนมากที่ส่งผลต่อราคาพืชผล และปัจจัยด้านภูมิอากาศก็ถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญ ดังนั้นบทความนี้จึงเพิ่มตัวแปรหุ่นเกี่ยวกับฤดูกาลเข้าไปในแบบจำลอง และหาดัชนีราคาตัวอื่นๆ ที่น่าจะมีความเกี่ยวข้องกับราคาผลมะนาว กมลรัตน์ พ่วงแพ[6] และ พิมกานต์ พุทธศิริ[7] ใช้แบบจำลองทางเศรษฐมิติกับราคาพืชผลทางเกษตรบางอย่าง งานวิจัยของทั้งสองชิ้นนี้มีการใช้ตัวแปรหุ่นเพื่อแสดงอิทธิพลของฤดูกาลต่อราคาพืชผลทางเศรษฐกิจอีกด้วย แต่งานวิจัยเหล่านี้ยังไม่ได้ศึกษาเกี่ยวกับราคาของผลมะนาว ปรียา ศิริวัฒนพันธ์ และคณะ[8] ใช้แบบจำลองสโตแคสติกมาศึกษาราคามันสำปะหลังและพบความสำคัญของห่วงโซ่อุปทานที่มีต่อราคาสินค้าเกษตร ดังนั้นบทความนี้จะนำดัชนีราคาที่เกี่ยวข้องกับห่วงโซ่อุปทานมาไว้ในแบบจำลองด้วย

ข้อมูลและแบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์

ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือข้อมูลทุติยภูมิจากเว็บไซต์ของธนาคารแห่งประเทศไทย[1] กรมการค้าภายใน[2] และกระทรวงพาณิชย์[3] ชุดข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลรายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2543 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2559 จากนั้นข้อมูลชุดนี้จะถูกนำมาจัดให้เป็นข้อมูลรายไตรมาส งานวิจัยนี้ใช้ค่าเฉลี่ยของข้อมูลรายเดือนภายในไตรมาสเป็นตัวแทนของข้อมูลในไตรมาสนั้น เพื่อเพิ่มข้อมูลให้มีจำนวนมากขึ้นงานวิจัยจะใช้ข้อมูลเชิง Panel Data โดยนำราคามะนาวเบอร์ 1-2 และ ราคามะนาวเบอร์ 3-4 มาใช้เป็นข้อมูลประเภท Cross Sectional Data ทำให้มีจำนวนข้อมูลรวมทั้งสิ้น 136 เรคคอร์ด ข้อมูลสถิติเชิงพรรณนาของข้อมูลชุดนี้แสดงได้ใน ตารางที่ 1

ดัชนีราคาที่แสดงอยู่ในตารางที่ 1 คือดัชนีราคาของราคาไก่สดทั้งตัว (รวมกระดูก รวมเครื่องใน) ดัชนีราคาผู้บริโภค ดัชนีรวมราคาสินค้าส่งออก ดัชนีราคาขายปลีกร้านอาหาร ดัชนีราคาสินค้าทุนนำเข้า ดัชนีราคาสินค้าอุปโภคบริโภคนำเข้า ดัชนีรวมราคาสินค้านำเข้า ดัชนีราคาสินค้าวัตถุดิบนำเข้า ดัชนีราคาค่าเงินบาท NEER ดัชนีราคาสินค้าเกษตรส่งออก ดัชนีราคาสินค้าอุตสาหกรรมส่งออก ดัชนีราคาสินค้าประมงส่งออก และ ดัชนีราคาน้ำมันดีเซล ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ข้อมูลสถิติเชิงพรรณนาของข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย

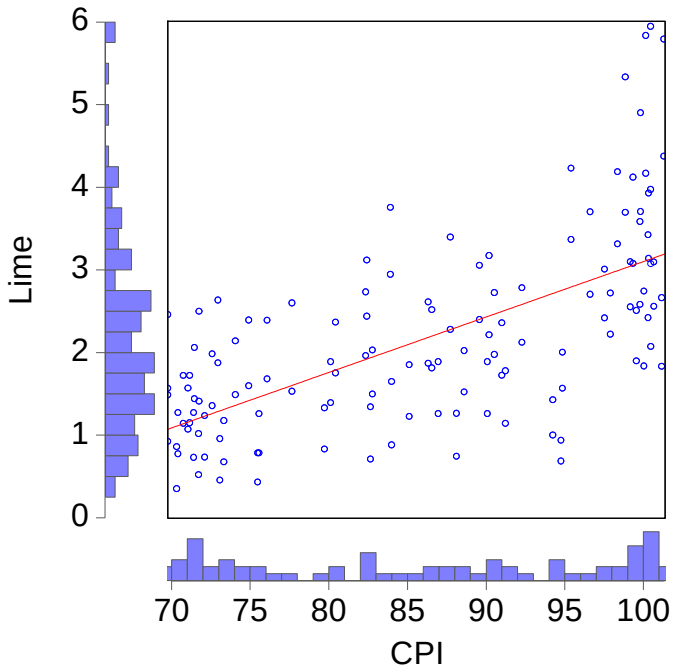
	Mean	Median	Max.	Min.	Std.	Skew.	Kur.
CHICKEN	56.63	57.13	72.50	40.94	9.23	0.01	1.65
CPI	86.09	86.80	101.34	69.80	11.04	-0.07	1.53
EXPORT	92.23	93.77	107.91	77.14	8.66	0.03	1.79
FOOD	201.33	123.90	416.77	91.47	114.85	0.62	1.50
ICAPITAL	103.27	103.40	112.99	91.57	5.83	-0.05	1.94
ICONSUME	99.74	99.42	115.25	86.13	6.62	0.32	2.81
IMPORT	89.18	90.52	102.58	69.32	7.68	-0.24	2.38
IRAWMAT	83.91	84.37	101.71	62.09	10.25	-0.02	2.08
LEMON	2.17	1.96	5.94	0.34	1.16	0.99	4.03
NEER	97.16	97.49	111.63	86.26	6.99	0.13	1.88
XAGRI	71.53	69.00	109.28	36.93	23.03	-0.10	1.52
XINDUS	96.93	96.97	109.63	86.65	5.74	0.42	2.51
XSEA	89.93	93.58	125.88	57.43	17.01	0.17	1.89
DIESEL	23.03	24.59	36.14	11.71	7.00	-0.28	1.72
Obeservation = 136							

ข้อมูลในตารางที่ 1 แสดงค่าพารามิเตอร์ทางสถิติเชิงพรรณนาของดัชนีราคาทั้ง 13 ตัว จากข้อมูลที่แสดงไว้งานวิจัยครั้งนี้พบว่าดัชนีแต่ละตัวไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ ดังนั้นการแจกแจงของตัวแปรสุ่มคลาดเคลื่อน (u_i) ที่เกิดการสมการถดถอยแบบเชิงเส้นจะไม่เป็นการแจกแจงแบบปกติ อย่างไรก็ตามจากทฤษฎีแนวโน้มเข้าสู่ศูนย์กลาง (Center Limit Theorem) แล้วเมื่อข้อมูลมีจำนวนมากยิ่งขึ้นค่าเฉลี่ยของ u_i จะมีการแจกแจงแบบปกติ เพราะฉะนั้นสมการถดถอยตามแบบจำลอง Double Log Model ที่งานวิจัยสร้างขึ้นโดยใช้ระเบียบวิธี OLS มาหาค่าพารามิเตอร์ยังคงเป็นตัวประมาณการที่ไม่เอนเอียงเชิงเส้นที่ดีที่สุด (Best Linear Unbiased Estimator, BLUE)

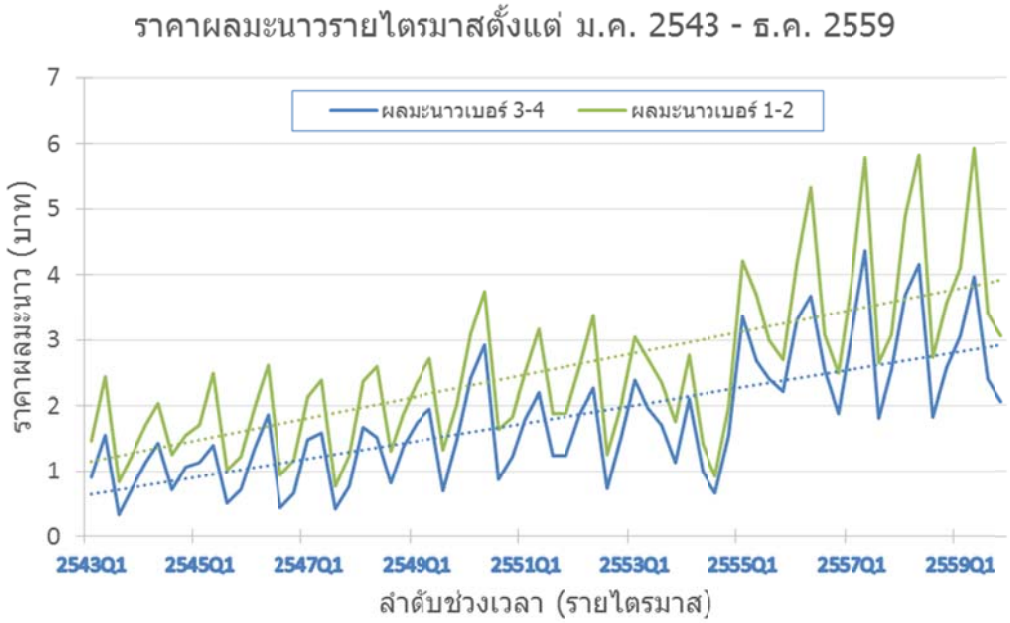
การที่งานวิจัยนำดัชนีราคาของปัจจัยทั้ง 13 ตัวมาเป็นตัวแปรต้นทำให้มีปัญหาประการหนึ่งที่งานวิจัยจำเป็นต้องแก้ไขก็คือปัญหาเรื่องหน่วยวัดของดัชนีราคาแต่ละตัว การที่ดัชนีทั้งหมดมีหน่วยเป็นบาทแต่ปริมาณตามหน่วย S.I. ของแต่ละปัจจัยนั้นกลับแตกต่างกัน หากความแตกต่างของหน่วยวัดนั้นมากอย่างมีนัยสำคัญแล้วอาจทำให้ปัญหาเรื่อง Multicollinearity ของแบบจำลองเศรษฐมิติทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น เพื่อให้ผลของปริมาณตามหน่วย S.I. หายไป งานวิจัยเลือกใช้แบบจำลองแบบ Double Log จากนั้นหาค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองด้วยกระบวนการตามระเบียบวิธี OLS จึงทำให้หน่วยของตัวแปรต้นอยู่ในรูปของการเปลี่ยนแปลงร้อยละ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงไม่พบปัญหาจากหน่วย S.I. ของข้อมูล แบบจำลองแบบ Double Log ที่ใช้ในงานวิจัยแสดงได้ในสมการ (1)

$$\log Lime_{it} = \beta_1 + \beta_2\delta_S + \beta_3\delta_{Q_1} + \beta_4\delta_{Q_2} + \beta_5\delta_{Q_3} + \sum_{j=1}^{13}\beta_{j+5}\log PriceIndex_{jt} + u_{it} \quad (1)$$

ตัวแปร β_1 คือจุดตัดแกน ตัวแปร δ_S คือ ตัวแปรหุ่นของขนาดผลมะนาวโดยมีผลมะนาวเบอร์ 3-4 เป็นฐาน ผลมะนาวเบอร์ 3-4 หมายถึงกลุ่มของผลมะนาวที่มีขนาดเล็ก ในขณะที่เบอร์ 1-2 หมายถึงกลุ่มของผลมะนาวที่มีขนาดใหญ่ ตัวแปร δ_{Q_1} ถึง δ_{Q_3} คือ ตัวแปรหุ่นของอิทธิพลฤดูกาลที่มีต่อราคาผลมะนาวโดยมีไตรมาสที่ 4 เป็นฐาน ตัวห้อย i โดยที่มีค่าเท่ากับ 1 หรือ 2 แสดงถึงกลุ่มของผลมะนาว ส่วนตัวห้อย j บ่งบอกถึงดัชนีราคาทั้ง 13 ตัวตามลำดับที่แสดงไว้ในตารางที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างราคาผลมะนาวต่อดัชนีราคาผู้บริโภค



ภาพที่ 2 แสดงราคาผลมะนาวขนาดเบอร์1-2 และ ราคาผลมะนาวเบอร์3-4 ที่เปลี่ยนไปตามช่วงเวลา

ภาพที่ 1 แสดงราคาผลมะนาวเทียบกับดัชนีราคาผู้บริโภคภายในประเทศ งานวิจัยนี้พบว่าตัวแปรทั้งสองตัวนี้มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น ดังนั้นแบบจำลอง Double Log Model ตามระเบียบวิธี OLS จึงมีความเหมาะสมต่อการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบเศรษฐมิติ ภาพที่ 2 แสดงราคาผลมะนาวเบอร์ 1-2 (ลูกใหญ่) และ ราคาผลมะนาวเบอร์ 3-4 (ลูกเล็ก) ที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาเป็นรายไตรมาส จากรูปเราจะเห็นได้ว่าราคาผลมะนาวมีการแกว่งตัวขึ้นลงสลับกันตลอดทั้งปีและดูเหมือนว่าคาบของการแกว่งตัวจะมีความถี่ที่แน่นอนในทุกๆ รอบไตรมาส ความผันผวนของราคาผลมะนาวนี้มีแนวโน้มรุนแรงขึ้นนับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 เป็นต้นมา นอกจากนี้จากกราฟจะพบว่าราคาผลมะนาวลูกโตมีราคาสูงกว่าผลมะนาวลูกเล็กโดยสังเกตได้จากเส้นสีเขียวซึ่งเป็นราคาของผลมะนาวลูกใหญ่จะวางตัวเหนือเส้นสีฟ้าซึ่งเป็นราคาของผลมะนาวลูกเล็กอยู่ตลอดทุกช่วงเวลาของข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง เส้นประสีเขียวและเส้นประสีฟ้าที่แสดงนั้นหมายถึงเส้นแนวโน้มของราคาผลมะนาวที่เพิ่มขึ้นตลอดเวลา โดยเส้นแรกหมายถึงแนวโน้มของราคาผลมะนาวลูกโต ส่วนอีกเส้นนั้นหมายถึงแนวโน้วของราคาผลมะนาวลูกเล็ก

งานวิจัยนี้จึงคาดหวังว่าจะพบหลักฐานเชิงประจักษ์ของอิทธิพลฤดูกาลต่อราคาผลมะนาวภายในประเทศ และ ผลลัพธ์อื่นที่ตามมาก็คือเราจะได้หลักฐานเชิงประจักษ์ว่ามะนาวทั้งสองขนาดมีราคาแตกต่างกัน เพราะฉะนั้นงานวิจัยคาดหวังไว้ในเบื้องต้นว่าค่า β ของตัวแปรหุ่นเกี่ยวกับขนาดของผลมะนาวควรมีค่าเป็นบวกโดยใช้มะนาวเบอร์ 3-4 เป็นฐาน ส่วนค่า β ของตัวแปรหุ่นเชิงฤดูกาลนั้นควรมีค่าไม่เป็นศูนย์โดยมีฐานคือราคาผลมะนาวในไตรมาสที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

แบบจำลองเศรษฐมิติทั้งหมดที่ใช้ในงานวิจัยแสดงไว้ในตารางที่ 2 ดัชนีราคาที่แสดงในตารางจะอยู่ในรูปลอการิทึมธรรมชาติ ตัวแปร C หมายถึงจุดตัดแกน แบบจำลองทั้งหมดที่สร้างขึ้นจะถูกทดสอบคุณสมบัติของค่าความผิดพลาดในเรื่อง Auto-Correlation ปัญหาเรื่อง Heteroscedasticity และ ลักษณะความนิ่ง (Stationary) การทดสอบที่ใช้ในงานวิจัยเลือกใช้คือ Augment Dickey-Fuller Test (ADF-Test), Breush-Pagan-Godfrey Test (BG Test) และ LM Test (LAG =3) ตามลำดับ ผลการทดสอบทั้งหมดนี้แสดงด้วยค่า P-Value ที่ด้านล่างของตาราง

ตารางที่ 2 ค่า T-Stat และผลการทดสอบค่าความผิดพลาดของค่าพารามิเตอร์ β_j โดยที่ j = 1-18 ในแบบจำลองเศรษฐมิติแบบ Double Log ของราคาผลมะนาวภายในประเทศ ที่มีต่อดัชนีราคาทั้ง 13 ตัว

K	13	12	11	10	9	8	7	6
C	-23.710***	-23.848***	-24.020***	-24.204***	-23.740***	-25.742***	-26.050***	-27.728***
δS	0.389***	0.389***	0.389***	0.389***	0.389***	0.389***	0.389***	0.389***
δQ1	0.442***	0.442***	0.441***	0.441***	0.443***	0.447***	0.449***	0.454***
δQ2	0.533***	0.532***	0.532***	0.532***	0.524***	0.526***	0.527***	0.534***
δQ3	-0.237***	-0.238***	-0.239***	-0.238***	-0.239***	-0.238***	-0.238***	-0.236***
L.CHICKEN	-0.484	-0.488	-0.482	-0.485	-0.517	-0.488	-0.512	-0.566*
L.CPI	4.674**	4.678**	4.644**	4.786***	4.751***	4.462***	4.274***	3.996***
L.DIESEL	0.381	0.374	0.364*	0.352*	0.397**	0.388**	0.394**	0.370**
L.EXPORT	-1.739	-1.700	-2.001	-1.901	-0.821	-0.276		
L.FOOD	0.008							
L.ICAPITAL	1.309	1.254	1.154	1.341	1.618**	1.578**	1.485**	1.560**
L.ICONSUME	0.148	0.199	0.182					
L.IMPORT	-0.276	-0.272						
L.IRAWMAT	-0.274	-0.260	-0.392	-0.389	-0.452	-0.337	-0.309	
L.NEER	0.843	0.857	0.888	0.860	0.873	1.188	1.270	1.602*
L.XAGRI	-0.607	-0.609	-0.577	-0.605*	-0.692**	-0.736**	-0.759***	-0.765***
L.XINDUS	1.138	1.119	1.414	1.280				
L.XSEA	0.217	0.213	0.208	0.200	0.189			
Adj.SqR	0.835	0.837	0.838	0.839	0.840	0.841	0.843	0.843
P(LM3-Test)	(0.382)	(0.391)	(0.388)	(0.386)	(0.482)	(0.480)	(0.486)	(0.391)
P(BG-Test)	(0.000)***	(0.000)***	(0.000)***	(0.000)***	(0.000)***	(0.000)***	(0.000)***	(0.000)***
P(ADF-Test)	(0.000)***	(0.000)***	(0.000)***	(0.000)***	(0.000)***	(0.000)***	(0.000)***	(0.000)***

แบบจำลองมีจำนวนดัชนีราคา 13 ตัว (k=13) ดัชนีราคาตัวที่ไม่มีนัยสำคัญซึ่งมีค่า p-Value สูงที่สุดจะถูกตัดออกคราวละ 1 ตัว จากนั้นจะสร้างแบบจำลองอันใหม่ด้วยวิธี OLS โดยใช้ปัจจัยที่ยังเหลืออยู่ กระบวนการนี้จะดำเนินการไปเรื่อยๆ จนกว่าดัชนีราคาที่เหลืออยู่ทั้งหมดจะมีนัยสำคัญเชิงสถิติ ในที่สุดจะได้แบบจำลองสุดท้ายที่งานวิจัยเลือกใช้อันประกอบด้วยดัชนีราคาจำนวน 6 ตัว (k=6) ได้แก่ดัชนีของราคาเนื้อไก่ ดัชนีราคาผู้บริโภค ราคาน้ำมัน Diesel สินค้าทุนนำเข้า ค่าเงินบาท NEER และ สินค้าการเกษตรส่งออก

การที่งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาอิทธิพลของฤดูกาลต่อราคาผลมะนาวดังนั้นจึงยอมให้ปัจจัยเฉพาะของราคาผลมะนาวแต่ละขนาดที่ไม่แปรผันตามเวลา (Time-Invariant) ฝังรวมไว้กับค่า C เพราะฉะนั้นค่า C ในแบบจำลองอาจไม่สื่อความหมายใดๆ เพราะฉะนั้นงานวิจัยนี้จะละการวิเคราะห์เกี่ยวกับค่า C ของแบบจำลอง

จากการทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับค่าความผิดพลาดของแบบจำลอง พบว่าแบบจำลองทั้งหมดไม่มีปัญหา Auto-Correlation ค่าความผิดพลาดมีความนิ่ง แต่แบบจำลองทั้งหมดพบกับปัญหา Heteroscedasticity นอกจากนั้นการที่ค่า Adj.SqR (Adjusted R^2) มีค่าสูงผิดปกติ นั่นคือค่า Adj.SqR สูงกว่า 0.8 จึงต้องสันนิษฐานว่าแบบจำลองประสบปัญหา Multicollinearity โดยทั่วไปส่วนปัญหาอันนี้และปัญาหาเรื่อง Heteroscedasticity จะทำให้ค่า Standard Error ของการวิเคราะห์แบบจำลองด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด (OLS) สูงมากเกินจริงจนไม่อาจปฏิเสธสมมุติฐานหลักของค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากสมการถดถอย ถึงแม้ว่าสมการถดถอยที่สร้างขึ้นด้วยวิธี OLS จะพบกับปัญหา Multicollinearity แต่สมการถดถอยดังกล่าวยังคงเป็นตัวประมาณการที่ไม่เอนเอียงเชิงเส้นที่ดีที่สุด (BLUE) อย่างไรก็ตามเนื่องจากค่าพารามิเตอร์ β ตัวแปรหุ่น δ_S รวมถึง $\delta_{Q_1} - \delta_{Q_3}$ มีนัยสำคัญเชิงสถิติในทุกแบบจำลอง ดังนั้นงานวิจัยจึงสามารถปล่อยผ่านปัญหาเรื่อง Heteroscedasiticity และ Multicollinearity ได้

ตารางที่ 3 ค่าพารามิเตอร์ β_jของแบบจำลองเศรษฐมิติแบบ Double Log ของราคาผลมะนาวโดยใช้ดัชนีราคาเพียง 6 ตัวที่มีนัยสำคัญเชิงสถิติ

Price Index	β	SE	T-Stat	p-value.
C	-27.728	(3.682)	(-7.53)	(0.000)***
δS	0.389	(0.04)	(10.05)	(0.000)***
δQ1	0.454	(0.056)	(8.07)	(0.000)***
δQ2	0.534	(0.055)	(9.66)	(0.000)***
δQ3	-0.236	(0.055)	(-4.27)	(0.000)***
L.CHICKEN	-0.566	(0.337)	(-1.68)	(0.0953)*
L.CPI	3.996	(1.163)	(3.43)	(0.001)***
L.DIESEL	0.370	(0.176)	(2.10)	(0.038)**
L.ICAPITAL	1.560	(0.635)	(2.46)	(0.015)**
L.NEER	1.602	(0.964)	(1.66)	(0.099)*
L.XAGRI	-0.765	(0.289)	(-2.65)	(0.009)***

ตารางที่ 3 แสดงค่า β_jของแบบจำลอง Double Log Model ตามสมการ (1) ค่า SE ค่า T-Stat และค่า p-value ที่แสดงไว้ในตารางหมายถึงค่า Standard Error ค่าสถิติ T และค่า p-value ของการทดสอบสมมติฐานของค่าพารามิเตอร์ในสมการถดถอย อักษร L. ที่นำหน้าดัชนีราคานั้นหมายความว่าค่าที่ใช้ในแบบจำลองคือค่าลอการึทึมธรรมชาติของดัชนีราคาแต่ละตัว แบบจำลองสุดท้ายที่ใช้ดัชนีราคาจำนวน 6 ตัว (k=6) ตามตารางที่ 3 เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ว่าฤดูกาลมีอิทธิพลต่อราคาผลมะนาวจริง ค่า β ของตัวแปรหุ่น δ_{Q_1} δ_{Q_2} และ δ_{Q_3} คือ 0.454 0.534 และ -0.236 ตามลำดับ จึงหมายความว่าในหนึ่งปีนั้นโดยเฉลี่ยราคาผลมะนาวจะตกต่ำที่สุดในไตรมาสที่ 3 จากนั้นราคาผลมะนาวโดยเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นจึงถึงสุดสูงสุดในไตรมาสที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังพบว่าค่า β ตัวแปรหุ่น δ_S เป็นบวกตามที่คาดหมายไว้ จึงหมายความว่าราคาผลมะนาวลูกใหญ่ (เบอร์ 1-2) มีราคาโดยเฉลี่ยแล้วสูงกว่าราคามะนาวลูกเล็ก (เบอร์ 3-4) อย่างมีนัยสำคัญ

สรุป

งานวิจัยพบว่าอิทธิผลของฤดูกาลมีผลต่อราคามะนาวอย่างมีนัยสำคัญเชิงสถิติ ราคาผลมะนาวโดยเฉลี่ยจะมีค่าต่ำสุดในไตรมาสที่ 3 จากนั้นราคาจึงเพิ่มขึ้นตลอดทั้งปีจนมีค่าสูงสุดโดยเฉลี่ยที่ไตรมาสที่ 2 ของปีถัดไป นอกจากนี้มะนาวเบอร์ 1-2 จะมีราคาโดยเฉลี่ยสูงกว่ามะนาวเบอร์ 3-4 อย่างมีนัยสำคัญ ความแตกต่างระหว่างราคาผลมะนาวทั้งสองขนาดรวมถึงความผันผวนของราคาในแต่ละไตรมาสมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น จึงจำเป็นต้องมีมาตรการบางอย่างเพื่อบรรเทาปัญหาด้านอุปทานส่วนขาด

ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะว่าควรออกนโยบายบางอย่างเพื่อนำอุปทานส่วนเกินของผลมะนาวในไตรมาสที่ 3 ไปแปรรูปเชิงอุตสาหกรรมสำหรับรอจำหน่ายในช่วงเวลาที่เหลือของปี นอกจากนี้ควรมีการรณรงค์ปรับเปลี่ยนช่วงเวลาในการเพาะปลูกเพื่อมะนาวจะให้ผลผลิตตั้งแต่ไตรมาสที่ 4 ของปี ส่วนไตรมาสที่ 3 นั้นควรรณรงค์ให้เกษตรกรปรับปรุงพื้นที่เพาะปลูกแทนการเร่งออกผลผลิต สุดท้ายนี้รัฐควรมีมาตรการนำเข้ามะนาวจากแหล่งภายนอกตั้งแต่ไตรมาส 3 ซึ่งผลมะนาวมีราคาตกต่ำเพื่อเพิ่มอุปทานของผลมะนาวให้ทันต่อความต้องการในไตรมาสอื่นที่เหลือ

เอกสารอ้างอิง

1. ธนาคารแห่งประเทศไทย. สถิติ [อินเทอร์เน็ต].กรุงเทพฯ [เข้าถึงเมื่อ ก.พ. 2562]. เข้าถึงได้จาก: https://www.bot.or.th/Thai/Statistics/Pages/default.aspx
2. กรมการค้าภายใน. ราคาสินค้าเกษตรย้อนหลังรายเดือน [อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ [เข้าถึงเมื่อ ก.พ. 2562]. เข้าถึงได้จาก: https://www.dit.go.th/pricestat/index.asp

3. กระทรวงพาณิชย์. ข้อมูลสถิติ [อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ [เข้าถึงเมื่อ ก.พ. 2562]. เข้าถึงได้จาก: https://www.moc.go.th/index.php/palmoil-service-all-4/category/category-product010-copy-3.html
4. Markowitz, Harry M. Fundations of Portfolio Theory. Journal of Finance 1991: 469-477.
5. Kannika Duangnate, Supanika Leurcharusmee. Structural Changes in Thailand's Economic Crop Prices. Journal of Economics Chiang Mai University 2018; 22#1. 59-92
6. กมลรัตน์ พ่วงแพ. ระบบพยากรณ์ราคาสินค้าเกษตรอัตโนมัติโดยใช้วิธีทางเศรษฐมิติ [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2547
7. พิมกานต์ พุทธศิริ. ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อราคาข้าวเปลือกหอมมะลิในประเทศไทย [วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุกิจมหาบัญฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยกรุงเทพ; 2560
8. ปรียา ศิริวัฒนพันธ์, สราวุธ จันทร์สุวรรณ. การพัฒนาแบบจำลองสโตแคสติกเพื่อประเมินความยืดหยุ่นของโซ่อุปทานสินค้าเกษตร กรณีศึกษามันสำปะหลังในประเทศไทย. วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน 2560:72-84.

[AS-O05] การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยกับดัชนีหุ้นตลาดหลักทรัพย์เอเชีย

The Relationship between the Stock Exchange of Thailand Index and the Asia Major Index

ศศิธร เบ็ญแซมสัน[*1], และ ภูมิฐาน รังคกูลนุวัฒน์[2]
Sasithorn Bensamson[*1], and Poomthan Rangkakulnuwat[2]
[1]สาขาวิศวกรรมการเงิน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
[2]คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: sasi.bensamson@gmail.com*

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้าอิสระครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อศึกษาความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาวและการปรับตัวในระยะสั้นเพื่อให้กลับเข้าสู่ดุลยภาพระยะยาวของดัชนีตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยกับดัชนีหุ้นตลาดหลักทรัพย์เอเชียอีก 7 ประเทศ ได้แก่ ดัชนี Nikkei 225 ดัชนี Hang Seng ดัชนี PSE ดัชนี KOSPI ดัชนี Strait Time ดัชนี JKSE และดัชนี KLSE และทำการทดสอบความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลตามแนวคิดของ Granger ผลจากการศึกษาพบว่ามีความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว 1 รูปแบบ โดยดัชนี SET มีความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาวในทิศทางเดียวกันกับดัชนี JKSE ดัชนี KLSE ดัชนี Hang Seng และดัชนี PSE และมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับดัชนี KOSPI ดัชนี Nikkei 225 และดัชนี Strait Time และหากตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งมีการเบี่ยงเบนออกจากดุลยภาพระยะยาว ตัวแปรที่จะมีการปรับตัวในระยะสั้นเพื่อให้กลับเข้าสู่ดุลยภาพระยะยาว ได้แก่ ดัชนี Nikkei 225 ดัชนี SET ดัชนี PSE ดัชนี Strait Time ดัชนี JKSE และผลการศึกษาพบว่าตัวแปรที่มีผลกระทบต่อดัชนี SET ตามแนวคิดของ Granger ได้แก่ ดัชนี Nikkei 225 และดัชนี KLSE โดยใช้นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

คำสำคัญ: *ดัชนีตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย, ดัชนีหุ้นตลาดหลักทรัพย์เอเชีย*

Abstract

This independent study aims to study the long-run relationship and the speed of short-run adjustment to achieve long-run equilibrium between the Stock Exchange of Thailand Index with the Asia's 7 major indexes which are Nikkei 225, Hang Seng, PSE, KOSPI, Strait Time, JKSE and KLSE. After that, the Granger causality is tested. The study found there exist 1 cointegration vector. Then the VECM model indicates has that in the same direction with the JKSE index, the KLSE index, The Hang Seng index and the PSE index. And the relationship in the opposite direction with the KOSPI index, the Nikkei 225 index and Strait Time index. We found that the KLSE index and the Nikkei 225 effect to The Stock Exchange of Thailand Index.There was at the 0.01 level of statistical significance.

Keywords: *the stock exchange of Thailand index, the Asia major index*

บทนำ

ตลาดหลักทรัพย์เป็นแหล่งรวบรวมเงินของนักธุรกิจหลากหลายแขนงทั้งยุคที่เศรษฐกิจมีการเจริญเติบโตและพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว หรือในยุคที่เศรษฐกิจตกต่ำ มีภาวะซบเซา ก็ยังคงมีนักลงทุนจากหลายๆสถาบันหลั่งไหลเข้ามาอย่างต่อเนื่องไม่ว่าจะเป็นกลุ่มนักลงทุนรายย่อย กลุ่มบริษัทต่างๆ ทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ

การลงทุนในตลาดหลักทรัพย์เหมาะกับผู้ที่ต้องการแสวงหาผลกำไร เนื่องจากการลงทุนแบบเดิมๆ ไม่สามารถให้ผลตอบแทนตามเกณฑ์หรือเป้าหมายที่นักลงทุนต้องการได้ อีกทั้งการฝากเงินในธนาคารหรือการทำธุรกรรมทางการเงินในสถาบันการเงินต่างๆ อาจได้รับผลตอบแทนที่ไม่ดีนัก จึงทำให้นักลงทุนมองหาแหล่งที่ได้รับผลตอบแทนที่มากกว่า ดัชนีราคาตลาดหลักทรัพย์จึงมีบทบาทความสำคัญอย่างมากต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศไทยและอยู่ในความสนใจของผู้ประกอบธุรกิจจำนวนมาก[1]

การลงทุนในตลาดหลักทรัพย์นั้นนักลงทุนจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลทั้งทางด้านการวิเคราะห์ปัจจัยพื้นฐาน โดยการศึกษาสภาวะเศรษฐกิจทั้งในประเทศและต่างประเทศที่มีผลกระทบต่อการลงทุนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย เพื่อที่จะประกอบการตัดสินใจในการลงทุนและปัจจัยทางเทคนิคจากการดูการเคลื่อนไหวของราคาหลักทรัพย์ในอดีต ปัจจุบันโลกมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วไม่ว่าจะเป็นสภาพความเป็นอยู่ของประชาชน การศึกษา สภาพแวดล้อม เศรษฐกิจและเทคโนโลยี การติดต่อสื่อสารได้เอื้อต่อระบบเศรษฐกิจที่เข้าสู่โลกการค้าอย่างไร้พรมแดนหรือจะเรียกได้ว่าโลกาภิวัตน์ (Globalization) เนื่องจากในอดีตการติดต่อค้าขายสินค้านั้นจำเป็นต้องมีผู้ซื้อและผู้ขายที่อยู่ในพื้นที่หรือประเทศเดียวกันเพื่อความสะดวกต่อการแลกเปลี่ยนสินค้า แต่ในปัจจุบันโลกได้มีการพัฒนามากขึ้น ผู้คนสามารถซื้อขายสินค้าได้อย่างไร้ขอบเขต ไร้ข้อจำกัด สามารถแลกเปลี่ยนสินค้าหรือเงินตราข้ามทวีปได้อย่างรวดเร็วและปลอดภัย ประเทศต่างๆในทวีปเอเชียจึงได้มีการลงนามจัดตั้งประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (ASEAN Economic Community : AEC) ขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีตลาดและฐานการผลิตเดียวกัน โดยการสร้างความเป็นเสรีในการเคลื่อนย้ายสินค้า บริการ เงินทุน การลงทุน และแรงงานฝีมือระหว่างประเทศ[2] ในการวิเคราะห์สถิติลำดับความสำคัญประเทศคู่ค้า มูลค่าการนำเข้า-ส่งออก ของประเทศไทยในเดือนมกราคม ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ.2561 จากตารางข้างต้น จะเห็นว่าตลาดในภูมิภาคเอเชียติดอันดับ 8 ใน 10 ประเทศคู่ค้าการนำเข้า-ส่งออก ที่สำคัญของประเทศไทย[3]

ตารางที่ 1 สถิติลำดับความสำคัญประเทศคู่ค้า มูลค่าการนำเข้า-ส่งออก ของประเทศไทย

ประเทศ	2561/2018	%	ประเทศ	2561/2018	%
มูลค่าการค้าทั้งหมด	**9,220,079.20**	**100**	**มูลค่าการค้าทั้งหมด**	**9,220,079.20**	**100**
จีน	1,458,336.50	15.8	สิงคโปร์	307,310.70	3.3
ญี่ปุ่น	1,106,257.90	12	ออสเตรเลีย	298,422.50	3.2
สหรัฐอเมริกา	774,854.40	8.4	ฮ่องกง	294,182.60	3.2
มาเลเซีย	460,453.50	5	เกาหลีใต้	262,687.50	2.8
อินโดนีเซีย	341,908.40	3.7	ประเทศอื่น ๆ	3,589,518.00	38.9
เวียดนาม	326,147.20	3.5			

ตลาดหลักทรัพย์ในภูมิภาคเอเชียยังเป็นที่น่าจับตามองของนักลงทุน เพื่อเป็นการขยายตลาดและการกระจายความเสี่ยงในการลงทุน เนื่องจากเป็นประเทศที่มีอัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่องและเอื้อต่อการลงทุน การเปิดเสรีทางการเงินช่วยให้การเคลื่อนย้ายเงินทุนมีความยืดหยุ่นมากขึ้น เช่น การขยายเพดานในการนำเงินตราต่างประเทศเข้าและออกจากราชอาณาจักร เป็นต้น เพื่อให้การทำธุรกรรม[4]

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (SET) กับดัชนี Nikkei 225 ประเทศญี่ปุ่น ดัชนี Hang Seng ของฮ่องกง ดัชนี PSE ประเทศฟิลิปปินส์ ดัชนี KOSPI ประเทศเกาหลีใต้ ดัชนี Strait Time ประเทศสิงคโปร์ (STI) ดัชนี JKSE ประเทศอินโดนีเซีย และดัชนี KLSE ประเทศมาเลเซีย
2. เพื่อศึกษาว่าดัชนีตลาดหลักทรัพย์ใดเป็นสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อดัชนีตลาดหลักทรัพย์อื่น

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลราคาปิดรายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2551 ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ.2561 ของดัชนีตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย SET ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ Nikkei 225 ประเทศญี่ปุ่น ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ Hang Seng ของฮ่องกง ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ PSE ประเทศฟิลิปปินส์ ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ KOSPI ประเทศเกาหลีใต้ ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ Strait Time ประเทศสิงคโปร์ (STI) ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ JKSE ประเทศอินโดนีเซีย และดัชนีตลาดหลักทรัพย์ KLSE ประเทศมาเลเซียโดยรวบรวมจากฐานข้อมูล Bisnews

2. วิธีการศึกษา

2.1 ทดสอบความนิ่งของข้อมูล (Unit Root Test)

การทดสอบความนิ่งของข้อมูลเป็นการทดสอบข้อมูลอนุกรมเวลาว่ามีลักษณะนิ่งหรือไม่ อนุกรมเวลาที่มีความนิ่งที่ระดับ Level เรียกว่า Integated of Order 0 หรือเขียนว่า I(0) ส่วนอนุกรมเวลาที่มีความนิ่งหลังจากผ่านการทำผลต่าง (Difference) เรียกได้ว่า Integated of Order d หรือเขียนว่า I(d) , d >0 วิธีการทดสอบความนิ่งของข้อมูลสามารถทดสอบได้โดย Augmented Dickey-Fuller (ADF) ซึ่งสามารถเขียนสมมติฐานหลักและสมมติฐานรอง ได้ดังนี้

$H_0 : \gamma = 0$ (Non-Stationary)

$H_1 : \gamma < 0$ (Stationary)

หากผลการทดสอบสรุปว่า ไม่ปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 แสดงว่าอนุกรมเวลาที่ไม่มีความนิ่ง หรือมี Unit Root หากปฏิเสธ H_0 จะสรุปว่าอนุกรมเวลามีความนิ่ง[5]

2.2 ทดสอบดุลยภาพระยะยาวตามแนวคิดของ Johansen[6]

2.2.1 นำตัวแปรที่ทดสอบความนิ่งของข้อมูล มาพิจารณาความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว โดยทำการเลือกความล่าช้าที่เหมาะสม (lag) ของตัวแปร ในการศึกษานี้ได้ใช้ค่า Akaike information criterion (AIC) มาเป็นเกณฑ์ในการเลือกตัวแปรล่าที่เหมาะสมกับแบบจำลอง โดยมีสมการดังนี้

$$AIC = 2k - 2\ln(L)$$

โดยที่ L คือ ค่าที่มากที่สุดใน Likelihood Function ของการประมาณการแบบจำลอง

k คือ จำนวนค่าประมาณการสัมประสิทธิ์

แบบจำลองที่ให้ค่า AIC ต่ำที่สุดจะเป็นแบบจำลองที่มีการเลือกใช้ lag ได้อย่างเหมาะสมและสามารถประมาณค่าแบบจำลองได้อย่างถูกต้อง สาเหตุที่เลือกค่า AIC ต่ำที่สุดเนื่องจากมีความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมน้อย จำนวนข้อมูลในการประมาณค่ามาก อีกทั้งยังมีจำนวนตัวแปรและจำนวน lag น้อย

2.2.2 หาค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบหาจำนวนความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว (Cointegrating vector) ตามแนวคิดของ Johansen สามารถใช้ค่า Trace Test หรือ Maximum eigenvalue Test ดังสมการต่อไปนี้:

$$\lambda_{trace}(r) = -T\sum_{i=r+1}^{n}\ln\left(1-\hat{\lambda}_i\right)$$

$$\lambda_{\max}(r, r+1) = -T\ln\left(1-\hat{\lambda}_{i+1}\right)$$

โดยที่ T คือ จำนวนข้อมูลที่ใช้

n คือ จำนวนตัวแปรตาม

$\hat{\lambda}$ คือ Eigenvalue ที่คำนวณจากการประมาณการ Π เมตริกซ์

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ Trace Test คือ

H_0 : จำนวนเวกเตอร์ความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาวอย่างมากเท่ากับ r

H_1 : จำนวนเวกเตอร์ความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาวมากกว่า r

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ Maximum Eigenvalue Test คือ

H_0 : จำนวนเวกเตอร์ความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาวอย่างมากเท่ากับ r

H_1 : จำนวนเวกเตอร์ความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาวเท่ากับ r+1

การทดสอบโดยทั่วไปเริ่มจากการทดสอบว่า r=0 คือไม่มี Cointegrating Vector

- ถ้าไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก $\mathrm{H_0{:}r \le 0}$ ให้สิ้นสุดการทดสอบและสรุปผลว่าไม่มี Cointegrating Vector
- ถ้าปฏิเสธสมมติฐานหลัก $\mathrm{H_0{:}r \le 0}$ ได้ ให้ทำการทดสอบสมมติฐานต่อไปเรื่อยๆจนกว่าจะไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก และสรุปผลว่ามีจำนวน Cointegrating Vector เท่ากับ r แบบ

2.3 ทดสอบ Vector Error Correction Model (VECM) [6]

เมื่อทดสอบ Cointegration แล้วพบว่ามีความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว อาจทำให้ตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งหลุดออกจากดุลยภาพระยะยาว จึงต้องทำการทดสอบการปรับตัวระยะสั้นเพื่อพิจารณาความสมารถในการปรับตัวเข้าสู่ดุลยภาพระยะยาว

2.4 ทดสอบความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลตามแนวคิดของ Granger [6]

การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลตามแนวคิดของ Granger มีข้อสมมติว่าอนุกรมเวลาทุกตัวที่อยู่ในแบบจำลอง VAR จะต้องเป็น I(0) หากอนุกรมเวลาเป็น I(1) การทดสอบความสัมพันธ์จะแปลงจากแบบจำลอง VAR ให้เป็นแบบจำลอง VECM

แบบจำลอง VECM:

$$\Delta Y_t = \alpha_{11} + (\beta_{11} Y_{t-1} + \beta_{21} Z_{t-1}) + \gamma_{11,1}\Delta Y_{t-1} + \gamma_{12,1}\Delta Z_{t-1} + \gamma_{11,2}\Delta Y_{t-2} + \gamma_{12,2} Z_{t-2} + u_{1t} \quad (4.1)$$

$$\Delta Z_t = \alpha_{21} + (\beta_{11} Y_{t-1} + \beta_{21} Z_{t-1}) + \gamma_{21,1}\Delta Y_{t-1} + \gamma_{22,1}\Delta Z_{t-1} + \gamma_{21,2}\Delta Y_{t-2} + \gamma_{22,2} Z_{t-2} + u_{1t} \quad (4.2)$$

ในกรณีที่ Y_t และ Z_t มีความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพต่อกัน จะกล่าวได้ว่าระหว่างตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลตามแนวคิดของ Granger ในทิศทางใดทิศทางหนึ่งหรือทั้งสองทิศทาง

ในกรณีแบบจำลอง VECM เป็นดังสมการที่ 4.1 สามารถใช้ทดสอบว่าอนุกรมเวลา Z_t ไม่ใช่สาเหตุที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่ออนุกรมเวลา Y_t ตามแนวคิดของ Granger ในระยะสั้น โดยมีสมมติฐานดังนี้

$$H_0 : \gamma_{12,1} = \gamma_{12,2} = 0 \quad (4.3)$$

H_1 : มีค่าพารามิเตอร์อย่างน้อย 1 ตัว ไม่เป็นศูนย์

ในทำนองเดียวกันสามารถใช้สมการที่ 4.2 ทดสอบว่าอนุกรมเวลา Y_t ไม่ใช่สาเหตุที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่ออนุกรมเวลา Z_t ตามแนวคิดของ Granger ในระยะสั้น โดยมีสมมติฐานดังนี้

$$H_0 : \gamma_{21,1} = \gamma_{21,2} = 0 \quad (4.4)$$

H_1 : มีค่าพารามิเตอร์อย่างน้อย 1 ตัว ไม่เป็นศูนย์

ส่วนการทดสอบว่าอนุกรมเวลา Z_t เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่ออนุกรมเวลา Y_t ตามแนวคิดของ Granger ในระยะยาวหรือไม่ สามารถตั้งสมมติฐานดังนี้

$$H_0 : \alpha_{11} = 0$$

$$H_1 : \alpha_{11} \neq 0$$

ถ้าไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก $H_0:\alpha_{11}=0$ จะหมายถึงอนุกรมเวลา Y_t จะไม่ถูกกระทบจากอนุกรมเวลาอื่นๆ(ในที่นี้คืออนุกรมเวลา Z_t) ผ่านทางเวกเตอร์แสดงความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว หรือกล่าวได้ว่า Y_t คือตัวแปรภายนอกแบบไม่มีพลัง (Weakly Exogenous) หรืออนุกรมเวลา Z_t ไม่ใช่สาเหตุที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่ออนุกรมเวลา Y_t ตามแนวคิดของ Granger ในระยะยาว

ทำนองเดียวกันการทดสอบอนุกรมเวลา Y_t เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่ออนุกรมเวลา Z_t ตามแนวคิดของ Granger ในระยะยาวหรือไม่ สามารถตั้งสมมติฐานดังนี้

$$H_0:\alpha_{21}=0$$
$$H_1:\alpha_{21}\neq 0$$

ถ้าไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก $H_0:\alpha_{21}=0$ จะหมายถึงอนุกรมเวลา Z_t จะไม่ถูกกระทบจากอนุกรมเวลาอื่นๆ(ในที่นี้คืออนุกรมเวลา Y_t) ผ่านทางเวกเตอร์แสดงความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว หรือกล่าวได้ว่า Z_t คือตัวแปรภายนอกแบบไม่มีพลัง (Weakly Exogenous) หรืออนุกรมเวลา Y_t ไม่ใช่สาเหตุที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่ออนุกรมเวลา Z_t ตามแนวคิดของ Granger ในระยะยาว

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลทดสอบความนิ่งของข้อมูล (Unit Root Test)

จากการทดสอบความนิ่งของข้อมูลด้วยวิธี ADF test ดังตารางข้างต้น พบว่าดัชนีทั้ง 8 ดัชนี ไม่มีความนิ่งที่ระดับ Level และจะมีความนิ่งเมื่อผ่านการทำผลต่างระดับที่ 1 จึงนำข้อมูลชุดนี้ไปทดสอบความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพในระยะยาว (Cointegration) ตามแนวคิดของ Johansen ต่อไป

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความนิ่งของข้อมูลด้วยวิธี ADF test

ดัชนี	SET	JKSE	KLSE	KOSOI	NIKKEI	PSE	Hang Seng	STI
Level								
ADF test	-0.6921	-0.4824	-0.8374	-1.6351	0.0556	-0.5846	-1.7364	-2.0936
P-value	0.8440	0.8898	0.8047	0.4617	0.9610	0.8689	0.4106	0.2477

ดัชนี	SET	JKSE	KLSE	KOSOI	NIKKEI	PSE	Hang Seng	STI
1st Differences								
ADF test	-9.6061	-9.1283	-9.6707	-5.8320	-9.6613	-10.0391	-10.5190	-10.0391
P-value	0.0000***	0.0000***	0.0000***	0.0000***	0.0000***	0.0000***	0.0000***	0.0000***

หมายเหตุ * ** *** หมายถึงมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 90% 95% 99% ตามลำดับ

2. ผลการทดสอบ Cointegration ตามแนวคิดของ Johansen

เพื่อทดสอบว่าทั้ง 8 ดัชนี มีความสัมพันธ์ในเชิงดุลยภาพระยะยาวหรือไม่ โดยทำการหาความยาวของ lag ที่เหมาะสมของตัวแปร ด้วยวิธี Akaike information criterion (AIC) โดยจะพิจารณาค่า AIC ที่มีค่าน้อยที่สุด พบว่าจำนวน lag ที่เหมาะสมสำหรับการพิจารณา คือ lag ที่ 3 เนื่องจากมีค่า AIC ต่ำที่สุด คือ 100.8067

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบความสัมพันธ์ในเชิงดุลยภาพระยะยาว

Hypothesized No. of CE(s)	Trace Statistic	0.01 Critical Value	Max-Eigen Statistic	0.01 Critical Value
r = 0	187.2527	171.0905*	54.7583	58.6689
r ≤ 1	132.4944	135.9732	42.0032	52.3082
r ≤ 2	90.49113	104.9615	26.8745	45.8690

หมายเหตุ * ** *** หมายถึงมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 90% 95% 99% ตามลำดับ

ผลการทดสอบความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาวของตัวแปรทั้ง 8 ดัชนี พบว่าค่าสถิติ λ_{trace} ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 187.2527 มากกว่าค่าวิกฤตที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 1 มีค่าเท่ากับ 171.0905 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐานหลักที่ r = 0 จึงทำการทดสอบจนกระทั่งพบว่าค่าสถิติที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 132.4944 น้อยกว่าค่าวิกฤตที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 1 มีค่าเท่ากับ 135.9732 แสดงว่ายอมรับสมมติฐานหลักที่ $r \leq 1$

ผลการทดสอบความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว $\lambda_{\max}$ พบว่าค่าสถิติที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 54.75836 ซึ่งน้อยกว่าค่าวิกฤตที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 1 มีค่าเท่ากับ 58.66895 ทำให้ยอมรับสมมติฐานหลัก r = 0 แสดงว่าไม่พบความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาวของตัวแปรทั้ง 8 ดัชนี ที่ระดับระดับนัยสำคัญร้อยละ 1 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าตัวแปรทั้ง 8 ดัชนี มีความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาวเท่ากับ 1 รูปแบบ

การประมาณเวกเตอร์ที่ 1:

$$SET_{t-1} = 652.1122 + 0.2689JKSE_{t-1} + 1.5187KLSE_{t-1} - 1.6498KOSPI_{t-1} - 0.1692NIKKEI_{t-1}$$
$$+0.2610PSE_{t-1} + 0.2728HANK\_SENK_{t-1} - 1.6532STI_{t-1}$$

เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอื่นๆคงที่ ดัชนีตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (SET) จะมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับดัชนี JKSE ดัชนี KLSE ดัชนี Hang Seng และ ดัชนี PSE แต่จะมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับดัชนี KOSPI ดัชนี Nikkei 225 และดัชนี Strait Time

3. ทดสอบความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลตามแนวคิดของ Granger

เป็นการอธิบายความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลของตัวแปรแต่ละคู่ ซึ่งเป็นตัวช่วยในการพยากรณ์และสามารถบอกได้ว่าตัวแปรใดเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดความเปลี่ยนแปลงในตัวแปรอื่น ต่างเป็นเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้วยกันทั้งคู่ หรือตัวแปรทั้งสองตัวเป็นอิสระต่อกัน โดยแสดงผลการทดสอบได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลตามแนวคิดของ Granger

ตัวแปรที่เป็นสาเหตุก่อให้เกิดผลกระทบ	ตัวแปรที่ถูกผลกระทบ
ดัชนีตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย SET	ดัชนี JKSE ดัชนี KLSE ดัชนี KOSPI ดัชนี PSE ดัชนี STI
ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ประเทศมาเลเซีย KLSE	ดัชนี KOSPI ดัชนี NIKKEI ดัชนี SET
ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ประเทศเกาหลีใต้ KOSPI	ดัชนี PSE ดัชนี NIKKEI ดัชนี STI
ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ฮ่องกง HANG SENG	ดัชนี JKSE ดัชนี KLSE ดัชนี KOSPI ดัชนี PSE ดัชนี STI
ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ประเทศฟิลิปปินส์ PSE	ดัชนี STI
ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ประเทศญี่ปุ่น NIKKEI	ดัชนี STI ดัชนี SET

สรุป

1. สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาพบว่าดัชนีทั้ง 8 ดัชนี ได้แก่ ดัชนีตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย SET ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ Nikkei 225 ประเทศญี่ปุ่น ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ Hang Seng ของฮ่องกง ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ PSE ประเทศฟิลิปปินส์ ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ KOSPI ประเทศเกาหลีใต้ ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ Strait Time ประเทศสิงคโปร์(STI) ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ JKSE ประเทศอินโดนีเซีย และดัชนีตลาดหลักทรัพย์ KLSE ประเทศมาเลเซีย มี Integated of Order = I(1) ทุกดัชนี หรือกล่าวได้ว่าทุกดัชนีไม่มีความนิ่ง เมื่อทำการทดสอบความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาวตามแนวคิดของ Johansen พบว่าดัชนีทั้ง 8 ดัชนี มีความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว 1 เวกเตอร์ ดังนี้

ความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาวของดัชนีตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (SET) มีความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาวในทิศทางเดียวกันกับดัชนีตลาดหลักทรัพย์ JKSE ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ KLSE ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ Hang Seng และดัชนีตลาดหลักทรัพย์ PSE และมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับดัชนีตลาดหลักทรัพย์ KOSPI ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ Nikkei 225 และดัชนีตลาดหลักทรัพย์ Strait time

การทดสอบความเร็วในการปรับตัวระยะสั้นเพื่อให้กลับเข้าสู้ดุลยภาพระยะยาว พบว่าหากมีตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งในเวกเตอร์เบี่ยงเบนออกจากความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาวดัชนีตลาดหลักทรัพย์ JKSE ประเทศอินโดนีเซีย และดัชนีตลาดหลักทรัพย์ PSE ประเทศฟิลิปปินส์ จะมีการปรับตัวเพิ่มขึ้นเพื่อเข้าสู่ดุลยภาพระยะยาว ดัชนีตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ Nikkei 225 ประเทศญี่ปุ่น และดัชนีตลาดหลักทรัพย์ Strait Time ประเทศสิงคโปร์(STI) จะมีการปรับตัวลดลงเพื่อเข้าสู่ดุลยภาพระยะยาว ส่วนดัชนีตลาดหลักทรัพย์ Hang Seng ของฮ่องกง ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ KOSPI ประเทศเกาหลีใต้ และดัชนี KLSE ประเทศมาเลเซีย ไม่มีการปรับตัวใดๆเพื่อเข้าสู่ดุลยภาพระยะยาว และดัชนีที่มีการปรับตัวเพิ่มขึ้นเพื่อเข้าสู่ดุลยภาพระยะยาวเร็วที่สุดคือดัชนี JKSE ในขณะที่ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ Nikkei 225 มีการปรับตัวลดลงเข้าสู่ดุลยภาพระยะยาวเร็วที่สุด

ผลการทดสอบความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลตามแนวคิดของ Granger Causality พบว่าดัชนีตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย SET และดัชนีตลาดหลักทรัพย์ฮ่องกง HANG SENG เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อดัชนีตลาดหลักทรัพย์ JKSE ประเทศอินโดนีเซีย ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ KLSE ประเทศมาเลเซีย ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ KOSPI ประเทศเกาหลีใต้ ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ PSE ประเทศฟิลิปปินส์ ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ STI ประเทศสิงคโปร์

ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ประเทศมาเลเซีย KLSE เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อดัชนีตลาดหลักทรัพย์ KOSPI ประเทศเกาหลีใต้ ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ NIKKEI 225 ประเทศญี่ปุ่น และดัชนีตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย SET

ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ประเทศเกาหลีใต้ KOSPI เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อดัชนีตลาดหลักทรัพย์ PSE ประเทศฟิลิปปินส์ ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ NIKKEI 225 ประเทศญี่ปุ่น และดัชนีตลาดหลักทรัพย์ STI ประเทศสิงคโปร์

ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ประเทศฟิลิปปินส์ PSE เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อดัชนีตลาดหลักทรัพย์ STI ประเทศสิงคโปร์

ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ประเทศญี่ปุ่น NIKKEI 225 เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อดัชนีตลาดหลักทรัพย์ STI ประเทศสิงคโปร์ และดัชนีตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย SET

2. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การศึกษาในครั้งนี้จะเป็นประโยชน์แก่นักลงทุนที่จะนำข้อมูลจากดัชนีตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยซึ่งมีความสัมพันธ์กับดัชนีตลาดหลักทรัพย์ในเอเชียเพื่อมาวิเคราะห์และประกอบการตัดสินใจในการลงทุนหรือปรับเปลี่ยนกลยุทธ์การลงทุนให้มีความเหมาะสมกับแนวโน้มการเคลื่อนไหวของตลาดในปัจจุบันมากยิ่งขึ้น

3. ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยกับดัชนีหุ้นตลาดหลักทรัพย์ในเอเชียครั้งนี้ได้เก็บรวมรวมข้อมูลของดัชนีตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย SET ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ Nikkei 225 ประเทศญี่ปุ่น ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ Hang Seng ของฮ่องกง ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ PSE ประเทศฟิลิปปินส์ ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ KOSPI ประเทศเกาหลีใต้ ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ Strait Time ประเทศสิงคโปร์(STI) ดัชนีตลาดหลักทรัพย์ JKSE ประเทศอินโดนีเซีย และดัชนีตลาดหลักทรัพย์ KLSE ประเทศมาเลเซีย โดยทำการใช้ข้อมูลทุติยภูมิรายเดือนเท่านั้น หากมีการใช้ข้อมูลปิดรายวัน ข้อมูลปิดรายไตรมาศหรือข้อมูลปิดรายสัปดาห์ และขยายช่วงระยะเวลาในการศึกษาเพิ่มมากขึ้น หรือมีการปรับเปลี่ยนตัวแปรมาใช้ในการศึกษาครั้งต่อไปอาจทำให้ผลที่ได้จากการศึกษามีความละเอียดและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากบุคคลหลายท่าน ขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร.ภูมิฐาน รังคกูลนุวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำปรึกษาแนะนำในการศึกษาค้นคว้าอิสระ การตรวจทานเนื้อหาตลอดการค้นคว้าจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณนางสาว มณฑิรา กำจร ที่เสียสระเวลาอันมีค่าในการหาข้อมูลเพื่อใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ขอบพระคุณ คุณกาญจนา เกรียงไกรสิริกุล ที่ช่วยเหลืออำนวยความสะดวก ทั้งการประสานงานด้านต่างๆ ระหว่างนักศึกษากับคณาจารย์ ผู้ศึกษาต้องขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาของผู้ศึกษาที่ได้อบรมสั่งสอนให้มีความคิดความอ่าน ให้คำปรึกษา ให้โอกาส และให้การสนับสนุนการศึกษาต่อระดับปริญญาโท ซึ่งทำให้เกิดความพยายามในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จนสำเร็จ อีกทั้งต้องขอขอบพระคุณ เพื่อนและรุ่นพี่ ที่ให้ความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาจนจบการศึกษา ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณทุกท่านด้วยความเคารพรักอย่างสูงอีกครั้ง ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

1. ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย. สรุปสถิติสำคัญของตลาดหลักทรัพย์. [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 25 ก.ค. 2561]. เข้าถึงได้จาก: https://www.set.or.th/th/market/market_statistics.html
2. อภิญญา ภู่นิเทศ. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระยะยาวระหว่างตลาดหลักทรัพย์จากการเชื่อมโยงตลาดทุนอาเซียนหลังการรวมตัว. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครอาจารย์ ดร.เฉลิมพล จตุพร; 2557.
3. Thailand Trading Report. มูลค่าการค้า/ดุลการค้าระหว่างประเทศ [อินเทอร์เน็ต]. 2561; [เข้าถึงเมื่อ 8 ส.ค. 2561]. เข้าถึงได้จาก: http://www2.ops3.moc.go.th/
4. โครงการศึกษาความเป็นไปได้ในการจัดทำเขตการค้าเสรีในภูมิภาคเอเชีย-แปซิฟิค และผลกระทบต่อไทย. สถานการณ์การค้า ระหว่างประเทศในภูมิภาคเอเชีย-แปซิฟิค. [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 10 ส.ค. 2561]. เข้าถึงได้จาก : http://www.thaifta.com
5. นายอัครพงศ์ อั้นทอง. คู่มือการใช้โปรแกรม EViews เพื่อการวิเคราะห์ Unit Root,Cointegration และ Error Correction Model (ตามวิธีการของ Engle and Granger). เชียงใหม่. สถาบันวิจัยสังคมมหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2546.
6. ภูมิฐาน รังคกูลนุวัฒน์. การวิเคราะห์อนุกรมเวลาสำหรับเศรษฐศาสตร์และธุรกิจ. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงการณ์มหาวิทยาลัย; 2556.

[AS-O06] การวิเคราะห์ราคายางพาราในตลาดปัจจุบันและตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าแห่งประเทศไทย

Analysis of Rubber Price in Cash Markets and Futures Market of Thailand

ชัยวัฒน์ โฆษภัทรพิมพ์*
Chaiwat Kosapattarapim*
สาขาวิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: kchaiwat_k@hotmail.com*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเคลื่อนไหวของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพในระยะยาว และความสัมพันธ์เชิงเป็นเหตุเป็นผลของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ทั้งในตลาดปัจจุบันและในตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้า ใช้ข้อมูลย้อนหลังของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ในตลาดปัจจุบัน (ตลาดกลางนครศรีธรรมราช และสงขลา) และตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าแห่งประเทศไทย สถิติที่ใช้ในงานวิจัยคือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัมประสิทธิ์ความแปรผัน ความเบ้ ความโด่ง ตัวสถิติ Jarque-Bera จากนั้นทดสอบความนิ่ง (Unit Root Test) เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปศึกษาการร่วมกันไปด้วยกัน หรือ cointegration และทดสอบหาความสัมพันธ์เชิงเป็นเหตุเป็นผล (Granger Causality) ผลการศึกษา พบว่าราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ในตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าและตลาดปัจจุบันทั้ง 2 แห่งไม่แตกต่างกันมากนัก โดยตลาดกลางนครศรีธรรมราชให้ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันมากที่สุด ผลการศึกษาการร่วมกันไปด้วยกันพบว่า ความเคลื่อนไหวของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ของตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าและตลาดปัจจุบันทั้ง 2 แห่งมีความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพในระยะยาวระหว่างกัน นั่นคือราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ของตลาดทั้ง 3 แห่งมีแนวโน้มความเคลื่อนไหวเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ในตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ในตลาดกลางนครศรีธรรมราช แต่ไม่ได้เป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงของราคาในตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้า กล่าวคือมีความสัมพันธ์เชิงเป็นเหตุเป็นผลในทิศทางเดียว ส่วนราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ในตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้ากับ ตลาดกลางสงขลา พบว่าไม่มีความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพในระยะยาวระหว่างกัน

คำสำคัญ: *อัตราผลตอบแทน, การร่วมกันไปด้วยกัน, ความสัมพันธ์เชิงเป็นเหตุเป็นผล, ตลาดปัจจุบัน, ตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้า*

Abstract

The purpose of this research was to examine the cointegration relationship and Granger causality of rubber ribbed smoked sheet price between cash markets and futures market of Thailand. Daily data from January 2015 to July 2016 were used. Results were found that the price of rubber ribbed smoked sheet from cash market in Nakorn Sri Thamaraj provides highest C.V. which meaning that the price has the most volatility of returns. Results of cointegration test showed that the price of rubber ribbed smoked sheet in futures market of Thailand and cash market from 2 places (central market office at Nakorn Sri Thamaraj and Songkhla) are cointegrated which indicating there are comovement among them. However, results of cointegration also showed that the price of rubber ribbed smoked sheet are cointegrated between futures market of Thailand and cash market in Nakorn Sri Thamaraj but not conintegrated between futures market of Thailand and cash market in Songkhla respectively. Using Granger Causality model, it reveals that the rubber price of futures market of Thailand does granger cause the price of cash market in Nakorn Sri Thamaraj but does not granger cause in the opposite way.

Keywords: *returns, cointegration test, granger causality, cash markets, futures market*

บทนำ

ตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้า (Commodity Futures Exchange) เป็นตลาดรูปแบบใหม่ที่เกิดขึ้นในประเทศไทยเมื่อไม่นานมานี้ แต่สำหรับในต่างประเทศนั้นได้ถูกพัฒนามาเป็นเวลานานแล้ว โดยตลาดซื้อขายสินค้าเกษตรล่วงหน้ามีวิวัฒนาการมาจากตลาดหอการค้าแห่งนครชิคาโก หรือ Chicago Board of Trade (CBOT) ซึ่งถือกำเนิดจากความร่วมมือกันของกลุ่มพ่อค้าในนครชิคาโก โดยสินค้าชนิดแรกที่มีการซื้อขายโดยการนำมาทำเป็นบัญชีซื้อขายคือ ข้าวโพด ซึ่งได้ถูกยกให้เป็นแม่แบบของการซื้อขายสินค้าเกษตรในตลาดต่าง ๆ ทั่วโลกในเวลาต่อมา โดยในปัจจุบันตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าถูกก่อตั้งและดำเนินการอยู่ในประเทศต่าง ๆ มากมาย เช่น ตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าในอังกฤษ คือ London International Financial Futures and Options Exchange (LIFFE) ตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าในญี่ปุ่น หรือ Tokyo Commodity Exchange (TOCOM) ตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าในสิงคโปร์ หรือ Singapore Commodity Exchange (SICOM) และตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าในจีน หรือ Shanghai Futures Exchange (SHFE) เป็นต้น

สำหรับประเทศไทยได้มีความพยายามในการจัดตั้งตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าในไทยซึ่งใช้เวลาในการจัดตั้งนานอย่างยิ่ง โดยถูกจัดตั้งขึ้นเมื่อวันที่ 20 กันยายน พ.ศ. 2544 โดยในช่วงแรก นั้น ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากเงินกองทุนรวมเพื่อช่วยเหลือเกษตรกร โดยเริ่มเปิดซื้อขายล่วงหน้าเมื่อวันที่ 28 พฤษภาคม พ.ศ. 2547 (http://www.afet.or.th/2013/th/about-us/index.php)[1] ซึ่งสินค้าเกษตรที่เปิดซื้อขายล่วงหน้าได้แก่ ยางแผ่นรมควันชั้น 3 ข้าวหอมมะลิ มันสำปะหลังเส้น สับปะรดกระป๋อง เป็นต้น

ตลาดซื้อขายสินค้าเกษตรล่วงหน้ามีบทบาทที่สำคัญต่อการกำหนดราคาพืชผลทางการเกษตรอย่างมากโดยมีจุดเริ่มต้นมาจากปัญหาภาคเกษตรโดยเฉพาะในแง่ของปัญหาด้านราคาสินค้าเกษตรที่มักจะขึ้นอยู่กับสภาพดินฟ้าอากาศค่อนข้างมาก กล่าวคือ หากปีใดดินฟ้าอากาศดี ผลผลิตการเกษตรจะมีปริมาณมาก ซึ่งส่งผลให้ราคาสินค้าเกษตรตกต่ำ แต่หากปีใดสินค้าเกษตรมีปริมาณน้อย ราคาสินค้าก็จะสูง ซึ่งปัญหาเหล่านี้ส่งผลโดยตรงต่อเกษตรกร รวมถึงผู้ที่เกี่ยวข้องด้วยเช่น ผู้ประกอบการโรงงานสินค้าเกษตร ผู้ส่งออกสินค้าเกษตร ตลอดจนนักลงทุนที่เข้ามาเก็งกำไรในราคาสินค้าเกษตร ดังนั้นตลาดซื้อขายสินค้าเกษตรล่วงหน้าจึงถือว่าเป็นกลไกสำคัญให้แก่ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการขึ้นลงของราคาสินค้าเกษตร เพื่อให้ได้รับประโยชน์ในการบริหารจัดการความเสี่ยงจากความผันผวนของราคาสินค้าเกษตร รวมถึงเป็นเครื่องชี้แนวโน้มของราคาสินค้าเกษตรในอนาคตอีกด้วย

ชัยพัฒน์ สหัสกุล (2547)[2] อธิบายว่า การซื้อขายสินค้าเกษตรล่วงหน้า (Futures Market) นั้นจะแตกต่างจากการซื้อขายสินค้าจริง (Cash Market) โดยในตลาดซื้อขายล่วงหน้าเป็นการซื้อขายสัญญาล่วงหน้ากัน ผู้ซื้อไม่ต้องการที่จะได้สินค้านั้นจริง ๆ แต่ตลาดล่วงหน้าเป็นเพียงกลไกที่ใช้ในการบริหารความเสี่ยงของผู้ที่มีความเกี่ยวพันกับสินค้าชนิดนั้น ๆ ซึ่งสามารถลดความเสี่ยงอันเนื่องมาจากความผันผวนของราคาสินค้านั้น ๆ ได้ เช่น เกษตรกรสามารถป้องกันความเสี่ยงจากราคาสินค้าเกษตรตกต่ำ หรือโรงงานผลิตสินค้าที่ใช้วัตถุดิบทางการเกษตร สามารถใช้ตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าเพื่อป้องกันต้นทุนของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตสินค้าได้ เป็นต้น อย่างไรก็ตามสินค้าทางการเกษตรจัดเป็นสินค้าตามฤดูกาล ดังนั้น ราคาในสินค้าใน Futures market ซึ่งเป็นราคาในอนาคต ก็อาจจะมีราคาที่ต่ำกว่าราคาใน Cash Market ได้ ซึ่ง Robert (1994) ได้กล่าวไว้ว่า ราคาสินค้าในตลาดล่วงหน้าจะสะท้อนถึงการคาดหมายในขณะนั้นของราคาสินค้าในตลาดปัจจุบันในอนาคต ซึ่งราคาคาดการณ์ในอนาคตมาจากการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกิดขึ้นในอดีต และ/หรือ ข้อมูลในปัจจุบัน

จากสถานการณ์การซื้อขายยางพาราตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน พบว่า ราคายางพาราในประเทศถูกชี้นำจากราคายางพาราในตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าทั้งของประเทศไทย (AFET) และตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าในต่างประเทศ ตลาดล่วงหน้าโตเกียว (TOCOM) ของญี่ปุ่น ตลาดล่วงหน้าของสิงคโปร์ (SICOM) และตลาดเซี่ยงไฮ้ของจีน (SHFE) ซึ่งทุกตลาดเป็นตลาดเก็งกำไร (www.yangplam.com) และเพื่อเป็นการสร้างกลไกราคาที่สะท้อนภาวะตลาดที่แท้จริง และเพื่อเป็นการเพิ่มความเข้มแข็งในกับตลาดยางของประเทศ ที่ประชุมสภาไตรภาคียางระหว่างประเทศ (International Tripartite Rubber Council) จึงมีความเห็นชอบให้จัดตั้งตลาดกลางยางพาราระดับภูมิภาคขึ้น โดยได้เปิดดำเนินการในวันที่ 2 กันยายน 2559 ซึ่งสามารถใช้อ้างอิงการซื้อขายยางพาราในระดับสากล ทดแทนตลาดล่วงหน้าต่างประเทศและสร้างเสถียรภาพด้านราคายางได้

ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงสนใจศึกษาราคายางแผ่นดิบรมควันชั้น 3 (Natural Rubber Ribbed Smoked Sheet 3 หรือ RSS3) ในตลาดปัจจุบัน (ตลาดจริง) และตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าของประเทศไทยว่ามีทิศทางความเคลื่อนไหวไปในทิศทางที่สัมพันธ์หรือไม่ โดยศึกษาราคายางพาราในตลาดปัจจุบันหรือตลาดซื้อขายจริงซึ่งมี 2 แห่งได้แก่ ตลาดกลางท่าเรือกรุงเทพ และตลาดกลางสงขลา เปรียบเทียบกับตลาดซื้อขายสินค้าเกษตรล่วงหน้าแห่งประเทศไทย ว่าราคาสินค้าในตลาดล่วงหน้าสะท้อนถึงราคายางแผ่นดิบรมควันชั้น 3 ในตลาดปัจจุบันหรือตลาดจริงอย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความเคลื่อนไหวของราคายางพาราทั้งในตลาดปัจจุบันและราคายางพาราในตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าแห่งประเทศไทย
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพในระยะยาวของราคายางพาราทั้งในตลาดปัจจุบันและตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าแห่งประเทศไทย
3. เพื่อศึกษาทิศทางความสัมพันธ์เชิงเป็นเหตุเป็นผลระหว่างราคายางพาราทั้งในตลาดปัจจุบันและตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าแห่งประเทศไทย

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ กำหนดขั้นตอน แนวคิดโดยทำการศึกษาราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 (RSS3) ในตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าแห่งประเทศไทยเทียบกับตลาดปัจจุบัน 2 แห่งได้แก่ ตลาดกลางนครศรีธรรมราช และตลาดกลางสงขลา โดยเก็บรวบรวมจากราคายุติสุดท้าย หรือราคาปิดรายวัน จากนั้นทำการทดสอบความนิ่งของข้อมูล (Unit Root Test) ด้วยวิธี Augmented Dickey-Fuller (ADF) หากพบว่าข้อมูลมีความนิ่ง จึงทำการทดสอบการร่วมกันไปด้วยกัน (Cointegration Test) หรือเรียกว่า การหาความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว ซึ่งเป็นการทดสอบความสอดคล้องของข้อมูลอนุกรมเวลาตั้งแต่ 2 ชุดขึ้นไปว่า มีทิศทางการเคลื่อนไหวที่สอดคล้องกันหรือไม่ หากพบว่ามีความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพในระยะยาว จึงนำมาทดสอบความสัมพันธ์เชิงเป็นเหตุเป็นผลของ Granger (1969)[3] หรือการวิเคราะห์ Granger Causality Test ต่อไป เพื่อหาความสัมพันธ์ว่าตัวแปรตัวนั้นเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงของอีกตัวแปรหนึ่งหรือไม่ ตามขั้นตอนดังนี้

1. ข้อมูลที่ใช้และวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ข้อมูลย้อนหลังของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ซึ่งเป็นราคาซื้อขายล่วงหน้าในตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าแห่งประเทศไทย (http://www.afet.or.th) และเก็บข้อมูลย้อนหลังของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ของราคาจากตลาดจริง 2 แห่ง ได้แก่ ตลาดกลางนครศรีธรรมราชและตลาดกลางสงขลา จากเว็บไซต์สถาบันวิจัยยาง การยางแห่งประเทศไทย (www.rubberthai.com) โดยเก็บข้อมูลเป็นรายวัน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2558 ถึง เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2559 รวมทั้งสิ้น 19 เดือน

2. การกำหนดค่าตัวแปรและการวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากที่เก็บรวบรวมและตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูลแล้ว นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป มีขั้นตอนการวิเคราะห์ ดังต่อไปนี้:

ขั้นที่ 1 การปรับข้อมูล

นำข้อมูลมาคำนวณให้อยู่ในรูปของ ลอการิทึม (Logarithm) ดังนี้

$$RRSS3_t = \ln\left(\frac{PRSS3_t}{PRSS3_{t-1}}\right) \quad (1)$$

โดยที่ $PRSS3_t$ คือ ราคาปิดของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ณ เวลาปัจจุบันของตลาดสินค้าล่วงหน้าแห่งประเทศไทย

$PRSS3_{t-1}$ คือ ราคาปิดของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ณ เวลาก่อนหน้าของตลาดสินค้าล่วงหน้าแห่งประเทศไทย

$RRSS3_t$ คือ อัตราผลตอบแทน (Return) ของราคายางแผ่นรมควัน ณ เวลาปัจจุบัน ของตลาดสินค้าล่วงหน้าแห่งประเทศไทย ในทำนองเดียวกัน $RRSS3\_S_t$ และ $RRSS3\_Y_t$ คืออัตราผลตอบแทนของราคายางแผ่นรมควัน ณ เวลาปัจจุบันของตลาดซื้อขายจริง ได้แก่ ตลาดกลางนครศรีธรรมราช และ ตลาดกลางหาดใหญ่ ตามลำดับ

ขั้นที่ 2 การทดสอบยูนิทรูท (Unit Root Test)

เนื่องจากข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลอนุกรมเวลาซึ่งอาจจะมีลักษณะที่นิ่ง (Stationary) หรือไม่นิ่ง (Non-Stationary) ดังนั้นจึงต้องทำการทดสอบความนิ่งก่อนโดยการทดสอบยูนิทรูทด้วยวิธี Augmented Dickey-Fuller Test (ADF) เสนอโดย Dickey and Fuller (1979)[4] ได้สมการดังนี้

$$\Delta RRSS3_t = \alpha_1 + \beta_1 t + \theta_1 RRSS3_{t-1} + \delta_1 \Delta RRSS3_{t-1} + e_{1t} \quad (2)$$

$$\Delta RRSS3\_S_t = \alpha_2 + \beta_2 t + \theta_2 RRSS3\_S_{t-1} + \delta_2 \Delta RRSS3\_S_{t-1} + e_{2t} \quad (3)$$

$$\Delta RRSS3\_Y_t = \alpha_3 + \beta_2 t + \theta_3 RRSS3\_Y_{t-1} + \delta_3 \Delta RRSS3\_Y_{t-1} + e_{3t} \quad (4)$$

โดยที่ $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \theta_1, \theta_2, \theta_3, \delta_1, \delta_2, \delta_3$ คือ ค่าพารามิเตอร์

e_{1t}, e_{2t}, e_{3t} คือ ค่าคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม และ t คือ ค่าแนวโน้ม

ขั้นที่ 3 การทดสอบความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว (Co-integration Test)

เมื่อได้ข้อมูลที่มีลักษณะเป็น Stationary จึงทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาวระหว่างข้อมูลราคายางพาราทั้ง 3 แห่งโดยใช้ ตัวแบบจำลอง Error Correction Model (ECM) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. ทดสอบตัวแปรในแบบจำลองว่ามีลักษณะเป็น Stationary หรือไม่โดยใช้วิธี ADF ดังกล่าวข้างต้น
2. ประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของสมการด้วยวิธีการประมาณสมการถดถอยด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinary Least Square: OLS)
3. นำค่าส่วนเหลือ (Residuals) ที่ได้จากข้อ 2 มาทดสอบว่ามีลักษณะนิ่งหรือไม่โดยใช้วิธี ADF Test โดยไม่ต้องใส่ค่าคงที่และแนวโน้มของเวลา ถ้าResiduals มีความนิ่งแสดงว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กัน
4. วิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยใช้ตัวแบบ Error Correction Model มีรูปแบบดังนี้

$$\Delta RRSS3_t = \omega_1 RRSS3\_S_{t-1} + \rho_1 (RRSS3_{t-1} - \gamma_1 RRSS3\_S_{t-1}) + u_{1t} \quad (5)$$

$$\Delta RRSS3\_S_t = \omega_2 RRSS3\_Y_{t-1} + \rho_2 (RRSS3\_S_{t-1} - \gamma_2 RRSS3\_Y_{t-1}) + u_{2t} \quad (6)$$

$$\Delta RRSS3\_Y_t = \omega_3 RRSS3_{t-1} + \rho_3 (RRSS3\_Y_{t-1} - \gamma_3 RRSS3_{t-1}) + u_{3t} \quad (7)$$

โดยที่ $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \rho_1, \rho_2, \rho_3, \gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ คือ พารามิเตอร์ u_{1t}, u_{2t}, u_{3t} คือ ค่าคลาดเคลื่อนของตัวแปรสุ่ม

ขั้นที่ 4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเป็นเหตุเป็นผล (Granger Causality)

ทำการทดสอบว่า ราคายางพาราในตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้ากับตลาดซื้อขายสินค้าจริงทั้ง 2 แห่งมีความสัมพันธ์กันเชิงเป็นเหตุเป็นผล (Granger Causality) หรือไม่ ซึ่งมีความสัมพันธ์ทั้งรูปแบบทิศทางเดียว (Unidirectional Causality) หรือ มีความสัมพันธ์ในรูปแบบสองทิศทาง (Bidirectional Causality)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่ออัตราผลตอบแทนของราคาสินค้าเกษตรล่วงหน้า และหาความสัมพันธ์ของราคาสินค้าเกษตรในตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าแห่งประเทศไทย แบ่งการศึกษาเพื่อเสนอผลการวิจัยเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนาของอัตราผลตอบแทนรายวันของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ในตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าและตลาดจริง

ตารางที่ 1 ข้อมูลสถิติเชิงพรรณนาของอัตราผลตอบแทนรายวัน ของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ตลาด สินค้าล่วงหน้า และตลาดปัจจุบัน 2 แห่ง

ค่าสถิติ	ตลาดสินค้าล่วงหน้า	ตลาดกลาง นครศรีธรรมราช	ตลาดกลาง สงขลา
ค่าเฉลี่ย	0.000136	0.000100	0.000120
ค่าสูงสุด	0.066568	0.078655	0.078825
ค่าต่ำสุด	-0.098904	-0.225919	-0.225919
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.018743	0.019279	0.019356
สัมประสิทธิ์ความแปรผัน	137.81617	192.7900	161.3000
ความเบ้	-0.239358	-4.056895	-4.077103
ความโด่ง	5.440323	53.47237	53.36886
Jarque-Bera	96.11503	40614.94	40029.02
Probability	0.000000	0.000000	0.000000

จากผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเชิงพรรณนาของสัญญาซื้อขายสินค้ายางแผ่นรมควันชั้น 3 ในตารางที่ 1 พบว่า สัญญาซื้อขายของยางแผ่นรมควันชั้น 3 ในตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าและตลาดปัจจุบันทั้ง 2 แห่งไม่แตกต่างกันมากนัก คือมีค่าเฉลี่ยเข้าใกล้ศูนย์ โดยค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (Coefficient of Variation) ซึ่งแสดงถึงความผันผวนของราคาราคายางแผ่นรมควันในตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าและตลาดปัจจุบันทั้ง 2 แห่งนั้น จะเห็นได้ว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันในตลาดกลางนครศรีธรรมราชให้ค่ามากที่สุด

จากการทดสอบค่าสถิติ Jarque-Bera ซึ่งใช้สำหรับทดสอบว่าข้อมูลมีการแจกแจงปรกติหรือไม่ (The Jarque-Bera Test of Normality) โดยมีเกณฑ์ในการตรวจสอบคือ ค่าความเบ้ (Skewness) มีค่าใกล้เคียง 0 ค่าความโด่ง (Kurtosis) มีค่าใกล้เคียง 3 และค่า Jarque-Bera น้อยกว่าน้อยกว่าค่าวิกฤต ผลการวิเคราะห์เพื่อทดสอบการแจกแจงปรกติ มีดังนี้

ที่ตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้า ให้ค่าความเบ้เท่ากับ -0.239358 ค่าความโด่งเท่ากับ 5.440323 และค่าสถิติ Jarque-Bera เท่ากับ 96.11503 ซึ่งมากกว่าค่าวิกฤต โดยให้ค่า Probability เท่ากับ 0.00 แสดงให้เห็นว่า ข้อมูลอัตราผลตอบแทนรายวันของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ในตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าไม่มีการแจกแจงปรกติ

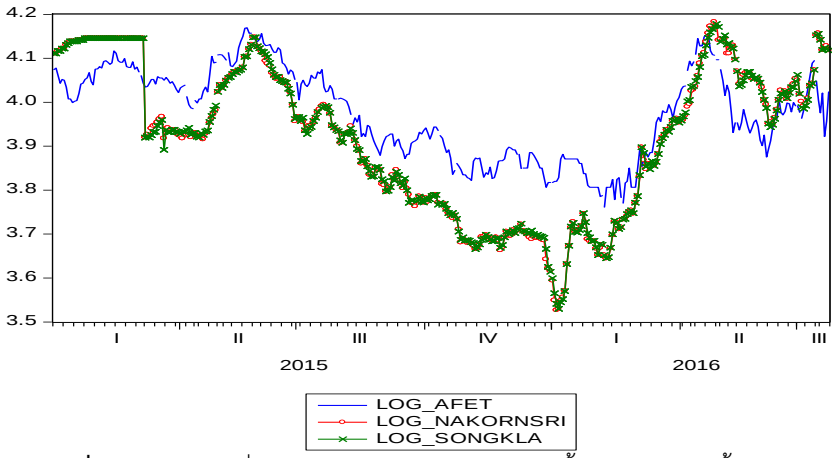
ที่ตลาดกลางนครศรีธรรมราช ให้ค่าความเบ้เท่ากับ -4.056895 ค่าความโด่งเท่ากับ 53.47237 และค่าสถิติ Jarque-Bera เท่ากับ 40,614.94 ซึ่งมากกว่าค่าวิกฤต โดยให้ค่า Probability เท่ากับ 0.00 แสดงให้เห็นว่า ข้อมูลอัตราผลตอบแทนรายวันของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ไม่มีการแจกแจงปรกติ

ที่ตลาดกลางสงขลา ให้ค่าความเบ้เท่ากับ -4.077103 ค่าความโด่งเท่ากับ 53.36886 และค่าสถิติ Jarque-Bera เท่ากับ 40,029.02 ซึ่งมากกว่าค่าวิกฤต โดยให้ค่า Probability เท่ากับ 0.00 แสดงให้เห็นว่า ข้อมูลอัตราผลตอบแทนรายวันของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ไม่มีการแจกแจงปรกติ

ตอนที่ 2 ทดสอบหาความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาวของอัตราผลตอบแทนของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ในตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าและตลาดปัจจุบัน 2 แห่ง

ในตอนที่ 2 นี้จะทดสอบเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาวของอัตราผลตอบแทนของสินค้าเกษตรทั้ง 4 ชนิด หรือการทดสอบโคอินทิเกรชั่น (Cointegration Test) ซึ่งใช้วิธีของ Johansen (1991)[5] โดยใช้ข้อมูลลอการิทึมของราคายุติสุดท้ายสำหรับข้อตกลงซื้อขายล่วงหน้าหรือ Final Settlement Price เพื่อศึกษาดูความเคลื่อนไหวของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ในตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าและตลาดปัจจุบัน ได้แก่ ตลาดกลางนครศรีธรรมราช และตลาดกลางสงขลา ว่ามีการเคลื่อนไหวสอดคล้องเป็นไปในแนวทางเดียวกันหรือไม่ โดยศึกษาทั้ง 3 แห่งไปพร้อมกัน และศึกษาเปรียบเทียบระหว่างตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้ากับตลาดกลางนครศรีธรรมราช และ ศึกษาเปรียบเทียบระหว่างตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้ากับตลาดกลางสงขลา รูปแสดงการเคลื่อนไหวของราคายางแผ่นรมควันในตลาดทั้ง 3 แห่ง แสดงดังภาพที่ 1

เพื่อเตรียมข้อมูลสำหรับวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว จำเป็นต้องทดสอบความนิ่งหรือการทดสอบยูนิทรูท (Unit Root Test) เพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลที่นำมาใช้วิเคราะห์นั้นมีความนิ่งหรือไม่ (Stationary or Non-stationary) โดยใช้วิธี Augmented Dickey – Fuller (ADF) ซึ่งจะทดสอบความนิ่งของข้อมูลจาก ลอการิทึมของราคา Settlement ของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ทั้งในตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้า และตลาดปัจจุบันทั้ง 2 แห่ง โดยขั้นตอนแรกจะทดสอบข้อมูลที่ Order of Integration เท่ากับ 0 หรือ I(0) หรือเรียกว่า ข้อมูลที่ระดับ Level โดยพิจารณาทั้ง 3 รูปแบบ ได้แก่ กรณีมีค่าคงที่ หรือ Level with Intercept, กรณีมีค่าคงที่และแนวโน้มเวลา หรือ Level with Trend and Intercept และกรณีไม่มีค่าคงที่และแนวโน้มเวลา หรือ Level without Trend and Intercept จากนั้นทำการพิจารณาความนิ่งของข้อมูลโดยการเปรียบเทียบค่าสถิติ ADF กับค่า MacKinnon Critical ณ ระดับนัยสำคัญที่ 0.01 ถ้าค่าสถิติ ADF มีค่ามากกว่าค่า MacKinnon Critical แสดงว่าข้อมูลอนุกรมเวลานั้นมีลักษณะไม่นิ่ง (Non-stationary) ซึ่งจะต้องทำการปรับข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยการ Differencing ที่ลำดับที่ 1 (First Differencing) หรือลำดับถัดไปจนกว่าข้อมูลอนุกรมเวลานั้นจะมีลักษณะนิ่ง (Stationary) แสดงผลการทดสอบยูนิทรูท ดังตารางที่ 2



ภาพที่ 1 แสดงการเคลื่อนไหวของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ของตลาดทั้ง 3 แห่ง

จากภาพที่ 1 แสดงให้เห็นถึงการเคลื่อนไหวของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 จะเห็นได้ว่า ลักษณะของกราฟที่แสดงการเคลื่อนไหวของราคาราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 น่าจะมีแนวโน้มเคลื่อนไหวไปในทิศทางเดียวกัน โดยราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 มีแนวโน้มของราคาในตลาดสินค้าล่วงหน้าสูงกว่า ราคาในตลาดปัจจุบันในบางหรืออาจจะต่ำกว่าราคาในตลาดปัจจุบันในบางช่วง ซึ่งสอดคล้องกับคำอธิบายของ ชัยพัฒน์ สหัสกุล (2547) ได้กล่าวว่า การซื้อขายยางพาราในตลาดจริงขึ้นอยู่กับฤดูกาล เช่นในช่วงที่ยางผลัดใบ ซึ่งมักเกิดในช่วงฤดูร้อน น้ำยางจะน้อย ผลผลิตออกสู่ตลาดมีปริมาณลดลง ดังนั้นจึงส่งผลให้ราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 มีราคาสูง เช่นเดียวกันกับฤดูฝน เพราะคนจะออกไปกรีดยางน้อยกว่าปกติ แต่พอย่างเข้าฤดูหนาว ราคาก็จะถูกลง เพราะมีการคาดการณ์เป็นไปตามฤดูกาลว่าช่วงหน้าหนาวคนเริ่มมีการกรีดยางเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผลผลิตออกสู่ตลาดมากขึ้น ทำให้ราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 มีราคาถูกลง ดังนั้นราคายาง

ล่วงหน้าที่ส่งมอบในช่วงฤดูหนาวที่ซื้อขายในตลาดล่วงหน้าจะมีราคาต่ำกว่าราคายางที่ซื้อขายกันในตลาดซื้อขายจริง ลักษณะแบบนี้เรียกว่า มี Inversion Pricing กันระหว่างราคายางในตลาดสินค้าล่วงหน้า และ ตลาดซื้อขายจริง

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบค่าความนิ่งของลอการิทึมของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ในตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้า และตลาดปัจจุบัน

ราคายางแผ่นรมควันชั้น 3จากตลาด	ที่ระดับ Level					
	Level with Intercept		Level with Trend and Intercept		Level without Trend and Intercept	
	t-ADF	t-prob	t-ADF	t-prob	t-ADF	t-prob
สินค้าล่วงหน้า	0.3371	0.8897	0.7248	0.7543	0.6181	0.8576
กลางนครศรีฯ	-1.3445	0.6096	-0.9964	0.9420	-0.0483	0.6661
กลางสงขลา	-1.3302	0.6164	-0.9917	0.9426	-0.0859	0.6534
ราคายางแผ่นรมควันชั้น 3จากตลาด	**ที่ระดับ Differencing ลำดับที่ 1**					
	Level with Intercept		Level with Trend and Intercept		Level without Trend and Intercept	
	t-ADF	t-prob	t-ADF	t-prob	t-ADF	t-prob
สินค้าล่วงหน้า	-18.9440	0.0000**	-18.9428	0.0000**	-18.9692	0.0000**
กลางนครศรีฯ	-15.6018	0.0000**	-15.6946	0.0000**	-15.6228	0.0000**
กลางสงขลา	-15.4238	0.0000**	-15.5201	0.0000**	-15.4451	0.0000**

หมายเหตุ : (**) คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จากตารางที่ 2 เป็นการทดสอบความนิ่งของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ของตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าและตลาดปัจจุบันทั้ง 2 แห่ง ด้วยวิธี Augmented Dickey - Fuller (ADF) ทั้ง 3 รูปแบบ ผลการทดสอบความนิ่งเป็นดังนี้

ที่ระดับ Level ของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 จากตลาดล่วงหน้าและตลาดปัจจุบันทั้ง 2 แห่ง ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 แสดงว่าข้อมูลราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ที่นำมาศึกษามีลักษณะไม่นิ่ง (Non – stationary) ทั้ง 3 รูปแบบ จึงทำการ Differencing ครั้งที่ 1 พบว่า ราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ทั้งตลาดล่วงหน้าและตลาดปัจจุบัน มีลักษณะที่นิ่งที่ระดับ First Differencing หรือ I(1) ทั้ง 3 รูปแบบ จากนั้นจะทำการทดสอบเพื่อหาความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพในระยะยาวหรือการทดสอบ Cointergration Test โดยใช้วิธีของ Johansen ซึ่งเป็นการทดสอบหาความสัมพันธ์ของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ว่ามีแนวโน้มเคลื่อนไหวไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ แสดงดังตารางที่ 3 ได้ผลการทดสอบดังนี้

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์การทดสอบหาความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพในระยะยาวของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ของตลาดทั้ง 3 แห่ง

ตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้า ตลาดกลางนครศรีธรรมราช และ ตลาดกลางสงขลา						
H_0	λ_{trace}	Critical Value	Prob.	λ_{max}	Critical Value	Prob.
None	38.6469	29.7970	0.0037*	31.8114	21.1316	0.0011*
At most 1	6.8355	15.4947	0.5968	6.2603	14.2646	0.5801
At most 2	0.5752	3.8415	0.4482	0.5752	3.8415	0.4482
ตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้า กับ ตลาดกลางนครศรีธรรมราช						
H_0	λ_{trace}	Critical Value	Prob.	λ_{max}	Critical Value	Prob.
None	18.0541	15.4947	0.0201*	17.6929	14.2646	0.0138*
At most 1	0.3611	3.8415	0.5479	0.3611	3.8415	0.5479
ตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้า กับ ตลาดกลางสงขลา						
H_0	λ_{trace}	Critical Value	Prob.	λ_{max}	Critical Value	Prob.
None	14.3841	15.4947	0.0730	13.7318	14.2646	0.0606
At most 1	0.6522	3.8415	0.4193	0.6522	3.8415	0.4193

หมายเหตุ : (*) คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการทดสอบความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพในระยะยาว ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 พบว่าราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ของตลาดสินค้าล่วงหน้า และตลาดปัจจุบันทั้ง 2 แห่ง ได้แก่ ตลาดกลางนครศรีธรรมราช และตลาดกลางสงขลา มีความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพในระยะยาวระหว่างกัน นั่นแสดงว่า ราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ในตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าแห่งประเทศไทยมีแนวโน้มความเคลื่อนไหวของราคาเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ในตลาดปัจจุบัน หรือตลาดซื้อขายจริง

เมื่อพิจารณาราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 เปรียบเทียบตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าแห่งประเทศไทยกับตลาดกลางนครศรีธรรมราช พบว่า มีความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพในระยะยาว นั่นแสดงว่ามีแนวโน้มความเคลื่อนไหวของราคาเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ในขณะที่ ราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 เปรียบเทียบตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าแห่งประเทศไทยกับตลาดกลางสงขลา พบว่าไม่มีความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพในระยะยาว ซึ่งแสดงว่าราคายางไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน

ตอนที่ 3 ทดสอบหาความสัมพันธ์เชิงเป็นเหตุเป็นผลของ Granger หรือ Granger Causality

หลังจากทดสอบหาความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพในระยะยาว ซึ่งพบว่า ราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ของตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้า และตลาดปัจจุบันทั้ง 3 แห่งมีแนวโน้มของราคาไปในทิศทางเดียวกัน จะทำการทดสอบต่อไปว่า ราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ของตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าแห่งประเทศไทยและตลาดปัจจุบันทั้ง 2 แห่ง มีความสัมพันธ์เชิงเป็นเหตุเป็นผล (Granger Causality) กันหรือไม่ ซึ่งมีความสัมพันธ์ทั้งรูปแบบทิศทางเดียว (Unidirectional Causality) หรือ อาจมีความสัมพันธ์ในรูปแบบสองทิศทาง (Bidirectional Causality) ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์การทดสอบหาความสัมพันธ์เชิงเป็นเหตุเป็นผลของ Granger ของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ของตลาดทั้ง 3 แห่ง

ทิศทางความสัมพันธ์	F - Statistic	Prob.
จากตลาดกลางนครศรีฯ ไปสู่ ตลาดสินค้าล่วงหน้าฯ	1.3894	0.2371
จากตลาดสินค้าล่วงหน้า ไปสู่ ตลาดกลางนครศรีฯ	15.9788	0.0000**
จากตลาดกลางสงขลา ไปสู่ ตลาดสินค้าล่วงหน้าฯ	1.3678	0.2447
จากตลาดสินค้าล่วงหน้า ไปสู่ ตลาดกลางสงขลา	14.1110	0.0000**

หมายเหตุ : (**) คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จากผลการทดสอบความสัมพันธ์เชิงเป็นเหตุเป็นผลของ Granger ในตารางที่ 4 ซึ่งตัวแปรที่ทำมาใช้ทดสอบอยู่ในรูปของ First Differencing และมีสมมติฐานหลัก (H_0) คือ

H_0 : ตัวแปร X ไม่ได้เป็นสาเหตุของตัวแปร Y (X does not Granger Cause Y)

H_0 : ตัวแปร Y ไม่ได้เป็นสาเหตุของตัวแปร X (Y does not Granger Cause X)

จากตาราง ได้ผลสรุปของการทดสอบดังนี้

ราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ในตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าแห่งประเทศไทยเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ในตลาดกลางนครศรีธรรมราช แต่การเปลี่ยนแปลงของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ในตลาดกลางนครศรีธรรมราชไม่ได้เป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ในตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้า ซึ่งแสดงว่า มีความสัมพันธ์เชิงเป็นเหตุเป็นผลในทิศทางเดียว (Unidirectional Causality)

ส่วนราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ในตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าแห่งประเทศไทยเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ในตลาดกลางสงขลา แต่การเปลี่ยนแปลงของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ในตลาดกลางสงขลาไม่ได้เป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ในตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้า ซึ่งแสดงว่า มีความสัมพันธ์เชิงเป็นเหตุเป็นผลในทิศทางเดียว (Unidirectional Causality) เช่นเดียวกัน

สรุป

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลอัตราผลตอบแทนรายวันของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) สรุปได้ว่า สัญญาซื้อขายของยางแผ่นรมควันชั้น 3 ในตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าและตลาดปัจจุบันทั้ง 2 แห่งไม่แตกต่างกันมากนัก คือมีค่าเฉลี่ยเข้าใกล้ศูนย์ โดยตลาดกลางนครศรีธรรมราชให้ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (Coefficient of Variation) มากที่สุด ซึ่งแสดงว่าราคายางแผ่นรมควันในตลาดกลางนครศรีธรรมราชมีความผันผวนสูงที่สุด

จากการทดสอบการแจกแจงของผลตอบแทนรายวันของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ทดสอบโดยใช้สถิติ Jarque-Bera พบว่าทั้งตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าและตลาดปัจจุบัน 2 แห่ง ไม่มีการแจกแจงแบบปกติ โดยตลาดกลางสงขลาให้ค่าความเบ้ทางซ้ายสูงที่สุดเท่ากับ -4.0771 ตลาดกลางนครศรีธรรมราชให้ค่าความโด่งสูงที่สุดเท่ากับ 53.4723

ในส่วนการศึกษาทิศทางความเคลื่อนไหวของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 โดยทดสอบความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพในระยะยาวด้วยวิธีของ Johansen ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 พบว่าราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ของตลาดสินค้าล่วงหน้า และตลาดปัจจุบันทั้ง 2 แห่ง ได้แก่ ตลาดกลางนครศรีธรรมราช และตลาดกลางสงขลา มีความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพในระยะยาวระหว่างกัน นั่นแสดงว่า ราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ในตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าแห่งประเทศไทยมีแนวโน้มความเคลื่อนไหวของราคาเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ในตลาดปัจจุบัน หรือตลาดซื้อขายจริง สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุภานี และกิตติพันธ์ (2556)[6] ซึ่งศึกษาความสัมพันธ์ของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ณ ท่าเรือกรุงเทพกับ ราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ในตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าแห่งประเทศไทย พบว่า มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน

เมื่อพิจารณาราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 เปรียบเทียบตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าแห่งประเทศไทยกับตลาดกลางนครศรีธรรมราช พบว่า มีความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพในระยะยาว นั่นแสดงว่ามีแนวโน้มความเคลื่อนไหวของราคาเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ในขณะที่ ราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 เปรียบเทียบตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าแห่งประเทศไทยกับตลาดกลางสงขลา พบว่าไม่มีความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพในระยะยาว ซึ่งแสดงว่าราคายางไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน

สำหรับการทดสอบหาความสัมพันธ์เชิงเป็นเหตุเป็นผลของ Granger ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 พบว่า ราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ในตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าแห่งประเทศไทยเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ในตลาดกลางนครศรีธรรมราช แต่การเปลี่ยนแปลงของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ในตลาดกลางนครศรีธรรมราชไม่ได้เป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ในตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้า ซึ่งแสดงว่า มีความสัมพันธ์เชิงเป็นเหตุเป็นผลในทิศทางเดียว (Unidirectional Causality)

ส่วนราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ในตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าแห่งประเทศไทยเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ในตลาดกลางสงขลา แต่การเปลี่ยนแปลงของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ในตลาดกลางสงขลาไม่ได้เป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงของราคายางแผ่นรมควันชั้น 3 ในตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้า ซึ่งแสดงว่า มีความสัมพันธ์เชิงเป็นเหตุเป็นผลในทิศทางเดียว (Unidirectional Causality) เช่นเดียวกัน

เอกสารอ้างอิง

1. ตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าแห่งประเทศไทย. ข้อมูลสินค้าเกษตร. [อินเตอร์เน็ท]. 2559 [เข้าถึงเมื่อ 1 พฤศจิกายน 2559]. เข้าถึงได้จาก http://www.afet.or.th/2013/th/about- us/index.php.
2. ชัยพัฒน์ สหัสกุล. เปิดประตูสู่ตลาดซื้อขายล่วงหน้า. กรุงเทพฯ : อมรินทร์ พริ้นติ้งแอนด์ พับลิชชิ่ง จำกัด. 2547.
3. Granger CWJ. Investigating causal relationship by econometric model and cross-Spectral methods. Econemetrica1969; 37:424–438.
4. Dickey DA, Fuller WA. Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. Journal of the American Statistical Association 1979;74:427-431.

5. Johansen S. Estimation and hypothesis testing of cointegration vectors in Gaussian vector autoregressive models. Econemetrica 1991;59:1551–80.
6. สุภานี คงดี, กิตติพันธ์ คงสวัสดิ์เกียรติ. ปัจจัยทางเศรษฐกิจที่มีผลกระทบต่อราคาการซื้อขายในตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าแห่งประเทศไทยกรณีศึกษายางแผ่นรมควันชั้น3(RSS3). วารสารการเงิน การลงทุน การตลาดและการบริหารธุรกิจ.2556; ปีที่ 3 ฉบับที่ 2: 287–303.

[AS-O07] การศึกษาส่วนต่างระหว่างราคาหุ้นสามัญบนกระดานหลัก (Main Board) กับ ราคาหุ้นสามัญบนกระดานต่างประเทศ (Foreign Board) ภายใต้ขอบเขตของดัชนี SET50

The Spread between Common Stock Prices on the Main Board and Common Stock Prices on the Foreign Board in SET50 Index

จิรายุ มั่นบุปผชาติ, และ บุญเลิศ จิตรมณีโรจน์*
Jirayu Manbuphachat, and Boonlert Jitmaneeroj*
สาขาวิศวกรรมการเงิน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: boonlert_jit@utcc.ac.th*

บทคัดย่อ

จากการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาส่วนต่างระหว่างราคาหุ้นสามัญบนกระดานหลัก (Main Board) กับราคาหุ้นสามัญบนกระดานต่างประเทศ (Foreign Board) ภายใต้ขอบเขตของดัชนี SET50 ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยได้มีการจัดตั้งกระดานต่างประเทศขึ้นเพื่อรองรับความต้องการการลงทุนของนักลงทุนต่างประเทศ โดย มีกระดานหลัก หรือ Main Board ใช้สำหรับการซื้อขายหลักทรัพย์ทั่วไป ส่วนกระดานต่างประเทศ หรือ Foreign Board ใช้สำหรับการซื้อขายหุ้นสามัญและหุ้นบุริมสิทธิที่บุคคลต่างด้าวเป็นผู้ถือครองหลักทรัพย์ตามทะเบียนผู้ถือหลักทรัพย์ โดยใช้สถิติเชิงพรรณนามาวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกับสถิติเชิงอนุมานและใช้การวิเคราะห์ตัวแปรเดียว (Univariate analysis) ร่วมกับแบบจำลองทางเศรษฐมิติ เพื่อพิจารณาส่วนต่างระหว่างราคาหุ้นกระดานหลักกับหุ้นบนกระดานต่างประเทศโดยใช้แนวคิดกฎราคาเดียว (Law of one price) เป็นการศึกษาหลักเพื่อพิจารณาความมีประสิทธิภาพของตลาด จากการศึกษาสถิติเชิงพรรณนาพบว่าในภาพรวมของดัชนี SET50 จะเห็นได้ว่าหุ้น AOTและหุ้น BANPU มีค่าเฉลี่ยส่วนต่างราคาหุ้นบนกระดานหลักเทียบกับราคาหุ้นบนกระดานต่างประเทศห่างจากศูนย์มากที่สุด จากการศึกษาสถิติเชิงอนุมานพบว่ามีหุ้น 18 ตัวที่ราคาของทั้งสองกระดานแตกต่างกัน

คำสำคัญ: *หุ้นสามัญ, ราคาหุ้นสามัญบนกระดานหลัก, ราคาหุ้นสามัญบนกระดานต่างประเทศ, ข้อจำกัดหุ้นต่างด้าว*

Abstract

This independent study aims to study the difference between the common stock price in the main board and the common stock price in foreign boards under the scope of the SET50 index. The Stock Exchange of Thailand has established a foreign board to support the investment needs of foreign investors, with the main board used for general securities trading, and the foreign board used for trading of ordinary shares and preferred shares that foreigners are the holders of securities according to the securities holders' registration. In this paper have used descriptive statistics to analyzes data together with comparison statistics with the econometric model to consider the difference between the price of the main board stock and the stock on the foreign board using the Law of one price concept as the main study to determine the market effectiveness. From the study of descriptive statistics in The SET50 index, the AOT and BANPU stocks have a mean stock price difference on the main board compared to the stock price on the foreign board. From the inference statistics study, there are 18 stocks that the prices of both boards are different.

Keywords: *common stock, common stock prices on the main board, common stock prices on the foreign board, foreign limit*

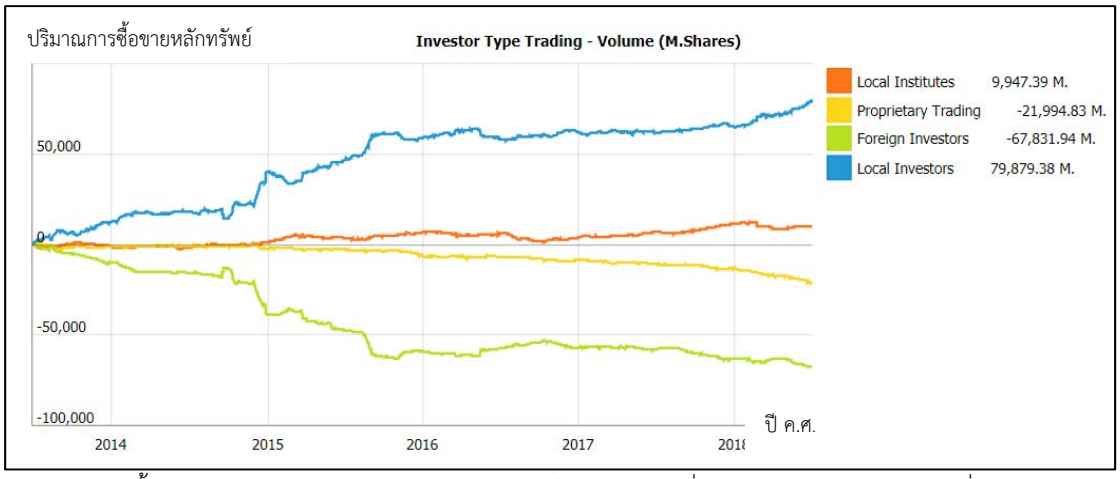
บทนำ

ตลาดทุน (Capital Market) เป็นแหล่งระดมเงินทุนในระยะยาวที่สำคัญของระบบเศรษฐกิจของประเทศ ซึ่งต้องการเงินทุนไปใช้ในวัตถุประสงค์ต่าง ๆ เช่น การลงทุนด้านคมนาคมระบบขนส่งมวลชน หรือ การขยายธุรกิจของบริษัทเอกชน เป็นต้น ตลาดทุนยังเป็นรากฐานที่สำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ อีกทั้งยังเป็นสิ่งที่สะท้อนถึงทิศทางของเศรษฐกิจในปัจจุบันและอนาคต โดยตลาดทุนที่มีการขยายตัวเติบโตขึ้นแสดงให้เห็นถึง ขีดความสามารถของบริษัททั้งภาครัฐและเอกชนในประเทศและสามารถรองรับการขยายตัวของประชากรทั้งในประเทศและต่างประเทศที่เข้ามาลงทุนในประเทศไทย ทั้งนี้ในทางกลับกันในช่วงภาวะเศรษฐกิจตกต่ำ การระดมทุนจะลดลงตามภาวะเศรษฐกิจที่หดตัวลง จากความสำคัญนี้ประกอบกับตลาดทุนเป็นส่วนหนึ่งของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2510 – 2514) ได้มีการเสนอแผนการจัดตั้งตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยขึ้นและได้เปิดทำการซื้อขายขึ้นอย่างเป็นทางการเมื่อวันที่ 30 เมษายน พ.ศ.2518 [(1)]

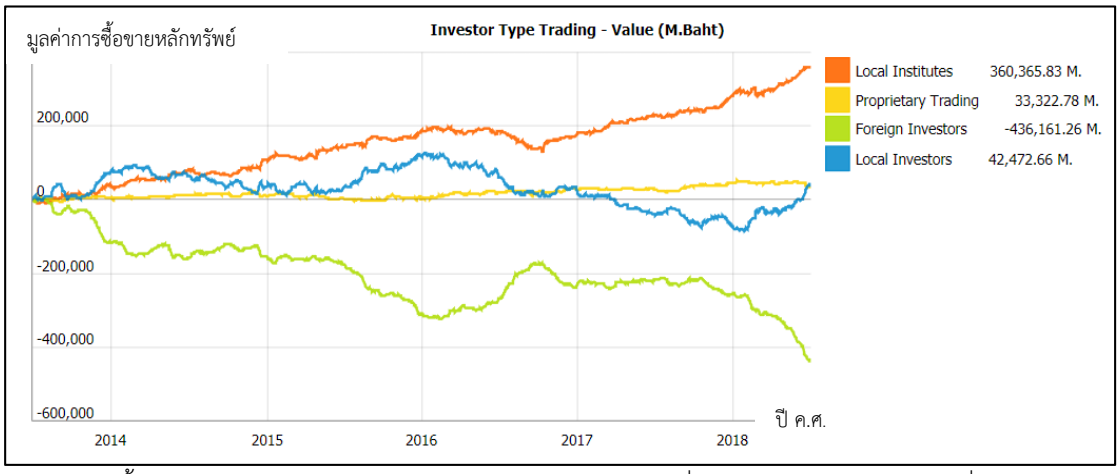
ปัจจุบันนักลงทุนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยจำแนกเป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มนักลงทุนสถาบันในประเทศ (Local Institutes) กลุ่มนักลงทุนบัญชีบริษัทหลักทรัพย์ (Proprietary Trading) กลุ่มนักลงทุนต่างประเทศ (Foreign Investors) และกลุ่มนักลงทุนทั่วไปในประเทศ (Local Investors) บทบาทของนักลงทุนต่างชาติในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยได้เพิ่มขึ้นเป็นลำดับหลังจากที่ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยได้เปิดให้ทำการซื้อขาย เป็นต้นมา การที่นักลงทุนต่างประเทศได้เข้ามาลงทุนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ย่อมส่งผลต่อการลงทุนของนักลงทุนในประเทศ เนื่องจากจำนวนเงินลงทุนของนักลงทุนต่างประเทศที่เข้ามาลงทุนนั้นมีปริมาณที่มาก ดังนั้นการซื้อขาย หรือการเคลื่อนไหวของนักลงทุนต่างประเทศจึงส่งผลกระทบต่อราคาของหลักทรัพย์ ทำให้นักลงทุนในประเทศให้ความสนใจและติดตามการลงทุนของนักลงทุนจากต่างประเทศ เพื่อมิให้เกิดความเสื่อมล้ำดังกล่าวทางเศรษฐกิจและการลงทุนจึงได้มีการจัดตั้งกระดานต่างประเทศ (Foreign Board) ขึ้นเมื่อ พ.ศ.2530 เป็นส่วนหนึ่งของระบบซื้อขายในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (SET) ที่ใช้รองรับการซื้อขายหลักทรัพย์ระหว่างผู้ลงทุนชาวต่างประเทศด้วยกัน

ทั้งนี้หลักทรัพย์ที่มาขายผ่านกระดานต่างประเทศจะต้องเป็นหลักทรัพย์ที่มีชื่อชาวต่างประเทศเป็นเจ้าของ การที่ตลาดหลักทรัพย์จัดให้มี Foreign Board ขึ้นมา เนื่องจากหลักทรัพย์ของบางบริษัทได้มีชาวต่างประเทศเข้าลงทุนถือครองจนครบตามเกณฑ์ระดับที่ให้ชาวต่างชาติถือครองแล้ว แต่ก็ยังมีผู้ลงทุนชาวต่างชาติต้องการลงทุนในหลักทรัพย์ดังกล่าวอยู่อีก เมื่อสั่งซื้อผ่านกระดานหลัก (Main Board) แล้วก็จะประสบปัญหาไม่อาจโอนรับหุ้นได้เพราะจะทำให้สัดส่วนการถือครองหุ้นของชาวต่างชาติเกินจากเกณฑ์ที่จำกัดไว้ ดังนั้นเพื่อเป็นการอำนวยความสะดวกแก่ผู้ลงทุนชาวต่างประเทศตลาดหลักทรัพย์จึงจัดให้มี Foreign Board ขึ้นมา เพื่อให้ชาวต่างประเทศผู้ซื้อมั่นใจว่าจะสามารถรับโอนหุ้นเป็นของตนได้ เพราะเป็นการรับโอนจากชาวต่างประเทศด้วยกัน ไม่มีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในสัดส่วนการถือครองหุ้นของนักลงทุนต่างประเทศรวมแต่ประการใด [(2)]

บทบาทของนักลงทุนต่างชาติในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยในปีที่ผ่านมาได้มีแนวโน้มที่ลดลงอย่างเห็นได้ชัด ประเทศไทยได้ประสบเหตุวิกฤตทางการเมือง จนเกิดการรัฐประหารขึ้นเมื่อวันที่ 22 พฤษภาคม 2557 เวลา 16:30 น. โดยคณะรักษาความสงบแห่งชาติ (คสช.) อันมีพลเอก ประยุทธ์ จันทร์โอชา เป็นหัวหน้าคณะ นับเป็นรัฐประหารครั้งที่ 13 ในประวัติศาสตร์ไทย [(3)] ประกอบกับเกิดสงครามทางการค้าระหว่างสหรัฐอเมริกา กับประเทศจีนขึ้น ในวันที่ 6 กรกฎาคม 2561 และสภาวะทางเศรษฐกิจภายในประเทศต่าง ๆ จากเหตุการณ์ดังกล่าวทำให้เศรษฐกิจถดถอยทำให้นักลงทุนบางรายขาดความเชื่อมั่นในเศรษฐกิจ โดยปริมาณและมูลค่าการซื้อขายหลักทรัพย์ในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยในช่วงวันที่ 2 กรกฎาคม พ.ศ.2556 ถึง วันที่ 29 มิถุนายน พ.ศ.2561 ของนักลงทุนแบ่งตามประเภทผู้ลงทุนแสดงใน ภาพที่ 1 และ ภาพที่ 2 ตามลำดับ



ภาพที่ 1 ปริมาณการซื้อขายหลักทรัพย์ในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ในช่วงวันที่ 2 กรกฎาคม พ.ศ.2556 ถึง วันที่ 29 มิถุนายน พ.ศ.2561



ภาพที่ 2 มูลค่าการซื้อขายหลักทรัพย์ในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ในช่วงวันที่ 2 กรกฎาคม พ.ศ.2556 ถึง วันที่ 29 มิถุนายน พ.ศ.2561

ทิศทางการลงทุนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยระหว่างนักลงทุนต่างชาติและนักลงทุนภายในประเทศส่วนใหญ่มีทิศทางสวนทางกัน แสดงให้เห็นว่านักลงทุนต่างชาติและนักลงทุนในประเทศใช้รูปแบบกลยุทธ์การลงทุนที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นที่น่าสนใจว่ากลยุทธ์การลงทุนที่แตกต่างกันนี้จะส่งผลกระทบต่อราคาหุ้นบนกระดานหลัก(Main Board) และกระดานต่างประเทศ (Foreign Board) [4]

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาส่วนต่างระหว่างราคาหุ้นสามัญบนกระดานหลัก(Main Board) กับราคาหุ้นสามัญบนกระดานต่างประเทศ (Foreign Board) ภายใต้ขอบเขตของดัชนี SET50จำนวน 45 หุ้นที่มีการซื้อขายบนกระดานต่างประเทศ(Foreign Board) ตั้งแต่วันที่ 2 กรกฎาคม พ.ศ.2556 ถึง วันที่ 29 มิถุนายน พ.ศ.2561 รวม 1,222 วัน
2. เพื่อทดสอบทฤษฎีตลาดที่มีประสิทธิภาพ (Efficient Markets Theory) แล้วราคาหุ้นสามัญบนกระดานหลัก (Main Board) กับราคาหุ้นสามัญบนกระดานต่างประเทศ (Foreign Board) ที่เป็นหลักทรัพย์ในบริษัทเดียวกันควรจะต้องเท่ากันจริงหรือไม่
3. เพื่อศึกษาการเคลื่อนไหวของตลาดการซื้อขายบนกระดานหลัก (Main Board) และกระดานต่างประเทศ (Foreign Board)

วิธีดำเนินการวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา โดยข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลอนุกรมแบบทุติยภูมิ (Secondary Time Series Data) ซึ่งทำการเก็บรวบรวมข้อมูลราคาปิดรายวันของหุ้นบนกระดานหลัก (Main Board) และราคาปิดรายวันของหุ้นบนกระดาน

ต่างประเทศ (Foreign Board) ตั้งแต่วันที่ 2 กรกฎาคม พ.ศ.2556 ถึง วันที่ 29 มิถุนายน พ.ศ.2561 เป็นเวลา 5 ปี โดยข้อมูลส่วนใหญ่มาจากแหล่งข้อมูลสารสนเทศ(Internet) เช่น SETSMART ,SET.or.th, SETTRADE.COM, e-Finance มีชุดข้อมูลประกอบไปด้วย ราคาปิดรายวันของหุ้นบนกระดานหลัก (Main Board) และราคาปิดรายวันของหุ้นบนกระดานต่างประเทศ (Foreign Board) ของหลักทรัพย์ ADVANCE, AOT, BANPU, BBL, BDMS, BEM, BGRIM, BH, BJC, BPP, BTS, CBG, CENTEL, CPALL, CPF, CPN, DTAC, EA, EGCO, GLOBAL, GPSC, HMPRO, INTUCH, IPPC, KBANK, KKP, KTB, KTC, LH, MINT, MTC, PTT, PTTEP, PTTGC, RATCH, ROBINS, SCB, SCC, TCAP, TISCO, TMB, TOA, TOP, TRUE และTU จำนวน 45 บริษัท โดยมีขั้นตอนการศึกษาดังนี้:

1. เก็บรวบรวมข้อมูลที่จะทำการศึกษาคือราคาปิดของหุ้นบนกระดานหลัก (Main Board) และหุ้นบนกระดานต่างประเทศ (Foreign Board) ของทั้ง 45 บริษัท ดังแสดงในตารางที่ 1 ต่อไปนี้

ตารางที่ 1 รายชื่อหลักทรัพย์ของบริษัททั้ง 45 บริษัท ที่ใช้ในการศึกษา

ลำดับ	หลักทรัพย์	บริษัท	อุตสาหกรรม
1	ADVANC	บริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (มหาชน)	เทคโนโลยี/เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
2	AOT	บริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน)	บริการ/ขนส่งและโลจิสติกส์
3	BANPU	บริษัท บ้านปู จำกัด (มหาชน)	ทรัพยากร/พลังงานและสาธารณูปโภค
4	BBL	ธนาคารกรุงเทพ จำกัด (มหาชน)	ธุรกิจการเงิน/ธนาคาร
5	BDMS	บริษัท กรุงเทพดุสิตเวชการ จำกัด(มหาชน)	บริการ/การแพทย์
6	BEM	บริษัท ทางด่วนและรถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (มหาชน)	บริการ/ขนส่งและโลจิสติกส์
7	BGRIM	บริษัท บี.กริม เพาเวอร์ จำกัด (มหาชน)	ทรัพยากร/พลังงานและสาธารณูปโภค
8	BH	บริษัท โรงพยาบาลบำรุงราษฎร์ จำกัด (มหาชน)	บริการ/การแพทย์
9	BJC	บริษัท เบอร์ลี่ ยุคเกอร์ จำกัด (มหาชน)	บริการ/พาณิชย์
10	BPP	บริษัท บ้านปู เพาเวอร์ จำกัด (มหาชน)	ทรัพยากร/พลังงานและสาธารณูปโภค
11	BTS	บริษัท บีทีเอส กรุ๊ป โฮลดิ้งส์ จำกัด (มหาชน)	บริการ/ขนส่งและโลจิสติกส์
12	CBG	บริษัท คาราบาวกรุ๊ป จำกัด (มหาชน)	เกษตรและอุตสาหกรรมอาหาร/อาหารและเครื่องดื่ม
13	CENTEL	บริษัท โรงแรมเซ็นทรัลพลาซา จำกัด (มหาชน)	บริการ/การท่องเที่ยวและสันทนาการ
14	CPALL	บริษัท ซีพี ออลล์ จำกัด (มหาชน)	บริการ/พาณิชย์
15	CPF	บริษัท เจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน)	เกษตรและอุตสาหกรรมอาหาร/อาหารและเครื่องดื่ม
16	CPN	บริษัท เซ็นทรัลพัฒนา จำกัด (มหาชน)	อสังหาริมทรัพย์และก่อสร้าง/พัฒนาอสังหาริมทรัพย์
17	DTAC	บริษัท โทเทิ่ล แอ็คเซ็ส คอมมูนิเคชั่น จำกัด (มหาชน)	เทคโนโลยี/เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
18	EA	บริษัท พลังงานบริสุทธิ์ จำกัด (มหาชน)	ทรัพยากร/พลังงานและสาธารณูปโภค
19	EGCO	บริษัท ผลิตไฟฟ้า จำกัด (มหาชน)	ทรัพยากร/พลังงานและสาธารณูปโภค
20	GLOBAL	บริษัท สยามโกลบอลเฮ้าส์ จำกัด (มหาชน)	บริการ/พาณิชย์

ตารางที่ 1 รายชื่อหลักทรัพย์ของบริษัททั้ง 45 บริษัท (ต่อ)

21	GPSC	บริษัท โกลบอล เพาเวอร์ ซินเนอร์ยี่ จำกัด (มหาชน)	ทรัพยากร/พลังงานและสาธารณูปโภค
22	HMPRO	บริษัท โฮม โปรดักส์ เซ็นเตอร์ จำกัด (มหาชน)	บริการ/พาณิชย์
23	INTUCH	บริษัท อินทัช โฮลดิ้งส์ จำกัด (มหาชน)	เทคโนโลยี/เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
24	IRPC	บริษัท ไออาร์พีซี จำกัด (มหาชน)	ทรัพยากร/พลังงานและสาธารณูปโภค
25	KBANK	ธนาคารกสิกรไทย จำกัด (มหาชน)	ธุรกิจการเงิน/ธนาคาร
26	KKP	ธนาคารเกียรตินาคิน จำกัด (มหาชน)	ธุรกิจการเงิน/ธนาคาร
27	KTB	ธนาคารกรุงไทย จำกัด (มหาชน)	ธุรกิจการเงิน/ธนาคาร
28	KTC	บริษัท บัตรกรุงไทย จำกัด (มหาชน)	ธุรกิจการเงิน/เงินทุนและหลักทรัพย์
29	LH	บริษัทแลนด์แอนด์เฮ้าส์ จำกัด (มหาชน)	อสังหาริมทรัพย์และก่อสร้าง/พัฒนาอสังหาริมทรัพย์
30	MINT	บริษัท ไมเนอร์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด (มหาชน)	เกษตรและอุตสาหกรรมอาหาร/อาหารและเครื่องดื่ม
31	MTC	บริษัท เมืองไทย แคปปิตอล จำกัด (มหาชน)	ธุรกิจการเงิน/เงินทุนและหลักทรัพย์
32	PTT	บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)	ทรัพยากร/พลังงานและสาธารณูปโภค
33	PTTEP	บริษัท ปตท. สำรวจและผลิตปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน)	ทรัพยากร/พลังงานและสาธารณูปโภค
34	PTTGC	บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด (มหาชน)	สินค้าอุตสาหกรรม/ปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์
35	RATCH	บริษัท ผลิตไฟฟ้าราชบุรีโฮลดิ้ง จำกัด (มหาชน)	ทรัพยากร/พลังงานและสาธารณูปโภค
36	ROBINS	บริษัท โรบินสัน จำกัด (มหาชน)	บริการ/พาณิชย์
37	SCB	ธนาคารไทยพาณิชย์ จำกัด (มหาชน)	ธุรกิจการเงิน/ธนาคาร
38	SCC	บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด(มหาชน)	อสังหาริมทรัพย์และก่อสร้าง/วัสดุก่อสร้าง
39	TCAP	บริษัท ทุนธนชาต จำกัด (มหาชน)	ธุรกิจการเงิน/ธนาคาร
40	TISCO	บริษัท ทิสโก้ไฟแนนเชียลกรุ๊ป จำกัด (มหาชน)	ธุรกิจการเงิน/ธนาคาร
41	TMB	ธนาคารทหารไทย จำกัด (มหาชน)	ธุรกิจการเงิน/ธนาคาร
42	TOA	บริษัท ทีโอเอ เพ้นท์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)	อสังหาริมทรัพย์และก่อสร้าง/วัสดุก่อสร้าง
43	TOP	บริษัท ไทยออยล์ จำกัด (มหาชน)	ทรัพยากร/พลังงานและสาธารณูปโภค
44	TRUE	บริษัท ทรู คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)	เทคโนโลยี/เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
45	TU	บริษัท ไทยยูเนี่ยน กรุ๊ป จำกัด (มหาชน)	เกษตรและอุตสาหกรรมอาหาร/อาหารและเครื่องดื่ม

2. ทำการจัดหุ้นในหมวดอุตสาหกรรมเป็นกลุ่ม อุตสาหกรรม เกษตรและอุตสาหกรรมอาหาร/อาหารและเครื่องดื่ม,อุตสาหกรรม ทรัพยากร/พลังงานและสาธารณูปโภค,อุตสาหกรรม เทคโนโลยี/เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร,อุตสาหกรรม ธุรกิจการเงิน/ธนาคาร ,อุตสาหกรรม บริการ/พาณิชย์,และ อุตสาหกรรม อสังหาริมทรัพย์ก่อสร้าง/พัฒนาอสังหาริมทรัพย์และสินค้าอุตสาหกรรม/ปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์ โดยแบ่งเป็นกลุ่ม A,B,C,D,E,และ F ตามลำดับเพื่อพิจารณาข้อจำกัดหุ้นต่างด้าว และสัดส่วนการถือครองหุ้นต่างด้าว

3. นำข้อมูลราคาปิดรายวันของหุ้นบนกระดานหลัก (Main Board) และราคาปิดรายวันของหุ้นบนกระดานต่างประเทศ (Foreign Board) มาคำนวณค่า %spread ตามสมการ ดังนี้

$$\%\,\text{spread} = \left(\frac{P_{main} - P_{Foreign}}{P_{main}} \right) \times 100\% \qquad (1)$$

โดยที่ P_{main} คือ ราคาปิดรายวันของหุ้นบนกระดานหลัก (Main Board)

$P_{Foreign}$ คือ ราคาปิดรายวันของหุ้นบนกระดานต่างประเทศ (Foreign Board)

%spread หมายถึง ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของราคาปิดรายวันของหุ้นบนกระดานต่างประเทศ (Foreign Board) เมื่อเทียบกับหุ้นบนกระดานหลัก(Main Board) แสดงให้เห็นถึงส่วนต่างของราคาของทั้งสองกระดานว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด สาเหตุที่ต้องใช้ %spread แทน spread เพื่อให้เปรียบเทียบหุ้นที่มีราคาแตกต่างกันได้ โดยในการศึกษานี้จะร่วมพิจารณาค่า spread ที่หน่วยเป็นบาทร่วมด้วย ซึ่งจะสะดวกต่อการพิจารณาในรายหลักทรัพย์ข้างต้นโดยค่า spread จะหาได้จากสมการที่ (2)

$$\text{spread} = P_{main} - P_{Foreign} \qquad (2)$$

spread หมายถึงส่วนต่างการเปลี่ยนแปลงของราคาปิดรายวันของหุ้นบนกระดานต่างประเทศ(Foreign Board) กับหุ้นบนกระดานหลัก(Main Board) แสดงให้เห็นถึงส่วนต่างของราคาของทั้งสองกระดานว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด ในส่วนนี้ผู้ศึกษาจะไว้ใช้พิจารณาเป็นหุ้นรายตัว (หน่วย : บาท)

4. นำค่า %spread ที่ได้จากข้อ 3. มาคำนวณหา สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยพิจารณาเปรียบเทียบหลักทรัพย์ใด มีค่า %spread ที่มากน้อยกว่ากัน โดยนำค่า Mean มา สร้างกราฟแท่ง โดยเรียงลำดับหลักทรัพย์ที่มี%spread จัดลำดับอยู่แรกๆ และหลักทรัพย์ที่ไม่มีหรือมี %spread น้อยไว้ลำดับถัดไป เพื่อพิจารณาหุ้นที่มีส่วนต่างราคาเข้าใกล้ศูนย์มากที่สุด

5. สร้างสมการอย่างง่ายของหลักทรัพย์แต่ละตัวของทั้ง 45 บริษัทที่ได้ทำการศึกษา

$$\%\,\text{spread}_t = \alpha + \varepsilon_t \qquad (3)$$

โดยที่ $\%\,\text{spread}_t$ คือ ค่าร้อยละของส่วนต่างราคาที่คำนวณมาจากราคาหุ้นบนกระดานหลักและราคาหุ้นบนกระดานต่างประเทศ ณ เวลา t

α คือ ค่าประมาณการค่าเฉลี่ยส่วนต่างราคาหุ้นทั้งสองกระดาน

ε_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t

6. ทดสอบสมมุติฐาน ผู้วิจัยใช้หลักการของ การวิเคราะห์ตัวแปรเดียว (Univariate analysis) เพื่อต้องการทดสอบค่าเฉลี่ยของค่าคงที่ว่าสอดคล้องตามกฎสินค้าราคาเดียว (Law of one price) หรือไม่ที่แสดงถึงความมีประสิทธิภาพของตลาด โดยทำการตรวจสอบร้อยละของค่าเฉลี่ยของส่วนต่างราคา (%spread) ที่คำนวนได้จากสมการที่ 1 โดยใช้ สถิติทดสอบ t ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.10 ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01

การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test) เพื่อทดสอบสมมุติฐานของกฎราคาเดียว (Law of one price) โดยพิจารณาจากค่า P-Value หากปฏิเสธสมมุติฐานหลัก แสดงว่าส่วนต่างราคาของหุ้นทั้งสองกระดานแตกต่างจาก 0 แต่ถ้าหากยอมรับสมมุติฐานหลัก แสดงว่าส่วนต่างราคาของหุ้นทั้งสองกระดานไม่แตกต่างจาก 0 ซึ่งสอดคล้องกับ กฎราคาเดียว โดยค่าประมาณการที่ได้จากสมการ 3.3 จะคำนึงถึงการแก้ปัญหา Autocorrelation และ Heteroskedasticity ด้วยวิธี Newey-West correction standard error โดยมีสมมติฐานดังต่อไปนี้

H_0 : α = 0 (ส่วนต่างราคาของหุ้นทั้งสองกระดานไม่แตกต่างกันโดยเฉลี่ย)

H_1 : $\alpha \neq 0$ (ส่วนต่างราคาของหุ้นทั้งสองกระดานแตกต่างกันโดยเฉลี่ย)

หมายเหตุ : การทดสอบข้างต้นเป็นการทดสอบเพื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยเข้าใกล้ 0 หรือไม่ถ้า $\alpha = 0$ แสดงว่า Law of one price เป็นจริง หรือกล่าวได้ว่า ตลาดมีประสิทธิภาพ

7. สรุปผลการศึกษา

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ส่วนที่ 1 การวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา

จากการศึกษาที่แบ่งหุ้นออกเป็น 6 กลุ่มตามหมวดอุตสาหกรรมพบว่า ในกลุ่มอุสาหกรรมเกษตรและอุตสาหกรรมอาหาร/อาหารและเครื่องดื่ม หุ้น MINT จะมีการซื้อขายบนกระดานต่างประเทศมากที่สุดถึง 247 ครั้ง โดยมีค่าเฉลี่ยส่วนต่างราคาหุ้นใกล้ศูนย์ที่สุดอยู่ที่ -0.647 % ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 2.636 แสดงให้เห็นว่าทั้งสองกระดานในหุ้น MINT ราคาปิดรายวันไม่ได้ต่างกันมากนัก ซึ่ง หุ้น MINT มีข้อจำกัดหุ้นต่างด้าว(Foreign Limit) อยู่ที่ 49.00% ซึ่งมีสัดส่วนการถือครองหุ้นต่างด้าวไปแล้ว 34.74% ดังนั้นนักลงทุนต่างชาติจึงยังสามารถซื้อขายบนกระดานหลักได้จนขีดจำกัดหุ้นต่างด้าวเต็ม 49.00% จึงยังไม่มีจำนวนหุ้นที่รอการโอน (Foreign Queue) หุ้น CBG มีค่าเฉลี่ยห่างจากศูนย์มากที่สุด อยู่ที่ 9.345 % อาจเป็นผลเนื่องมาจากการซื้อขายบนกระดานต่างประเทศมีเพียงแค่ 11 วัน กลุ่มอุตสาหกรรมทรัพยากร/พลังงานและสาธารณูปโภค หุ้น PTT จะมีการซื้อขายบนกระดานต่างประเทศมากที่สุด 155 ครั้ง โดยมีค่าเฉลี่ยส่วนต่างของราคาทั้งสองกระดานอยู่ที่ 0.521 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 9.086 หุ้น TOP มีค่าเฉลี่ยส่วนต่างราคาใกล้ศูนย์มากที่สุดอยู่ที่ 0.307% ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 1.510 หุ้นBANPU มีค่าฉลี่ยส่วนต่างราคาห่างจากศูนย์มากที่สุดอยู่ที่ -82.059 % ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 297.327 ซึ่งสูงสุดในกลุ่มอุตสาหกรรมเดียวกัน และเมื่อสังเกต หุ้น EA เป็นหุ้นตัวเดียวในกลุ่มอุตสาหกรรมที่ไม่มีการซื้อขายกันบนกระดานต่างประเทศเลย อาจเป็นเหตุอันเนื่องมาจากหุ้น EA มีข้อจำกัดหุ้นต่างด้าวสูงถึง 49.00% และยังไม่เต็มข้อจำกัดนักลงทุนต่างชาติจึงยังคงซื้อขายกันอยู่บนกระดานหลัก โดยหุ้น EAมีสัดส่วนการถือครองหุ้นอยู่ที่ 34.77%

กลุ่มอุตสาหกรรมเทคโนโลยี/เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร หุ้น INTUCH จะมีการซื้อขายบนกระดานต่างประเทศมากที่สุดถึง 578 ครั้ง โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 3.794 มีค่าเฉลี่ยส่วนต่างในการซื้อขายทั้งสองกระดานอยู่ที่ -1.627 บาท สูงสุดอยู่ที่ 7.143 บาท ต่ำสุดอยู่ที่ - 49.533 บาท จะเห็นได้ว่านักลงทุนต่างชาติให้ความสนใจหุ้น INTUCH เป็นพิเศษ ซึ่งพิจารณาข้อจำกัดหุ้นต่างด้าวของหุ้น INTUCH ถึงขีดจำกัดแล้วที่ 47.20% และมีจำนวนหุ้นที่รอการโอน (Foreign Queue) จำนวนอีก 1.09 %

กลุ่มอุตสาหกรรมธุรกิจการเงิน/ธนาคาร หุ้น KBANK และหุ้น BBL มีการซื้อขายบนกระดานต่างประเทศในทุกวันที่ทำการศึกษา 1222 วัน และมีค่าเฉลี่ย -1.048 % และ -1.899 % ตามลำดับ นั้นแสดงให้เห็นถึงส่วนต่างของราคาของทั้งสองกระดานไม่ต่างกันมากนักและเป็นที่สนใจของนักลงทุนต่างประเทศในทั้งสองกระดาน สัดส่วนการถือครองหุ้นต่างด้าวของหุ้น KBANK และ BBL อยู่ที่ 48.96% และ 25% ตามลำดับซึ่งเต็มขีดจำกัดหุ้นต่างด้าวแล้ว และมีจำนวนหุ้นที่รอการโอน (Foreign Queue) อยู่ที่ 3.64% และ 11.64% ตามลำดับ แสดงให้เห็นถึงความต้องการซื้อหุ้นของนักลงทุนต่างประเทศในทั้งสองหุ้นที่น่าสนใจ โดย หุ้น KBANK มีส่วนต่างของราคาสูงสุดอยู่ที่ 3.727% ต่ำสุดอยู่ที่ - 6.635% และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 1.243 ส่วนหุ้น BBLมีส่วนต่างของราคาสูงสุดอยู่ที่ 0.990% ต่ำสุดอยู่ที่ -11.650% และมีส่วนเบี่ยงเบนมารตฐานอยู่ที่ 2.421 ซึ่งต่างจากหุ้น MTC ที่ไม่มีการซื้อขายบนกระดานต่างประเทศเลยช่วงระยะเวลาที่ศึกษา

กลุ่มอุตสาหกรรม บริการ/พาณิชย์ว่า หุ้น AOT มีการซื้อขายบนกระดานต่างประเทศจำนวนวันมากที่สุดคือ 148 วัน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 9.440% ส่วนต่างราคาหุ้นสูงสุดอยู่ที่ 77.825% ต่ำสุดอยู่ที่ -160.377% และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 86.789 หุ้น AOTมีช่วงราคาที่ต่างกันของหุ้นบนกระดานหลักและหุ้นบนกระดานต่างประเทศ ซึ่งเป็นหุ้นมีมีความผันผวนของราคาสูง ในขณะที่หุ้น BJC และ หุ้น GLOBAL ไม่มีการซื้อขายกันบนกระดานต่างประเทศและกลุ่มอุตสาหกรรม อสังหาริมทรัพย์และก่อสร้าง/พัฒนาอสังหาริมทรัพย์ และกลุ่มอุสาหกรรมสินค้าอุตสาหกรรม/ปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์หุ้น SCC มีจำนวนวันการซื้อขายบนกระดานต่างประเทศมากที่สุดถึง 1221 วัน ซึ่งเกือบครอบคลุมระยะเวลาการศึกษา โดยมีค่าเฉลี่ยส่วนต่างราคาของทั้งสองกระดานอยู่ที่ -0.366 % มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.841 ซึ่งหุ้น SCC มีข้อจำกัดหุ้นต่างด้าว อยู่ที่ 25.00% สัดส่วนการถือครองหุ้นต่างด้าวอยู่ที่ 19.97% ซึ่งยังไม่เต็มข้อจำกัดนักลงทุนต่างชาติยังคงซื้อ

ขายหุ้นบนกระดานหลักได้ แสดงว่าหุ้น SCC เป็นหุ้นที่นักลงทุนต่างชาติให้ความสนใจมาก และหุ้น TOA มีจำนวนวันการซื้อขายบนกระดานต่างประเทศเพียงแค่ 4 วัน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ -0.176 % และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 1.330

ในภาพรวมของดัชนี SET50 จะเห็นได้ว่าหุ้น AOTและหุ้น BANPU มีค่าเฉลี่ยส่วนต่างราคาหุ้นบนกระดานหลักเทียบกับราคาหุ้นบนกระดานต่างประเทศห่างจากศูนย์มากที่สุด อยู่ที่ 9.440%และ -82.059% ตามลำดับ โดยที่หุ้น BEM และหุ้น CPN มีค่าเฉลี่ยส่วนต่างระหว่างราคาหุ้นบนกระดานหลักเทียบกับราคาหุ้นบนกระดานต่างประเทศ ใกล้ศูนย์มากที่สุด ซึ่งมีแนวโน้มการเข้ากฎราคาเดียว (law of one price) ซึ่งแสดงถึงความมีประสิทธิภาพของตลาดเมื่อราคาของหลักทรัพย์เดียวกันใกล้เคียงกันหรือเท่ากัน เมื่อราคาทั้งสองกระดานมีแนวโน้มสอดคล้องกับกฎราคาเดียวแล้วจะทำให้นักลงทุนต่างชาติมั่นใจที่จะลงทุนในหุ้นดัชนี SET 50 ทั้งสองกระดานได้อย่างรู้สึกไม่เสียผลประโยชน์และได้ผลตอบแทนตามที่ต้องการ สามารถสรุปการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยส่วนต่างราคาของหุ้นบนกระดานหลักและหุ้นบนกระดานต่างประเทศดัง ตารางที่ 2 ต่อไปนี้

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยส่วนต่างราคาหุ้นบนกระดานหลักเมื่อเทียบกับหุ้นบนกระดานต่างประเทศ 45 หุ้น จากดัชนี SET50 (หน่วย : %)

ลำดับที่	%spread	Mean	ลำดับที่	%spread	Mean
1	PER_SPREAD_AOT***	9.440	24	PER_SPREAD_EA**	0.000
2	PER_SPREAD_CBG	9.345	25	PER_SPREAD_MTC**	0.000
3	PER_SPREAD_GPSC	3.617	26	PER_SPREAD_BJC**	0.000
4	PER_SPREAD_HMPRO	2.455	27	PER_SPREAD_GLOBAL**	0.000
5	PER_SPREAD_PTTEP	2.116	28	PER_SPREAD_CPN*	-0.071
6	PER_SPREAD_IRPC	1.253	29	PER_SPREAD_ADVANCE	-0.093
7	PER_SPREAD_KKP	1.217	30	PER_SPREAD_CENTEL	-0.145
8	PER_SPREAD_CPALL	1.092	31	PER_SPREAD_TOA	-0.176
9	PER_SPREAD_ROBINS	0.970	32	PER_SPREAD_TISCO	-0.273
10	PER_SPREAD_BPP	0.851	33	PER_SPREAD_SCC	-0.366
11	PER_SPREAD_BGRIM	0.818	34	PER_SPREAD_BH	-0.587
12	PER_SPREAD_RATCH	0.769	35	PER_SPREAD_MINT	-0.647
13	PER_SPREAD_TU	0.749	36	PER_SPREAD_TMB	-0.717
14	PER_SPREAD_CPF	0.675	37	PER_SPREAD_SCB	-0.853
15	PER_SPREAD_TRUE	0.626	38	PER_SPREAD_KTC	-0.856
16	PER_SPREAD_BTS	0.572	39	PER_SPREAD_LH	-0.996
17	PER_SPREAD_PTT	0.521	40	PER_SPREAD_KBANK	-1.048
18	PER_SPREAD_EGCO	0.385	41	PER_SPREAD_DTAC	-1.189
19	PER_SPREAD_TOP	0.307	42	PER_SPREAD_INTUCH	-1.627
20	PER_SPREAD_TCAP	0.222	43	PER_SPREAD_BBL	-1.899
21	PER_SPREAD_PTTGC	0.205	44	PER_SPREAD_BDMS	-29.730
22	PER_SPREAD_KTB	0.192	45	PER_SPREAD_BANPU***	-82.059
23	PER_SPREAD_BEM*	0.144			

*หุ้นที่มีค่าเฉลี่ยส่วนต่างราคาใกล้ศูนย์มากที่สุด

**หุ้นที่ไม่มีการซื้อขายบนกระดานต่างประเทศ (Foreign Board)

***หุ้นที่มีค่าเฉลี่ยส่วนต่างราคาห่างจากศูนย์มากที่สุด

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าหุ้น AOTและหุ้น BANPU มีค่าเฉลี่ยส่วนต่างราคาหุ้นบนกระดานหลักเทียบกับราคาหุ้นบนกระดานต่างประเทศห่างจากศูนย์มากที่สุด อยู่ที่ 9.440%และ -82.059% ตามลำดับ โดยที่หุ้น BEM และหุ้น CPN มีค่าเฉลี่ยส่วนต่างระหว่างราคาหุ้นบนกระดานหลักเทียบกับราคาหุ้นบนกระดานต่างประเทศ ใกล้ศูนย์มากที่สุด ซึ่งมีแนวโน้มการเข้ากฎราคาเดียว (law of one price) แสดงถึงความมีประสิทธิภาพของตลาดเมื่อราคาของหลักทรัพย์เดียวกันใกล้เคียงกันหรือเท่ากัน ทำให้นักลงทุนต่างชาติมั่นใจที่จะลงทุนใน หุ้นดัชนี SET 50

หมายเหตุ : หุ้น KTC มีการซื้อขายบนกระดานต่างประเทศเพียงวันเดียวในวันที่ 5 มี.ค 2558 ซึ่งมีส่วนต่างราคาอยู่ที่ -0.856 %

ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์สถิติเชิงอนุมาน

จากสมการที่ 3 จะได้ข้อสรุปดังต่อไปนี้ ในหุ้นกลุ่ม A หุ้น MINT มีราคาหุ้นบนกระดานหลักต่ำกว่าราคาหุ้นบนกระดานต่างประเทศ -0.647186% โดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและหุ้น TU มีราคาหุ้นบนกระดานหลักสูงกว่าราคาหุ้นบนกระดานต่างประเทศ 0.749118% โดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในกลุ่ม B หุ้น BGRIM, TOP, PTT, PTTEP, และ RATCH มีราคาหุ้นบนกระดานหลักสูงกว่าราคาหุ้นบนกระดานต่างประเทศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อยู่ที่ 0.818421%, 0.306944%, 0.521096%, 2.115863%, 0.768704% โดยเฉลี่ยตามลำดับ หุ้น BANPU มีราคาหุ้นบนกระดานหลักต่ำกว่าราคาหุ้นบนกระดานต่างประเทศ -82.05941% โดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในกลุ่ม C หุ้น INTUCH และ DTAC มีราคาหุ้นบนกระดานหลักต่ำกว่าราคาหุ้นบนกระดานต่างประเทศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ -1.627427%, -1.189319% โดยเฉลี่ยตามลำดับ

ในกลุ่ม D หุ้น KBANK และ BBL มีราคาหุ้นบนกระดานหลักต่ำกว่าราคาหุ้นบนกระดานต่างประเทศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ -1.047551%, -1.899107% โดยเฉลี่ยตามลำดับ หุ้น KKP มีราคาหุ้นบนกระดานหลักสูงกว่าราคาหุ้นบนกระดานต่างประเทศ 1.217126% โดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 3 พิจารณาส่วนต่างราคาปิดรายวันของหุ้นบนกระดานหลักกับหุ้นบนกระดานต่างประเทศที่มีนัยสำคัญทางสถิติ

	หลักทรัพย์	α	T-Statistic	P-Value	การพิจารณา
กลุ่ม A	MINT	-0.64719	-3.78387	0.0002***	MB<FB
	TU	0.74912	1.89669	0.0711*	MB>FB
กลุ่ม B	BGRIM	0.81842	2.51498	0.0456**	MB>FB
	TOP	0.30694	1.85956	0.0662*	MB>FB
	PTT	0.52110	3.55962	0.0005***	MB>FB
	PTTEP	2.11586	1.77860	0.0805*	MB>FB
	BANPU	-82.05941	-2.11646	0.0385**	MB<FB
	RATCH	0.76870	2.31993	0.0349**	MB>FB
กลุ่ม C	INTUCH	-1.62743	-8.11176	0.0000***	MB<FB
	DTAC	-1.18932	-8.57405	0.0000***	MB<FB
กลุ่ม D	KBANK	-1.047551	-12.25997	0.0000***	MB<FB
	BBL	-1.899107	-10.75017	0.0000***	MB<FB
	KKP	1.217126	1.958275	0.072*	MB>FB
กลุ่ม E	CPALL	1.091881	2.036957	0.0439**	MB>FB
	BH	-0.587127	-1.826508	0.0927*	MB<FB
กลุ่ม F	LH	-0.996059	-11.15479	0.0000***	MB<FB
	SCC	-0.36553	-7.377567	0.0000***	MB<FB
	PTTGC	0.205269	1.918243	0.0563*	MB>FB

หมายเหตุ ***,**,* แสดงนัยสำคัญที่ระดับ 0.01, 0.05, 0.10 ตามลำดับ; MB, FB แสดงราคาหุ้นบนกระดานหลัก (Main Board) และกระดานต่างประเทศ (Foreign Board)

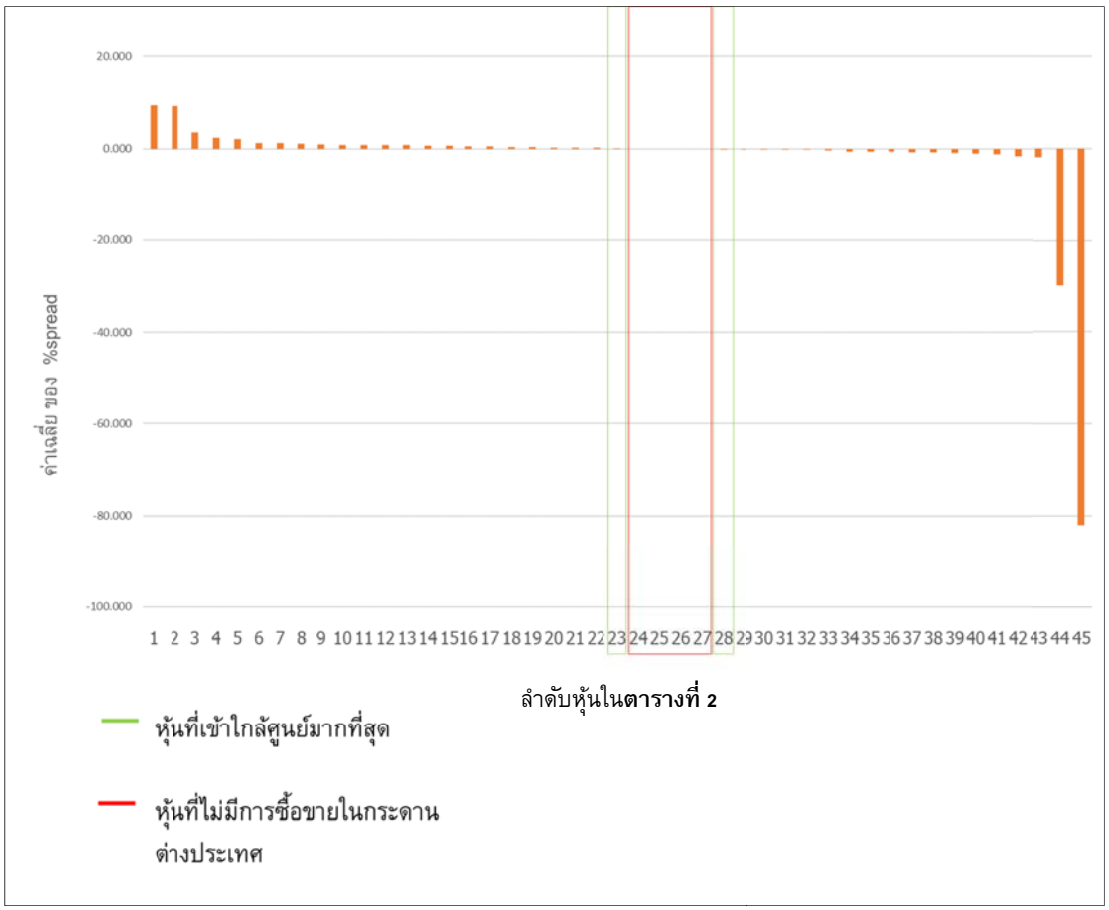
ในกลุ่ม E หุ้น CPALL มีราคาหุ้นบนกระดานหลักสูงกว่าราคาหุ้นบนกระดานต่างประเทศ 1.091881 % โดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หุ้น BH มีราคาหุ้นบนกระดานหลักต่ำกว่าราคาหุ้นบนกระดานต่างประเทศ -0.587127 % โดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในกลุ่ม F หุ้น LH และหุ้น SCC มีราคาหุ้นบนกระดานหลักต่ำกว่าราคาหุ้นบนกระดานต่างประเทศ -0.996059 % และ -0.36553 % โดยเฉลี่ยตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และหุ้น PTTGC มีราคาหุ้นบนกระดานหลักสูงกว่าราคาหุ้นบนกระดานต่างประเทศ 0.205269 % โดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุป

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าหุ้น BEM และหุ้น CPN เป็นหุ้นที่มีค่าเฉลี่ยส่วนต่างระหว่างราคาหุ้นบนกระดานหลักเทียบกับราคาหุ้นบนกระดานต่างประเทศ ใกล้ศูนย์มากที่สุด อยู่ที่0.144 % และ - 0.071 % ซึ่งมีแนวโน้มการเข้ากฎราคาเดียว (law of one price) ซึ่งแสดงถึงความมีประสิทธิภาพของตลาดเมื่อราคาของหลักทรัพย์เดียวกันใกล้เคียงกันหรือเท่ากัน เมื่อราคาทั้งสองกระดานมีแนวโน้มสอดคล้องกับกฎราคาเดียวแล้วจะทำให้นักลงทุนต่างชาติมั่นใจที่จะลงทุนในหุ้นดัชนี SET 50 ทั้งสองกระดานได้อย่างรู้สึกไม่เสียผลประโยชน์และได้ผลตอบแทนตามที่ต้องการ

หมายเหตุ : หุ้น KTC มีการซื้อขายบนกระดานต่างประเทศเพียงวันเดียวในวันที่ 5 มี.ค 2558 ซึ่งมีส่วนต่างราคาอยู่ที่ -0.856 %



ภาพที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา

จากผลการทดสอบสถิติเชิงอนุมานพบว่า มีหุ้นที่ปฏิเสธสมมุติฐานหลัก (null hypothesis) และยอมรับสมมุติฐานรอง (alternative hypothesis) ดังต่อไปนี้ หุ้น MINT, PTT, INTUCH, DTAC, KBANK, BBL, LH,และ SCC ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 ส่วนหุ้น BGRIM,BANPU, RATCH, และ CPALL ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ส่วนหุ้น TU,TOP, PTTEP, KKP, BH, และ PTTGC ที่ระดับนัยสำคัญ

ทางสถิติ 0.10 และมีหุ้นที่ยอมรับสมมุติฐานหลัก (null hypothesis) และปฏิเสธสมมุติฐานรอง (alternative hypothesis) ดังต่อไปนี้หุ้น CPF, CBG, BGRIM, EGCO, IRPC, BPP, GPSC, TRUE, ADVANC, TISCO, TMB, TCAP, SCB, KTB, BTS, BDMS, CENTEL, HMPRO, ROBINS, AOT, BEM, CPN,และ TOA ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ทุกระดับนัยสำคัญหมายความว่า ค่าคงที่ของแต่ละหุ้นแสดงให้เห็นว่าราคาหุ้นรายวันบนกระดานหลักกับกระดานต่างประเทศไม่แตกต่างกัน หรือกล่าวได้ว่าสอดคล้องกับ กฎราคาเดียว (law of one price)โดยสามารถสรุปผลการศึกษาจากสถิติเชิงอนุมานได้ดัง ตารางที่ 4 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4 สรุปผลการศึกษาจากสถิติเชิงอนุมาน

	ค่าคงที่โดยเฉลี่ยมีค่า น้อยกว่า ศูนย์	ค่าคงที่โดยเฉลี่ยมีค่า เท่ากับ ศูนย์		ค่าคงที่โดยเฉลี่ยมีค่ามากกว่า ศูนย์
	MINT	CPF	SCB	TU
	BANPU	CBG	KTB	BGRIM
	INTUCH	EGCO	BTS	TOP
	DTAC	IRPC	BDMS	PTT
	KBANK	BPP	CENTEL	PTTEP
	BBL	GPSC	HMPRO	RATCH
	BH	TRUE	ROBINS	KKP
	LH	ADVANC	AOT	CPALL
	SCC	TISCO	BEM	PTTGC
		TMB	CPN	
		TCAP	TOA	
รวม	9 หุ้น	22 หุ้น		9 หุ้น

กล่าวได้ว่ามีหุ้น 18 ตัวที่ราคาของทั้งสองกระดานแตกต่างกันได้แก่หุ้น MINT, PTT, INTUCH, DTAC, KBANK, BBL, LH,SCC, BGRIM,BANPU, RATCH,CPALL,TOP,TU, PTTEP, KKP, BH, และ PTTGC มีส่วนต่างราคาหุ้นรายวันบนกระดานหลักกับกระดานต่างประเทศแตกต่างกัน กล่าวคือส่วนต่างราคาของหุ้นบนกระดานหลักกับกระดานต่างประเทศไม่เข้าใกล้ ศูนย์ ซึ่งไม่สอดคล้องกับกฎสินค้าราคาเดียว (Law of one price) และมีหุ้นทั้งหมด 22 ตัวที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติดังต่อไปนี้ CPF, CBG, EGCO, IRPC, BPP, GPSC, TRUE, ADVANC, TISCO, TMB, TCAP, SCB, KTB, BTS, BDMS, CENTEL, HMPRO, ROBINS, AOT, BEM, CPN,และ TOA กล่าวคือส่วนต่างราคาของหุ้นบนกระดานหลักกับกระดานต่างประเทศเข้าใกล้ ศูนย์ หรือ เท่ากับศูนย์ซึ่งสอดคล้องกับกฎสินค้าราคาเดียว (Law of one price) แสดงถึงความมีประสิทธิภาพของตลาด มีหุ้น 4 ตัวที่มีหุ้นบนกระดานต่างประเทศแต่ไม่มีการซื้อขายกันบนกระดานต่างประเทศจึงนำมาวิเคราะห์ในการศึกษาในครั้งนี้ไม่ได้ ได้แก่หุ้น EA,MTC,BJC, และ GLOBAL ส่วนหุ้น KTC มีการซื้อขายบนกระดานต่างประเทศเพียงวันเดียวจึงไม่สามารถนำมาทำการศึกษาได้ และ มี 5 หุ้น ที่ไม่มีหุ้นบนกระดานต่างประเทศได้แก่หุ้น BEAUTY, DELTA, GLOW, IVL, และSPRC

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าอิสระเรื่องนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร. บุญเลิศ จิตรมณีโรจน์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและถ่ายทอดความรู้เชิงวิชาการต่าง ๆซึ่งเป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าอิสระ ตลอดจนความเอาใจใส่ แนะนำและช่วยเหลือแก้ไขให้การศึกษาค้นคว้าอิสระในครั้งนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่ได้มาศึกษาและนำไปใช้อย่างถูกต้อง และขอขอบคุณ คุณกาญจนา เกรียงไกรสิริกุล ที่ช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในการประสานงานระหว่างนักศึกษากับคณาจารย์ตลอดจนการ

ตรวจสอบแบบฟอร์มให้เป็นไปตามที่มหาวิทยาลัยกำหนด สุดท้ายนี้ผู้ศึกษาขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดา ครอบครัวอันเป็นที่รักของผู้ศึกษาที่ได้อบรมสั่งสอนคอยช่วยเหลือในทุกเรื่องเป็นกำลังใจให้ประสบความสำเร็จและเป็นผู้สนับสนุนในการศึกษาต่อระดับปริญญาโทและขอบคุณเพื่อนนักศึกษาทุกท่านที่ช่วยเหลืออีกทั้งเป็นแรงผลักดันในการศึกษาครั้งนี้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

1. ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย. ประวัติและบทบาท. [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 10 ส.ค. 2561]. เข้าถึงได้จาก : https://www.set.or.th/th/about/overview/history_p1.html
2. ส่วนนโยบายการออมและการลงทุนในภาพรวม, สำนักนโยบายการออมและการลงทุน. ศัพท์น่ารู้เกี่ยวกับเศรษฐกิจ. [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 10 ส.ค. 2561]. เข้าถึงได้จาก : http://www2.fpo.go.th
3. วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. รัฐประหารในประเทศไทย. [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 10 ส.ค. 2561]. เข้าถึงได้จาก : https://th.wikipedia.org/wiki
4. ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย. สรุปสถิติสำคัญของตลาดหลักทรัพย์ SETSMART (SET Market Analysis and Reporting Tool). [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 10 ส.ค. 2561]. เข้าถึงได้จาก ://www.setsmart.com/

[AS-O08] วิธีการสำหรับการแก้ปัญหาการขนส่งแบบฟัซซี่ทั่วไป

An Approach for Solving Generalized Fuzzy Transportation Problems

ดรุณี หันวิสัย*
Darunee Hunwisai*
หลักสูตรคณิตศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: darunee.hun@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

ในบทความวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางการแก้ปัญหาการขนส่งแบบฟัซซี่ทั่วไป โดยใช้เทคนิคการจัดอันดับที่แข็งแกร่ง (Robust ranking technique) สำหรับหาค่าที่เป็นตัวแทนของฟัซซี่สี่เหลี่ยมคางหมู จากนั้นได้ใช้วิธีการจัดสรรตาราง (Allocation Table Method) เพื่อค้นหาผลลัพธ์เบื้องต้น (Basic Feasible Solution) สำหรับการหาค่าใช้จ่ายในการขนส่ง นอกเหนือจากนี้ได้ใช้วิธีการกระจายแบบดัดแปลง (Modified Distribution Method) เพื่อตรวจสอบและปรับปรุงค่าใช้จ่ายในการขนส่งให้น้อยที่สุด
คำสำคัญ: *ฟัซซี่, ปัญหาขนส่ง, เทคนิคการจัดอันดับที่แข็งแกร่ง*

Abstract

In this article, we introduce the method for solving generalized fuzzy transportation problems using Robust's ranking technique for the representative value of the generalized trapezoidal fuzzy numbers. In addition, we are using allocation table method (ATM) to find a basic feasible solution (BFS) for the fuzzy transportation problems. Moreover, the distribution method (MODI) is used to check and improve transportation costs to a minimum.
Keywords: *fuzzy, transportation problem, Robust ranking technique*

บทนำ

ปัญหาการขนส่งมีวัตถุประสงค์เพื่อหาต้นทุนค่าใช้จ่ายในการขนส่งให้น้อยที่สุด ภายใต้ข้อจำกัดของความสามารถในการผลิตและความต้องการสินค้านั้น ในการแก้ปัญหาการขนส่งมีความจำเป็นต้องทราบค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนของการขนส่งสินค้า ซึ่งในปัจจุบันจะพบว่าต้นทุนที่เกิดขึ้นไม่คงที่ มีความผันผวนเนื่องมาจากความผันผวนของราคาน้ำมัน แก๊ส ระยะทางของการขนส่ง เป็นต้น ผู้มีอำนาจในการตัดสินใจขาดข้อมูลที่ชัดเจนจึงทำให้ส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ในสถานการณ์เช่นนี้สามารถแก้ปัญหาได้โดยใช้แนวคิดของการตัดสินใจในสภาพแวดล้อมที่คลุมเครือถูกเสนอโดย Bellman, Zadeh[1] และการแก้ปัญหาการขนส่งโดยใช้การโปรแกรมเชิงเส้น ซึ่งได้รับการพัฒนาเป็นครั้งแรกโดย Hitchcock FL[2] แนวคิดดังกล่าวได้รับการพัฒนาและวิจัยมาอย่างต่อเนื่อง Dinagar, Palanivel[3] ได้ตรวจสอบปัญหาการขนส่งในสภาพแวดล้อมที่คลุมเครือ Kaur, Kumar[4] นำเสนอวิธีการใหม่ในการแก้ปัญหาการขนส่งฟัซซี่โดยใช้ตัวเลขสี่เหลี่ยมคางหมูแบบสี่เหลี่ยมคางหมูทั่วไป Ahmed, Khan, Uddin, Ahmed[5] ได้แนะนำวิธีการจัดสรรตารางสำหรับการค้นหาผลลัพธ์เบื้องต้น ซึ่งเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ให้ผลลัพธ์ที่เทียบเท่าหรือดีกว่าวิธีการหาผลลัพธ์เบื้องต้นที่มีมาก่อน

จากความไม่แน่นอนของค่าขนส่งสินค้าที่อาจเกิดขึ้นได้ ทำให้ผู้มีอำนาจตัดสินใจ ตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอนของค่าขนส่ง ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่มีต้นทุนที่สูงขึ้นได้ ดังนั้นในบทความนี้จึงขอเสนอวิธีการแก้ปัญหาการขนส่งแบบฟัซซี่ (Fuzzy Transportation Problem) โดยใช้เทคนิคการจัดอันดับที่แข็งแกร่ง (Robust Ranking Technique) สำหรับหาค่าตัวแทนของตัวเลขฟัซซี่ นอกจากนี้เราจะใช้วิธีการจัดสรรตาราง (Allocation Table Method) เพื่อค้นหาผลลัพธ์เบื้องต้นและปรับปรุงผลลัพธ์เบื้องต้นด้วยวิธีการแก้ไขแบบกระจายแบบดัดแปลง (Modified Distribution Method) เพื่อเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการแก้ปัญหาการขนส่งภายใต้ความไม่แน่นอนของค่าขนส่งที่อาจเกิดขึ้นได้

วิธีดำเนินการวิจัย

1) ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาขนส่งแบบฟัซซี่ 2) ศึกษาวิธีการจัดสรรตารางเพื่อค้นหาผลลัพธ์เบื้องต้นและศึกษาวิธีการกระจายแบบดัดแปลงเพื่อตรวจสอบและปรับปรุงค่าใช้จ่ายในการขนส่งให้น้อยที่สุด 3) พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับนำไปใช้ในการแก้ปัญหาขนส่งแบบฟัซซี่ทั่วไป 4) ทดสอบความสามารถในการหาคำตอบโดยวิธีการจัดสรรตาราง ตรวจสอบและปรับปรุงค่าใช้จ่ายในการขนส่ง 5) แสดงผลการหาผลลัพธ์เบื้องต้นและผลการปรับปรุงผลลัพธ์เบื้องต้น และ 6) สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ฟัซซีเซต (Fuzzy Set) ถูกคิดค้นโดย Zadeh[6] ในปี ค.ศ. 1965 ฟัซซีเซตเป็นเซตที่มีขอบเขตแบบคลุมเครือ ความไม่แน่นอน โดยที่ฟัซซีเซตยอมให้มีการกำหนดค่าระดับความเป็นสมาชิกในเซต (Degree of Membership) อยู่ระหว่าง 0 และ 1 ซึ่งแตกต่างจากเซตแบบฉบับ (Classical Set) ที่มีการกำหนดค่าความเป็นสมาชิกเพียง 2 ค่า เท่านั้น คือ 1 หมายถึงเป็นสมาชิกในเซต และ 0 หมายถึงไม่เป็นสมาชิกในเซตและการกำหนดค่าระดับความเป็นสมาชิกนั้นต้องอาศัยฟังก์ชันความเป็นสมาชิก สำหรับฟัซซีเซตเรานิยามฟังก์ชัน $\mu_{\tilde{A}}$ เรียกว่าฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership Function) ของฟัซซีเซต $\tilde{A}$ ดังนี้

นิยาม 1 กำหนดให้ X เป็นเซตของเอกภพสัมพัทธ์ ฟัซซีเซต $\tilde{A}$ ใน X เขียนแทนด้วย $\tilde{A}=\{x,\mu_{\tilde{A}}(x)|x\in X\}$ โดยที่ $\mu_{\tilde{A}}:X\longrightarrow[0,1]$ เรียก $\mu_{\tilde{A}}(X)$ ว่าระดับความเป็นสมาชิกของ X ในฟัซซีเซต $\tilde{A}$ ดังนั้นค่า [0,1] คือค่าระดับความเป็นสมาชิกของ X ในฟัซซีเซต $\tilde{A}$

นิยาม 2 กำหนดให้ฟัซซีเซต $\tilde{A}$ เป็นฟัซซีเซตบนจำนวนจริง จะเรียก $\tilde{A}$ ว่าเป็นตัวเลขฟัซซี่แบบทั่วไป ถ้ามีฟังก์ชันความเป็นสมาชิกเป็นดังนี้ คือ

1) $\mu_{\tilde{A}}:R\longrightarrow[0,w]$ มีความต่อเนื่อง
2) $\mu_{\tilde{A}}(x)=0,\ \forall x\in(-\infty,l']\cup[r',\infty)$
3) $\mu_{\tilde{A}}(x)$ เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอบนช่วง $[l',a]$ และลดลงอย่างสม่ำเสมอบนช่วง $[b,r']$
4) $\mu_{\tilde{A}}(x)=w,\ \forall x\in[a,b],\ 0<w\leq 1$

ในบทความนี้จะกล่าวถึงตัวเลขฟัซซี่สี่เหลี่ยมคางหมูแบบทั่วไปและนำเสนอตัวดำเนินการทางคณิตศาสตร์ระหว่างตัวเลขฟัซซี่สี่เหลี่ยมคางหมูทั่วไป นิยามดังนี้

นิยาม 3 ตัวเลขฟัซซี่ $\tilde{A}=\{l',a,b,r';w\}$ จะเรียกว่าเป็นตัวเลขฟัซซี่สี่เหลี่ยมคางหมูทั่วไป ถ้ามีฟังก์ชันความเป็นสมาชิกเป็นดังนี้

$$\mu_{\tilde{A}}(x)=\begin{cases}0 & , \quad x<l'\\ w\dfrac{(x-l')}{(a-l')} & , \quad l'\leq x<a\\ w & , \quad a\leq x\leq b\\ w\dfrac{(r'-x)}{(r'-b)} & , \quad b<x\leq r'\\ 0 & , \quad x>r'\end{cases} \qquad (1)$$

เมื่อ $w\in(0,1]$ และ $l'\leq a\leq b\leq r'$

นิยาม 4 กำหนดให้ $\tilde{A}_1 = \{l'_1, a_1, b_1, r'_1; w_1\}$ และ $\tilde{A}_2 = \{l'_2, a_2, b_2, r'_2; w_2\}$ เป็นตัวเลขฟัซซี่สี่เหลี่ยมคางหมูทั่วไป และ $\xi \neq 0$ การดำเนินการระหว่างตัวเลขฟัซซี่และการคูณเชิงสเกลาร์บนตัวเลขฟัซซี่ เป็นดังนี้

1. $\tilde{A}_1 \oplus \tilde{A}_2 = (l'_1 + l'_2, a_1 + a_2, b_1 + b_2, r'_1 + r'_2; \min(w_1, w_2))$
2. $\tilde{A}_1 \ominus \tilde{A}_2 = (l'_1 - r'_2, a_1 - b_2, b_1 - a_2, r'_1 - l'_2; \min(w_1, w_2))$
3. $\xi\tilde{A}_1 = \begin{cases} (\xi l'_1, \xi a_1, \xi b_1, \xi r'_1; w) & , \quad \xi > 0 \\ (\xi r'_1, \xi b_1, \xi a_1, \xi l'_1; w) & , \quad \xi < 0 \end{cases}$

นิยาม 5 กำหนดให้ λ- เซตตัด ของตัวเลขฟัซซี่สี่เหลี่ยมคางหมูทั่วไป $\tilde{A} = \{l', a, b, r'; w\}$ เป็นเซตย่อยชัดแจ้ง (Crisp Subset) บนจำนวนจริง ซึ่งนิยามโดย $\tilde{A}_\lambda = \{x \mid \mu_{\tilde{A}}(x) \geq \lambda\}$ และ $\lambda \in [0,1]$

จากนิยาม 5 จะได้ว่าเซตตัดของ $\tilde{A}$ คือ $\tilde{A}_\lambda = [\tilde{A}^L_\lambda, \tilde{A}^U_\lambda]$ และจากสมการที่ (1) สามารถนำมาจัดรูป λ- เซตตัด ของตัวเลขฟัซซี่สี่เหลี่ยมคางหมูทั่วไป $\tilde{A} = \{l', a, b, r'; w\}$ ได้ดังนี้

$$\tilde{A}_\lambda = [l' + \frac{\lambda}{w}(a - l'), r' - \frac{\lambda}{w}(r' - b)] \qquad (2)$$

ในส่วนนี้เราจะนำเสนอเทคนิคการจัดอันดับที่แข็งแกร่ง (Robus Ranking Technique) ที่คิดค้นโดย Yager[7]

นิยาม 6 กำหนดให้ $\tilde{A}$ เป็นคอนเวกซ์ (Convex) ดัชนีการจัดอันดับที่แข็งแกร่ง (Robust's Ranking Index) นิยามโดย

$$R(\tilde{A}) = \frac{1}{2}\int_0^1 (\tilde{A}^L_\lambda + \tilde{A}^U_\lambda)\, d\lambda$$

เมื่อ $[\tilde{A}^L_\lambda, \tilde{A}^U_\lambda]$ เป็น λ- เซตตัดของตัวเลขฟัซซี่ $\tilde{A}$

ดังนั้นจากนิยามที่ 3, 5 และ สมการที่ (2) จะได้ $R(\tilde{A}) = \frac{1}{2}\int_0^1 [l' + \frac{\lambda}{w}(a - l'), r' - \frac{\lambda}{w}(r' - b)]\, d\lambda$

สัญลักษณ์ $R(\tilde{A})$ แทนดัชนีค่าของตัวเลขฟัซซี่ $\tilde{A}$

$R(\tilde{c}_{ij})$ แทนดัชนีค่าขนส่งฟัซซี่ต่อหน่วยในการขนส่งทรัพยากร จากแหล่งต้นทางที่ i ไปยังจุดหมายปลายทางที่ j

ตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับแก้ปัญหาการขนส่งแบบฟัซซี่ เป็นดังนี้

$$\text{Minimize} \quad \tilde{\psi} = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} \tilde{c}_{ij} x_{ij}$$

$$\text{Subject to} \quad \sum_{j=1}^{n} x_{ij} \leq a_i \ , \ i = 1, 2, 3, \ldots, m$$

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} \geq b_j \ , \ j = 1, 2, 3, \ldots, m$$

$$x_{ij} \geq 0 \ , \ \forall i, j$$

โดยที่ $\tilde{c}_{ij}$ แทนค่าขนส่งต่อหน่วยในการขนส่งทรัพยากรจากแหล่งต้นทางที่ i ไปยังจุดหมายปลายทางที่ j , x_{ij} แทนปริมาณของทรัพยากรที่ขนส่งจากแหล่งต้นทางที่ i ไปยังจุดหมายปลายทางที่ j , a_i แทนปริมาณของทรัพยากรของแหล่งต้นทางที่ i , b_j แทนปริมาณความต้องการทรัพยากรของจุดหมายปลายทางที่ j , $\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}\tilde{c}_{ij}x_{ij}$ แทนต้นทุนการขนส่งฟัซซี่ทั้งหมด

ถ้า $\sum_{i=1}^{m} a_i = \sum_{j=1}^{n} b_j$ แล้วกล่าวได้ว่าเป็นปัญหาการขนส่งฟัซซี่สมดุล และถ้า $\sum_{i=1}^{m} a_i \neq \sum_{j=1}^{n} b_j$ แล้วกล่าวได้ว่าเป็นปัญหาการขนส่งฟัซซี่ไม่สมดุล

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การหาผลลัพธ์เบื้องต้น

สำหรับบทความฉบับนี้ได้เลือกกใช้วิธีการหาผลลัพธ์เบื้องต้นด้วยวิธีการจัดสรรตาราง (Allocation Table Method) ของ Ahmed, Khan, Uddin, Ahmed[5]

ขั้นตอนที่ 1: สร้างตารางการขนส่งจากปัญหาการขนส่งฟัซซี่ที่กำหนด โดยนำตัวเลขที่ได้จากการใช้เทคนิคการจัดอันดับที่แข็งแกร่งใส่ลงในตารางให้ครบทุกช่อง

ขั้นตอนที่ 2: ตรวจสอบตารางในขั้นตอนที่ 1 ให้แน่ใจว่าปัญหาการขนส่งมีความสมดุลหรือไม่ ถ้าไม่สมดุลต้องทำให้สมดุลก่อน

ขั้นตอนที่ 3: เลือกค่าใช้จ่ายที่เป็นจำนวนคี่ต่ำสุด (สามารถเป็นจำนวนเต็ม / ทศนิยม / เศษส่วน) จากทุกช่องของตารางการขนส่ง หากไม่มีค่าใช้จ่ายที่เป็นจำนวนคี่ ให้นำ 2 หารค่าใช้จ่ายในทุกช่องของตารางการขนส่ง จนสามารถได้ค่าใช้จ่ายที่เป็นจำนวนคี่

ขั้นตอนที่ 4: ตารางใหม่จะเรียกว่าตารางการจัดสรร โดยมีค่าใช้จ่ายที่เป็นจำนวนคี่ปรากฏอยู่

ขั้นตอนที่ 5: ในครั้งแรกจะเริ่มต้นโดยการเลือกจัดสรรให้กับค่าใช้จ่ายที่เป็นจำนวนคี่ที่ต่ำที่สุดจากตารางการจัดสรรในขั้นตอนที่ 4 ทำการขนส่งให้มากที่สุด โดยไม่ขัดกับเงื่อนไขและข้อจำกัดที่มีทั้งทางด้านอุปสงค์และอุปทาน จากนั้นลบแถว หรือคอลัมน์ที่จัดสรรให้เสร็จสมบูรณ์

ขั้นตอนที่ 6: จากนั้นให้พิจารณาทำการขนส่งในช่องที่มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดในอันดับถัดไป ทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนจัดสรรครบทั้งทางด้านอุปสงค์และอุปทาน

ขั้นตอนที่ 7: คำนวณค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่ได้จากการจัดสรรตาราง

2. การตรวจสอบผลลัพธ์เบื้องต้นที่ได้ เพื่อหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดด้วยวิธีการกระจายแบบดัดแปลง

วิธีการกระจายแบบดัดแปลง (Modified Distribution Method) เป็นวิธีที่ใช้เพื่อตรวจสอบผลลัพธ์เบื้องต้นที่คำนวณได้เพื่อช่วยในการปรับปรุงเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1: ค้นหาผลลัพธ์เบื้องต้นด้วยวิธีการจัดสรรตาราง (Allocation Table Method) ที่นำเสนอ

ขั้นตอนที่ 2: คำนวณตัวแปรคู่ R_i และ K_j สำหรับแถวและคอลัมน์ทั้งหมดตามลำดับ ซึ่ง $R_i + K_j = C_{ij}$ กำหนดให้ $R_1 = 0$

ขั้นตอนที่ 3: กำหนดให้ $E_{ij} = C_{ij} - R_i - K_j$ ต้องหา E_{ij} ของช่องที่ไม่ถูกจัดสรร (Non Basic Cell) ทุกช่อง

ขั้นตอนที่ 4: พิจารณาค่าของ E_{ij} ถ้า $E_{ij} \geq 0$ แสดงว่าผลลัพธ์ที่ได้เบื้องต้นเป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ถ้าค่า E_{ij} ที่คำนวณได้มีค่า $E_{ij} < 0$ แสดงว่ามีช่องที่สามารถลดค่าขนส่งลงได้อีก ไปที่ขั้นตอนที่ 5

ขั้นตอนที่ 5: เลือกช่องที่ ค่า E_{ij} เป็นลบมากที่สุด

ขั้นตอนที่ 6: สร้างวงปิด (Closed Loop) โดยในตอนแรกเริ่มต้นวงปิดด้วยการเลือกช่องว่างและเคลื่อนที่ในแนวตั้งและแนวนอนด้วยช่องมุมที่ถูกเลือกและกลับมาที่ช่องว่างในตอนเริ่มต้นเพื่อทำวงปิดให้สมบูรณ์ ใช้เครื่องหมาย “+” และ “-” ที่มุมของวงปิดโดยกำหนดเครื่องหมาย “+” ให้กับช่องว่างแรกที่เลือกไว้ก่อน

ขั้นตอนที่ 7: ค้นหาค่าการจัดสรรต่ำสุดจากช่องที่มีเครื่องหมาย " -" หลังจากนั้นนำค่าที่ถูกเลือกไปจัดสรรในช่องที่เลือกไว้ โดยนำค่านี้ไปบวกเข้ากับช่องที่มีเครื่องหมาย "+" และนำค่านี้ไปลบออกจากช่องที่มีเครื่องหมาย "-"

ขั้นตอนที่ 8: การจัดสรรในขั้นตอนที่ 7 จะส่งผลให้ได้ผลลัพธ์ที่จะต้องทำการปรับปรุง

ขั้นตอนที่ 9: ทำการตรวจสอบอีกครั้งตั้งแต่ขั้นที่ 1 จนได้ค่า $E_{ij} \geq 0$ ทุกค่า หากพบว่ายังมีค่าลบเหลืออยู่จะต้องทำการปรับปรุงผลลัพธ์และตรวจสอบผลลัพธ์จนกระทั่งได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดซึ่งค่า E_{ij} มีค่ามากกว่า 0 ทุกค่า

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในหัวข้อนี้เราจะนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยปัญหาเป็นปัญหาขนส่งแบบฟัซซี่ ที่มีการกระจายสินค้าจากโรงงาน 3 แห่งคือ S_1, S_2 และ S_3 ไปสู่ศูนย์กระจายสินค้า 3 แห่งคือ D_1, D_2 และ D_3 โดยกำหนดค่าขนส่งในแต่ละเส้นทางมีหน่วยเป็นบาท พิจารณาข้อมูลในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลการขนส่งแบบฟัซซี่ (ค่าขนส่งมีหน่วยเป็นบาท)

	D_1	D_2	D_3	กำลังการผลิต (a_i)
S_1	(3,6,9,11;0.7)	(4,6,8,11;0.8)	(5,9,12,15;0.6)	40
S_2	(2,4,8,12;0.5)	(3,5,9,14;0.6)	(6,7,11,16;0.8)	50
S_3	(3,5,7,13;0.6)	(4,7,11,15;0.9)	(3,5,9,13;0.7)	60
ความต้องการ (b_j)	55	65	30	150

จากตารางที่ 1 พบว่า $\sum_{i=1}^{m} a_i = \sum_{j=1}^{n} b_j = 150$ กล่าวได้ว่าเป็นปัญหาการขนส่งฟัซซี่สมดุล

ค่าใช้จ่ายในการขนส่งจากโรงงานไปยังศูนย์กระจายสินค้าแต่ละแห่ง แสดงตัวเลขฟัซซี่สี่เหลี่ยมคางหมูแบบทั่วไป ดังนั้นเราจะใช้เทคนิคการจัดอันดับที่แข็งแกร่ง (Robust Ranking Technique) เพื่อหาค่าใช้จ่ายในการขนส่งใหม่ แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลค่าขนส่ง โดยใช้เทคนิคการจัดอันดับที่แข็งแกร่ง (Robust Ranking Technique)

	D_1	D_2	D_3	กำลังการผลิต (a_i)
S_1	14.71	14.38	20.83	40
S_2	12.00	14.50	19.50	50
S_3	12.67	18.44	14.57	60
ความต้องการ (b_j)	55	65	30	150

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าค่าขนส่งสินค้าจากเส้นทาง S_1 ไปยัง D_1 คือ (3,6,9,11;0.7) ใช้เทคนิคการจัดอันดับที่แข็งแกร่งคำนวณค่าขนส่งใหม่ ดังนี้

$$R(\tilde{c}_{11}) = R(3,6,9,11;0.7)$$

$$= \frac{1}{2}\int_0^1 [\tilde{c}_\lambda^L + \tilde{c}_\lambda^U]\,d\lambda$$

$$= \frac{1}{2}\int_0^1 [14 + \frac{\lambda}{0.7}]\,d\lambda$$

$$= 14.71$$

ค่าขนส่งสินค้าจากเส้นทาง S_1 ไปยัง D_1 โดยใช้เทคนิคการจัดอันดับที่แข็งแกร่ง ได้เท่ากับ 14.71 บาทต่อหน่วย ในทำนองเดียวกันในเส้นทางอื่น ๆ จะได้ค่าขนส่งใหม่ดังนี้คือ $R(\tilde{c}_{12}) = 14.38, R(\tilde{c}_{13}) = 20.83, R(\tilde{c}_{21}) = 12$

$R(\tilde{c}_{22}) = 14.50, R(\tilde{c}_{23}) = 19.50, R(\tilde{c}_{31}) = 12.67, R(\tilde{c}_{32}) = 18.44, R(\tilde{c}_{33}) = 14.57$

จากตารางที่ 2 เส้นทางที่มีค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนคี่ต่ำสุดคือจาก S_3 ไปยัง D_1 มีค่าขนส่ง 12.67 บาทต่อหน่วย ดังนั้นเลือกเส้นทางนี้เป็นเส้นทางแรก โดยจะจัดสรรบนเส้นทางนี้ให้มากที่สุด จากเงื่อนไขของโรงงาน S_3 ที่มีสินค้า 60 หน่วย และศูนย์กระจายสินค้า D_1 ซึ่งรับสินค้าได้ 55 หน่วย ดังนั้นจะจัดสรรให้ขนส่งจากโรงงาน S_3 ไปยังศูนย์กระจายสินค้า D_1 จำนวน 55 หน่วย ซึ่งจะทำให้ศูนย์กระจายสินค้า D_1 รับสินค้าได้เต็มจำนวนแล้ว ไม่สามารถรับสินค้าได้อีก ทำให้เหลือศูนย์กระจายสินค้าที่ต้องพิจารณาจัดสรรต่อไปอีก 2 ศูนย์กระจายสินค้า คือ D_2 และ D_3 ส่วนโรงงาน S_3 ก็เหลือสินค้าที่จะจัดส่งได้อีก 5 หน่วย แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงการหาผลลัพธ์เบื้องต้นด้วยวิธีการจัดสรรตาราง (ขั้นที่ 1)

	D_1	D_2	D_3	กำลังการผลิต (a_i)
S_1	14.71	14.38	20.83	40
S_2	12.00	14.50	19.50	50
S_3	12.67 **55**	18.44	14.57	60
ความต้องการ (b_j)	55	65	30	150

จากเส้นทางที่เหลือคือโรงงาน S_1 ไปยังศูนย์กระจายสินค้า D_2 และ D_3 โรงงาน S_2 ไปยังศูนย์กระจายสินค้า D_2 และ D_3 โรงงาน S_3 ไปยังศูนย์กระจายสินค้า D_2 และ D_3 พบว่าเส้นทางรองลงมาที่มีค่าใช้จ่ายต่ำสุดคือเส้นทางจากโรงงาน S_1 ไปยังศูนย์กระจายสินค้า D_2 ดังนั้นจัดสรรให้ขนส่งสินค้าจากโรงงาน S_1 ไปยังศูนย์กระจายสินค้า D_2 เป็นจำนวน 40 หน่วย ซึ่งจะทำให้การส่งสินค้าจากโรงงาน S_1 ส่งสินค้าจนครบแล้ว ในขณะที่ศูนย์กระจายสินค้า D_2 ยังเหลือปริมาณสินค้าที่สามารถรับได้อีก 25 หน่วย

ดังนั้นเหลือเส้นทางที่จะต้องพิจารณาอีก 4 เส้นทางคือ จากโรงงาน S_2 ไปยังศูนย์กระจายสินค้า D_2 และ D_3 จากโรงงาน S_3 ไปยังศูนย์กระจายสินค้า D_2 และ D_3 จากเส้นทางเหล่านี้มีเส้นทางที่มีค่าใช้จ่ายต่ำสุดคือเส้นทางจากโรงงาน S_2 ไปยังศูนย์กระจายสินค้า D_2 มีค่าใช้จ่ายในการขนส่ง 14.50 บาทต่อหน่วย โดยโรงงาน S_2 มีสินค้าเหลืออยู่ 50 หน่วยและศูนย์กระจายสินค้า D_2 สามารถรับได้อีก 25 หน่วย ดังนั้นจึงจัดสรรให้ โรงงาน S_2 ไปยังศูนย์กระจายสินค้า D_2 เป็นจำนวน 25 หน่วย ทำให้ศูนย์กระจายสินค้า D_2 รับสินค้าได้เต็มจำนวนแล้ว พิจารณาเส้นทางที่เหลืออีก 2 เส้นทางคือ จากโรงงาน S_2 ไปยังศูนย์กระจายสินค้า D_3 และจากโรงงาน S_3 ไปยังศูนย์กระจายสินค้า D_3 จะพบว่าต้นทุนต่ำสุด คือ 14.57 บาทต่อหน่วย ดังนั้นเลือกจัดสรรจากโรงงาน S_3 ไปยังศูนย์กระจายสินค้า D_3 เป็นจำนวน 5 หน่วย ทำให้โรงงาน S_3 ส่งสินค้าได้ครบจำนวนแล้ว ส่วนศูนย์กระจายสินค้า D_3 ยังสามารถรับสินค้าได้อีกจำนวน 25 หน่วย ซึ่งจะทำให้โรงงาน S_2 ส่งสินค้าได้ครบจำนวน และศูนย์กระจายสินค้า D_3 ได้รับสินค้าเต็มจำนวนพอดี แสดงผลการจัดสรรตารางได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงการหาผลลัพธ์เบื้องต้นด้วยวิธีการจัดสรรตาราง (ขั้นสุดท้าย)

	D_1	D_2	D_3	กำลังการผลิต (a_i)
S_1	14.71	14.38 **40**	20.83	40
S_2	12.00	14.50 **25**	19.50 **25**	50
S_3	12.67 **55**	18.44	14.57 **5**	60
ความต้องการ (b_j)	55	65	30	150

จากผลลัพธ์เบื้องต้นด้วยวิธีการจัดสรรตาราง สามารถคำนวณค่าขนส่งทั้งหมดได้ดังนี้

ค่าขนส่งรวม $= \tilde{c}_{12}x_{12} + \tilde{c}_{22}x_{22} + \tilde{c}_{23}x_{23} + \tilde{c}_{31}x_{31} + \tilde{c}_{33}x_{33}$

$= (14.38 \times 40) + (14.50 \times 25) + (19.50 \times 25) + (12.67 \times 55) + (14.57 \times 5)$

$= 2{,}194.90$ บาท

จากการหาผลลัพธ์เบื้องต้นด้วยวิธีการจัดสรรตาราง นำมาตรวจสอบด้วยวิธีการกระจายแบบดัดแปลง ดังแสดงในตารางที่ 5 ต่อไปนี้

ตารางที่ 5 แสดงการตรวจสอบด้วยวิธีการกระจายแบบดัดแปลง

	D_1	D_2	D_3	กำลังการผลิต (a_i)	R_i
S_1	14.71	14.38 **40**	20.83	40	0
S_2	12.00	14.50 **25**	19.50 **25**	50	0.12
S_3	12.67 **55**	18.44	14.57 **5**	60	-4.81
ความต้องการ (b_j)	55	65	30	150	
K_j	17.48	14.38	19.38		

จากตารางที่ 5 สามารถคำนวณค่า R_i และ K_j ในช่องที่ถูกจัดสรร (Basic Cell) ได้จาก $\tilde{c}_{ij} = R_i + K_j$ เมื่อ $\tilde{c}_{ij}$ แทนค่าใช้จ่ายของช่องที่ ij R_i คือสัมประสิทธิ์ของแถวที่ i และ ให้ $R_i = 0$ และ K_j คือสัมประสิทธิ์ของคอลัมน์ที่ j

แทนค่าในสูตร $\tilde{c}_{ij} = R_i + K_j$ ได้ดังนี้

พิจารณา $\tilde{c}_{12}$; $14.38 = R_1 + K_2$

$14.38 = 0 + K_2$

$K_2 = 14.38$

ในทำนองเดียวกันในช่องที่ถูกจัดสรร (Basic Cell) อื่น ๆ จะสามารถหาค่า R_i และ K_j ได้ดังนี้

$R_2 = 0.12, R_3 = -4.81, K_1 = 17.48$ และ $K_3 = 19.38$

คำนวณหาค่า E_{ij} จากช่องที่ไม่ถูกจัดสรร (Non Basic Cell) ได้จาก $E_{ij} = \tilde{c}_{ij} - R_i - K_j$

พิจารณา E_{11} ; $E_{11} = 14.71 - 0 - 17.48 = -2.77$ ในทำนองเดียวกันในช่องที่ไม่ถูกจัดสรร (Non Basic Cell)) อื่น ๆ จะสามารถหาค่า E_{ij} ได้ดังนี้ $E_{13} = 1.45, E_{21} = -5.6$ และ $E_{32} = 8.87$ จากผลลัพธ์ที่ได้จะพบว่ามีค่า $E_{ij} < 0$ แสดงว่าผลลัพธ์เบื้องต้นที่คำนวณได้ยังไม่เป็นคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นขั้นตอนต่อไปจะทำการพัฒนาผลลัพธ์เบื้องต้น

จากการคำนวณค่า E_{ij} พบว่า E_{ij} ที่ติดลบมากที่สุดคือ $E_{21} = -5.6$ ดังนั้นเริ่มต้นที่ช่อง (2,1) (แถวที่ 2 คอลัมน์ที่1) ทำวงปิด (Closed Loop) ที่ช่อง (2,1) ไปยังช่อง (3,1) ไปยังช่อง (3,3) ไปยังช่อง (2,3) และกลับไปยังช่อง (2,1) และใส่เครื่องหมาย “+” และ “-” สลับกันตามลำดับ จากนั้นค้นหาค่าที่น้อยที่สุดในวงปิดที่มีเครื่องหมาย “-” ปรากฏอยู่ ในที่นี้เราจะพบว่าค่าใน วงปิดที่มีเครื่องหมาย “-” ปรากฏอยู่มี 2 ค่าคือ 25 และ 55 ในที่นี้เลือกค่าที่น้อยที่สุด 25 จากนั้นเราจะนำ 25 ไปบวกเข้ากับค่าในช่องที่มีเครื่องหมาย “+”และนำ 25 ไปลบออกจากช่องที่มีเครื่องหมาย “-” ทำเช่นนี้ไปจนครบวงปิด แสดงดังตารางที่ 6 และ 7

จากค่าที่ได้ในตารางที่ 7 ทำการตรวจสอบค่า E_{ij} อีกครั้ง พบว่าได้ค่า $E_{ij} > 0$ ทุกค่า นั่นคือได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดแล้ว นำค่าที่ได้ไปคำนวณค่าขนส่งที่น้อยที่สุด (แต่หากยังพบว่ามีค่า E_{ij} ติดลบอยู่จะต้องปรับปรุงผลลัพธ์และตรวจสอบผลลัพธ์ใหม่อีกครั้งจนกระทั่งได้ค่า $E_{ij} > 0$ ทุกค่า จึงจะสรุปได้ว่าขั้นตอนที่ทำนั้นให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด)

ค่าขนส่งรวมที่น้อยที่สุด $= \tilde{c}_{12}x_{12} + \tilde{c}_{21}x_{21} + \tilde{c}_{22}x_{22} + \tilde{c}_{31}x_{31} + \tilde{c}_{33}x_{33}$

$= (14.38 \times 40) + (12.00 \times 25) + (14.50 \times 25) + (12.67 \times 30) + (14.57 \times 30)$

$= 2,055$ บาท

ตารางที่ 6 แสดงการสร้างวงปิด

	D_1	D_2	D_3	กำลังการผลิต (a_i)
S_1	14.71	14.38 [40]	20.83	40
S_2	+ 12.00	14.50 [25]	19.50 [25] -	50
S_3	- 12.67 [55]	18.44	14.57 [5] +	60
ความต้องการ (b_j)	55	65	30	150

ตารางที่ 7 แสดงการปรับปรุงผลลัพธ์เบื้องต้น (รอบที่ 1)

	D_1	D_2	D_3	กำลังการผลิต (a_i)
S_1	14.71	14.38 [40]	20.83	40
S_2	12.00 [25]	14.50 [25]	19.50	50
S_3	12.67 [30]	18.44	14.57 [30]	60
ความต้องการ (b_j)	55	65	30	150

สรุป

ในบทความฉบับนี้ได้แสดงถึงวิธีการแก้ปัญหาการขนส่งแบบฟัซซี่ทั่วไป โดยกำหนดให้ค่าขนส่งเป็นตัวเลขฟัซซี่สี่เหลี่ยมคางหมูแบบทั่วไป และใช้วิธีเทคนิคการจัดอันดับที่แข็งแกร่ง (Robust Ranking Technique) สำหรับแปลงค่าตัวเลขฟัซซี่สี่เหลี่ยมคางหมูแบบทั่วไป จากนั้นหาผลลัพธ์เบื้องต้นที่เป็นไปได้โดยเลือกนำเสนอด้วยวิธีการจัดสรรตาราง (Allocation Table Method) นอกจากนี้ยังได้ทำการพัฒนาผลลัพธ์โดยใช้วิธีการกระจายแบบดัดแปลง (Modified Distribution Method) เพื่อหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ซึ่งวิธีการที่นำเสนอมานี้สามารถนำไปใช้กับสถานการณ์ปัญหาการขนส่งที่มีความคลุมเครือ มีความไม่แน่นอนของค่าใช้จ่ายในการขนส่ง โดยที่วิธีการแก้ปัญหาการขนส่งแบบปกติไม่สามารถแก้ปัญหาที่กล่าวมาแล้วได้ จึงต้องคิดหาแนวทางหรือวิธีในการแก้ไขปัญหาใหม่ ซึ่งวิธีการที่ได้นำเสนอมาแล้วข้างต้นนั้น เป็นไปตามความมุ่งหมายที่จะช่วยให้ผู้ตัดสินใจมีเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ค่าขนส่งภายใต้สถานการณ์ที่ไม่แน่นอนของค่าขนส่งสินค้า และวิธีการนี้ยังสามารถนำไปใช้ได้กับการแก้ปัญหาการขนส่งแบบปกติได้อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

1. Bellman RE, Zadeh LA. Decision making in a fuzzy environment. Manage Sci 1970;17:141–64.
2. Hitchcock FL. The distribution of a product several sources to numerous localities. J Math Phys 1941;20:224–30.
3. Dinagar DS, Palanivel K. The transportation problem in fuzzy environment. Int J Algorithm Comput Math 2009;2:65–71.
4. Kaur A, Kumar A. A new approach for solving fuzzy transportation problems using generalized trapezoidal fuzzy numbers. Appl Soft Comput 2012;12:1201–13.
5. Ahmed MM, Khan AR, Uddin MS, Ahmed F. Ahmed MM, Khan AR, Uddin MS, Ahmed F A new approach to solve transportation problems. OJOp 2016;5:22–30.
6. Zadeh LA. Fuzzy sets. Inform Contr 1965;8:338–56.
7. Yager RR. A procedure for ordering fuzzy subsets of the unit interval. Inf Sci 1981;24:143–61.

[AS-O09] การลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติของเตาอบเหล็กรีดร้อนระหว่างช่วงการอุ่นเตาเพื่อเปลี่ยนลูกรีด

Reduction of Natural Gas Fuel Consumption of Reheating Furnace during the Preheating Stage to Stand Change

กุลธิดา สุขสมบูรณ์*
Kuntida Suksomboon*
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสนามจันทร์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: kuntida.suk@gmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนที่สูญเสียไปของปริมาณการใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติในกระบวนการให้ความร้อนกับเตาอบเหล็กในช่วงที่มีการเปลี่ยนลูกรีด (Stand change) ของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาโดยศึกษาระดับปัจจัยในการปรับตั้งค่าการควบคุมการทำงานของเตาอบเหล็กให้มีความเหมาะสม โดยใช้หลักการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 3k ในการออกแบบการทดลองซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าประกอบด้วย 3 ปัจจัยหลัก ได้แก่ อุณหภูมิ อัตราส่วน:ก๊าซ และความดัน โดยทำการทดลองซ้ำแบบละ 3 ครั้ง จำนวนผลการทดลองทั้งสิ้น 27 การทดลอง ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ผลการทดลองเชิงสถิติ ผลที่ได้จากการทดลองพบว่าระดับปัจจัยในการปรับตั้งค่าการควบคุมการทำงานของเตาอบเหล็กที่เหมาะสม คือ อุณหภูมิ 1,000°C อัตราส่วนอากาศ:ก๊าซ 1.05 และความดัน 2.75 บาร์ เมื่อนำผลจากการวิจัยมาเปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังการปรับปรุงพบว่าค่าใช้จ่ายที่เกิดจากปริมาณการใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติในกระบวนการให้ความร้อนกับเตาอบเหล็กในช่วงที่มีการเปลี่ยนลูกรีด ลดลงจากเดิม 17,800 บาท เหลือ 15,062.5 บาท คิดเป็นอัตราลดลงร้อยละ 15.38

คำสำคัญ: *เตาอบเหล็ก, ก๊าซธรรมชาติ, เปลี่ยนลูกรีด, หลักการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล*

Abstract

This research aimed to reduce the cost of loss of natural gas fuel consumption in the preheating process of the reheating furnace during the stand change stage of the factory that was be the case study. The level of factors in order to adjust the appropriated settings control of the steel furnace was studied by using 3k factorial experimental design principles for designing of the experiment. The analysis had found that it consists of 3 main factors: temperature, ratio: gas and pressure. The experiment was repeated by 3 times, and the total number of experimental results was included 27 experiments. The researcher had collected data and analyzed statistical results. The results of the experiment showed that the appropriated setting factors for controlling the steel furnace was 1,000°C, 1.05 ratio air: gas 1.05 and pressure 2.75 bar. After the improvement, it was found that the costs caused by the use of natural gas in the reheating process with the steel furnace during the stand change stage was decreased from 17,800 bahts to 15,062.5 bahts, discount rate was reduced up to 15.38 percent.

Keywords: *reheating furnace, natural gas, stand change, Design of Experiment (DOE)*

บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมเหล็กจัดเป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานที่มีความสำคัญต่อการขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศ เนื่องจากมีการใช้เหล็กเป็นวัตถุดิบสำคัญในอุตสาหกรรมพื้นฐานต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมก่อสร้าง อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้า อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ และอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น[1] ในส่วนของมุมมองทางด้านพลังงาน กระบวนการผลิตเหล็กถือได้ว่าเป็นกระบวนการที่มีการใช้ปริมาณพลังงานค่อนข้างมาก และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มระดับการใช้พลังงานที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องตามการขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ต้นทุนด้านพลังงานโดยเฉพาะเชื้อเพลิงประเภทก๊าซธรรมชาติถือว่าเป็นต้นทุนที่สำคัญอย่างหนึ่งของอุตสาหกรรมเหล็กมีค่าเฉลี่ยประมาณร้อยละ 15-30 ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด[2] ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการนำก๊าซธรรมชาติมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการให้ความร้อนกับกระบวนการอบเหล็ก จึงนับได้ว่าต้นทุนด้านพลังงานในธุรกิจประเภทนี้ถือว่ามีส่วนสำคัญต่อต้นทุนการผลิตเป็นอย่างมาก[3] เช่นเดียวกันกับบริษัทอุตสาหกรรมผลิตเหล็กรีดร้อนแห่งหนึ่งในจังหวัดระยองที่ประสบปัญหาต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกปี โดยต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านพลังงานดังกล่าวได้กลายเป็นส่วนหนึ่งของต้นทุนค่าใช้จ่ายที่สำคัญที่ส่งผลกระทบให้ต้นทุนขององค์กรเพิ่มสูงขึ้น

อย่างไรก็ตามหนึ่งในขั้นตอนของกระบวนการผลิตที่สำคัญที่มีความจำเป็นต้องมีการนำเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติส่วนหนึ่งมาใช้เพื่อควบคุมอุณหภูมิภายในเตาอบเหล็ก นั่นคือ กระบวนการเปลี่ยนลูกรีด หรือที่เรียกว่า Stand Change ซึ่งจากการรวบรวมสถิติข้อมูลในปี 2560 พบว่าตลอดระยะเวลา 1 ปี บริษัทฯ จะมีการเปลี่ยนลูกรีดรวมทั้งสิ้น 305 ครั้ง หรือคิดเป็นค่าเฉลี่ย 25 ครั้ง/เดือน โดยทุกครั้งของการเปลี่ยนลูกรีดนั้นจำเป็นจะต้องมีการปรับอุณหภูมิของเตาอบเหล็กให้ลดลงและทำการอุ่นเตาไว้ให้ได้ตามอุณหภูมิที่ต้องการก่อน จากนั้นต้องให้ความร้อน (Heat-up) ขึ้นมาใหม่เพื่อให้อุณหภูมิภายในเตาอบเหล็กนั้นกลับมาสู่อุณหภูมิที่สามารถเริ่มการผลิตได้อีกครั้งที่ 1,250°C ด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้บริษัทฯ มีต้นทุนของการใช้ก๊าซธรรมชาติสำหรับให้ความร้อนกับเตาอบเหล็กในกระบวนการเปลี่ยนลูกรีดที่ต้องสูญเสียไปโดยที่ไม่ได้ก่อให้เกิดผลผลิตปีละ 404,388 Nm^3 หรือคิดเป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นต่อปีเท่ากับ 3,687,462 บาท

ดังนั้นการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต และนำเสนอแนวทางในการลดปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติสำหรับการให้ความร้อนกับเตาอบเหล็กช่วงที่มีการเปลี่ยนลูกรีด เพื่อช่วยลดต้นทุนที่ต้องสูญเสียไปโดยที่ไม่ได้ก่อให้เกิดผลผลิตลง โดยเปลี่ยนแปลงวิธีการควบคุมการทำงานในช่วงกระบวนการเปลี่ยนลูกรีดใหม่ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการใช้เชื้อเพลิงอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพมากที่สุดโดยผลลัพธ์ที่ได้จะต้องไม่ทำให้กระบวนการผลิตลดลงและไม่ส่งผลทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อลดต้นทุนที่สูญเสียไปของปริมาณการใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติในกระบวนการให้ความร้อนกับเตาอบเหล็กในช่วงที่มีการเปลี่ยนลูกรีด (Stand change) ของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา
2. เพื่อศึกษาระดับปัจจัยในการปรับเปลี่ยนวิธีการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรที่มีผลต่อปริมาณการใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติในกระบวนการให้ความร้อนกับเตาอบเหล็กในช่วงที่มีการเปลี่ยนลูกรีด

วิธีดำเนินการวิจัย

1. กำหนดปัญหา

จากข้อมูลของทางโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา ปริมาณก๊าซธรรมชาติส่วนหนึ่งที่ต้องสูญเสียไปในขั้นตอนของกระบวนการผลิตเหล็กเมื่อพิจารณาถึงที่มาแล้วทำให้พบว่าเกิดจากปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติสำหรับการให้ความร้อนกับเตาอบเหล็กช่วงที่มีการเปลี่ยนลูกรีด เนื่องจากตามขั้นตอนการทำงานเดิมช่วงกระบวนการเปลี่ยนลูกรีดแต่ละครั้งจะใช้ระยะเวลา 60 นาที ซึ่งการเปลี่ยนลูกรีดทุกครั้งจะมีการปรับตั้งค่าใน 3 ปัจจัยเพื่อควบคุมการทำงานของเตาอบเหล็กให้พร้อมสำหรับการเปลี่ยนลูกรีด ได้แก่ 1) อุ่นเตาโดยปรับลดอุณหภูมิภายในเตาอบเหล็กลงมาที่อุณหภูมิ 1,150°C ซึ่งจะควบคุมอุณหภูมิของ heating zone และ soaking zone ไว้ที่ 1,150°C 2) ปรับตั้งค่าอัตราส่วนอากาศ : ก๊าซภายในเตาอบเหล็กที่ 0.95 และ 3) ปรับตั้งค่าความดันภายใน

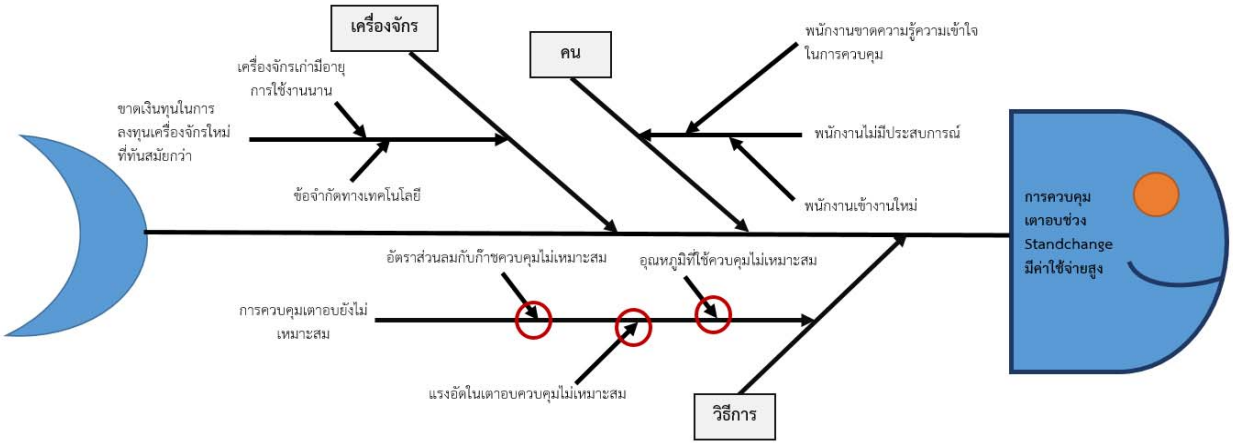
เตาอบเหล็กที่ 2.5 บาร์ โดยหลังจากการเปลี่ยนลูกรีดแล้วเสร็จจะต้องทำการปรับตั้งค่ากลับไปสู่สภาวะเดิมโดยเพิ่มอุณหภูมิภายในเตาอบเหล็กกลับขึ้นไปยังอุณหภูมิที่ควบคุมในช่วงรีดเหล็กที่ 1,250°C ซึ่งในขั้นตอนนี้จำเป็นที่จะต้องมีการนำก๊าซธรรมชาติส่วนหนึ่งมาใช้ในการช่วยเพิ่มอุณหภูมิภายในเตาอบเหล็กเพื่อให้สามารถกลับมาสู่สภาวะการทำงานของเตาอบเหล็กในช่วงที่มีการผลิตได้ตามปกติ ผู้วิจัยจึงได้ทำการเก็บข้อมูลก่อนการปรับปรุงจากบันทึกปริมาณการใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติสำหรับการให้ความร้อนกับเตาอบเหล็กในช่วงที่มีการเปลี่ยนลูกรีด โดยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 ดังตารางที่ 1 และได้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาต้นทุนค่าใช้จ่ายของการใช้ก๊าซธรรมชาติที่ต้องสูญเสียไปโดยที่ไม่ได้ก่อให้เกิดผลผลิตช่วงที่มีการเปลี่ยนลูกรีดในกระบวนการผลิต ซึ่งมีผลของการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาโดยใช้แผนผังสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) แสดงดังภาพที่ 1

2. กำหนดปัจจัย

จากการวิเคราะห์แผนผังสาเหตุและผล สรุปได้ว่าสาเหตุหลักที่สำคัญที่ทำให้เกิดปัญหาต้นทุนค่าใช้จ่ายของการใช้ก๊าซธรรมชาติที่ต้องสูญเสียไปสำหรับการให้ความร้อนกับเตาอบเหล็กในช่วงกระบวนการเปลี่ยนลูกรีดมาจากสาเหตุต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นเครื่องจักร วิธีการ และคน ผู้วิจัยจึงได้เลือกสาเหตุของปัญหาที่มีความสำคัญที่สามารถควบคุมได้มาใช้ในการวิจัย คือ การกำหนดปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของเตาอบเหล็ก ซึ่งสามารถสรุปออกมา ได้ดังนี้ คือ อัตราส่วนกับก๊าซ อุณหภูมิ และแรงดัน ซึ่งปัจจัยดังกล่าวเป็นปัจจัยในการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการควบคุมการทำงานของเตาอบเหล็ก

ตารางที่ 1 ข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติสำหรับการให้ความร้อนกับเตาอบเหล็กในช่วงกระบวนการเปลี่ยนลูกรีด (มกราคม-ธันวาคม ปี 2560)

เดือน	จำนวน stand change ทั้งหมด (ครั้ง)	ปริมาณ NG ที่ใช้ในการ Stand change ทั้งหมด (Nm^3)	ค่าใช้จ่าย NG ในการ Stand change ทั้งหมด (บาท)*	ปริมาณการใช้ NG ในการ Stand change เฉลี่ย/ครั้ง (Nm^3)	ค่าใช้จ่าย NG ในการ Stand change เฉลี่ย/ครั้ง (บาท)*
มกราคม	21	29,942	254,208	1,426	12,102
กุมภาพันธ์	25	35,607	302,303	1,424	12,089
มีนาคม	27	38,424	326,220	1,423	12,079
เมษายน	27	38,493	326,806	1,426	12,100
พฤษภาคม	27	38,507	326,924	1,426	12,105
มิถุนายน	24	34,131	289,772	1,422	12,070
กรกฎาคม	27	38,433	326,296	1,423	12,081
สิงหาคม	25	35,532	301,667	1,421	12,063
กันยายน	26	36,993	314,071	1,423	12,076
ตุลาคม	29	41,276	350,433	1,423	12,080
พฤศจิกายน	28	39,928	338,989	1,426	12,103
ธันวาคม	19	27,064	229,773	1,424	12,090
รวม	**305**	**404,388**	**3,687,462**		



ภาพที่ 1 ผลการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาโดยใช้เครื่องมือแผนผังสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

3. การออกแบบการทดลองและกำหนดวิธีการทดลอง

3.1 การออกแบบการทดลอง

ผู้วิจัยจะกำหนดวิธีการทดลองตามหลักการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment: DOE) โดยเลือกใช้วิธีการทางสถิติแบบ 3-Level Full factorial design ซึ่งประกอบด้วยการทดลองที่มี 3 ปัจจัย แต่ละปัจจัยจะมีเงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงค่าต่างๆ แสดงดังตารางที่ 2 โดยการทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง รวมจำนวนทั้งสิ้น 27 การทดลอง ทั้งนี้การทดลองจะเป็นการทดลองแบบสุ่ม โดยสุ่มลำดับก่อนหลังของการทดลองโดยใช้โปรแกรม Minitab แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 การกำหนดปัจจัยและเงื่อนไขของการเปลี่ยนแปลงค่าในแต่ละปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง

ปัจจัย (Main Effects)	ค่าที่เปลี่ยนแปลงไป (Condition)
อุณหภูมิภายในเตาอบเหล็ก (Temp), T (หน่วย °C)	T_1 = 900 °C T_2 = 1,000 °C T_3 = 1,100 °C
อัตราส่วนอากาศ : ก๊าซ (Ratio), R	R_1 = 0.95 R_2 = 1.00 R_3 = 1.05
ความดันในเตาอบเหล็ก (Pressure), P (หน่วย บาร์)	P_1 = 2.3 P_2 = 2.5 P_3 = 2.7

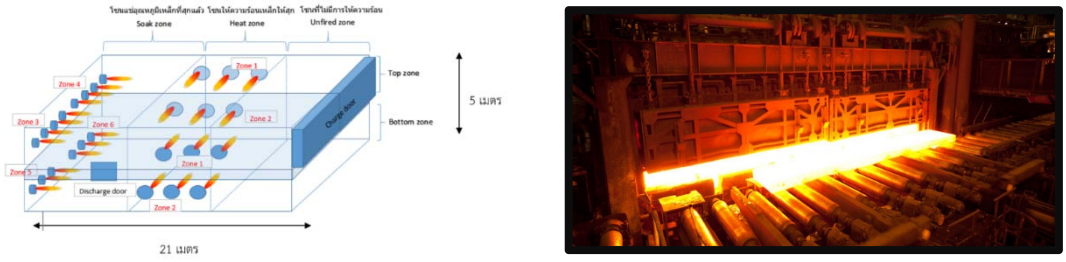
ตารางที่ 3 ตัวอย่างการทดลองโดยการสุ่มลำดับการทดลอง

ลำดับการสุ่ม	ปัจจัยในการทดลอง		
	อุณหภูมิ (Temp) หน่วย °C	อัตราส่วนอากาศ:ก๊าซ (Ratio)	ความดันในเตาอบเหล็ก (Pressure) หน่วย Bar
14	1000	1.00	2.5
18	1000	1.05	2.7
16	1000	1.05	2.3
13	1000	1.00	2.3
2	900	0.95	2.5
17	1000	1.05	2.5
11	1000	0.95	2.5
1	900	0.95	2.3
15	1000	1.00	2.7
26	1100	1.05	2.5
7	900	1.05	2.3
21	1100	0.95	2.7
10	1000	0.95	2.3
4	900	1.00	2.3
25	1100	1.05	2.3
27	1100	1.05	2.7
8	900	1.05	2.5
9	900	1.05	2.7
3	900	0.95	2.7
6	900	1.00	2.7
23	1100	1.00	2.5
5	900	1.00	2.5
22	1100	1.00	2.3
19	1100	0.95	2.3
20	1100	0.95	2.5
24	1100	1.00	2.7
12	1000	0.95	2.7

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย

(1) เตาอบเหล็ก (Reheating Furnace) ซึ่งมีขนาด กว้าง 11 เมตร ยาว 21 เมตร สูง 5 เมตร (ดังภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 เตาอบเหล็ก (Reheating Furnace) ที่ใช้ทำการศึกษา

(2) Burner เป็นชนิด Low NOx Burner มีทั้งหมด 26 Burner ทำหน้าที่ให้ความร้อนโดยใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง อุณหภูมิที่ใช้ในการอบเหล็กอยู่ที่ 1,250°C โดยช่วงเวลาผลิตปกติจะใช้ Burner ทุกตัวให้ความร้อน

(3) มิเตอร์วัดปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติ (Metering)

(4) โปรแกรมควบคุมเตาอบ (PLC,Win cc)

(5) Control valve (Gas, Air)

3.2.2 เงื่อนไขการทดลอง ประกอบด้วย

(1) กำหนดระยะเวลาการทดลอง วิธีการทดลองละ 60 นาที เท่ากันทุกการทดลอง

(2) กำหนดให้มีการทดลอง 1 แบบการทดลอง/1 ครั้งที่มีการหยุดเปลี่ยนลูกรีด

(3) เชื้อเพลิงที่ใช้เป็นก๊าซธรรมชาติ (Natural Gas; NG)

(4) ทุกการทดลองใช้ Burner ชนิด Low NOx Burner ดังนี้ Burner Zone 3 จำนวน 4 หัว, Burner Zone 4 จำนวน 4 หัว, Burner Zone 5 จำนวน 3 หัว และ Burner Zone 6 จำนวน 3 หัว

3.2.3 ขั้นตอนทดลองวิจัย ประกอบด้วย

(1) ทำการสุ่มลำดับการทดลองสำหรับการ Stand Change ทั้ง 27 วิธีการทดลองโดยใช้โปรแกรม Minitab

(2) วางแผนรอบของการ Stand Change ตามลำดับการสุ่มทดลองที่ได้จากโปรแกรม Minitab

(3) เมื่อทำการทดลองให้หยุดการผลิตเพื่อเตรียม Stand Change

(4) จดบันทึกค่า Flow gas และปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติภายในเตาอบเหล็กก่อนการทดลอง

(5) เตรียม Stand Change โดยทำการควบคุมการทำงานของเตาอบเหล็กในช่วงที่มีการ Stand Change แต่ละแบบการทดลอง ดังนี้

เปิด Burner ทั้งหมดในเตาอบเหล็ก ประกอบด้วย Burner Zone 5 และ Zone 6 จำนวน 6 หัว, Burner Zone 3 และ Zone 4 จำนวน 8 หัว, Burner Zone 1 และ Zone 2 จำนวน 12 หัว จากนั้นจ่ายก๊าซธรรมชาติไปยัง Burner ทั้งหมด

ทำการควบคุมอุณหภูมิภายในเตาอบเหล็ก อัตราส่วนอากาศ:ก๊าซ และความดันในเตาอบเหล็ก โดยปรับตั้งค่าของ 3 ปัจจัยในแต่ละแบบการทดลองแปรผันตามตารางที่ 3.3

(6) ทำการ Stand Change กำหนดระยะเวลา 60 นาที/ครั้ง

(7) เมื่อสิ้นสุดการ Stand Change ทำการปรับตั้งค่าอุณหภูมิภายในเตาอบเหล็ก อัตราส่วนอากาศ:ก๊าซ และความดันในเตาอบเหล็กให้กลับคืนสู่สภาวะที่พร้อมสำหรับการผลิต โดยให้ความร้อนกับเตาอบเหล็กเพิ่มขึ้นจนให้ได้อุณหภูมิกลับมาที่ 1,250°C ตั้งค่าอัตราส่วนอากาศ : ก๊าซที่ 0.95 และตั้งค่าความดันภายในเตาอบเหล็กที่ 2.5 บาร์

(8) จดบันทึกค่า Flow gas และปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติภายในเตาอบเหล็ก เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการทดลองในแต่ละแบบการทดลอง

(9) เดินเครื่องทดสอบตามแบบวิธีการทดลองทีละแบบการทดลองโดยทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ (1)-(9) นี้ จนครบทั้ง 27 แบบการทดลอง

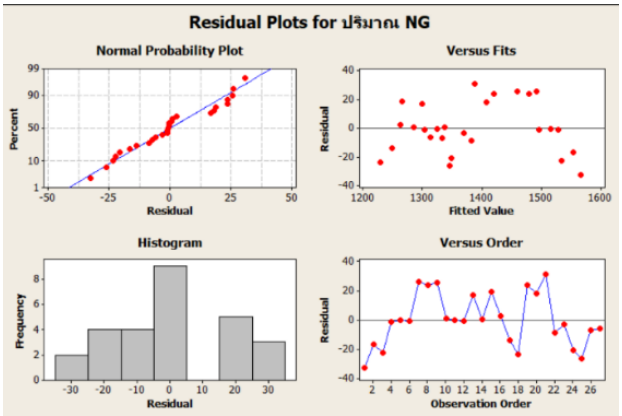
ผลการวิจัยและวิเคราะห์ผล

จากการศึกษาปัจจัยในการปรับเปลี่ยนวิธีการควบคุมการทำงานของเตาอบเหล็กที่มีผลต่อปริมาณการใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติในกระบวนการให้ความร้อนกับเตาอบเหล็กในช่วงที่มีการเปลี่ยนลูกรีด ได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดลองแบบแฟคทอเรียลเต็มภาพแบบทั่วไป

ลำดับการสุ่ม	ปัจจัยในการทดลอง			ปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติ (Nm^3)
	อุณหภูมิ (Temp) หน่วย °C	อัตราส่วนอากาศ:ก๊าซ (Ratio)	ความดันในเตาอบเหล็ก (Pressure) หน่วย Bar	
14	1000	1.00	2.5	1285.67
18	1000	1.05	2.7	1205.00
16	1000	1.05	2.3	1264.00
13	1000	1.00	2.3	1314.67
2	900	0.95	2.5	1536.67
17	1000	1.05	2.5	1234.67
11	1000	0.95	2.5	1323.00
1	900	0.95	2.3	1533.33
15	1000	1.00	2.7	1284.00
26	1100	1.05	2.5	1325.00
7	900	1.05	2.3	1517.33
21	1100	0.95	2.7	1417.67
10	1000	0.95	2.3	1337.00
4	900	1.00	2.3	1526.67
25	1100	1.05	2.3	1318.67
27	1100	1.05	2.7	1306.00
8	900	1.05	2.5	1502.33
9	900	1.05	2.7	1484.00
3	900	0.95	2.7	1510.67
6	900	1.00	2.7	1494.00
23	1100	1.00	2.5	1365.33
5	900	1.00	2.5	1514.67
22	1100	1.00	2.3	1372.67
19	1100	0.95	2.3	1443.33
20	1100	0.95	2.5	1425.00
24	1100	1.00	2.7	1328.00
12	1000	0.95	2.7	1302.33

การวิเคราะห์เริ่มจากการตรวจสอบคุณภาพของข้อมูล เมื่อดำเนินการทดลองตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยนำข้อมูลผลการทดลองที่ได้ไปวิเคราะห์ตรวจสอบว่าข้อมูลที่ได้มานั้นเป็นข้อมูลที่มีคุณภาพหรือไม่ ซึ่งมีความจำเป็นต้องพิสูจน์ถึงคุณสมบัติ (Model Adequacy Checking) ของข้อมูล 3 ประการด้วยกันคือ การทดสอบความอิสระของข้อมูล (Independence Test) การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล (Normality Test) และการทดสอบความมีเสถียรภาพของข้อมูล (Variance Stability Test) ซึ่งการวิเคราะห์ผลการทดลองผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Minitab Release 16 มีภาพแบบของผลการวิเคราะห์ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลของการทดลองแบบแฟคทอเรียล

จากภาพที่ 3 ข้อมูลมีการกระจายไร้ภาพแบบ ซึ่งแสดงว่ามีความอิสระของข้อมูลนั่นคือข้อมูลเก็บมาอย่างสุ่ม นอกจากนี้กราฟที่ได้มีลักษณะเป็นเส้นตรงแสดงให้เห็นถึงความเป็นปกติของข้อมูลที่ได้ดำเนินการทดลอง และจากการทดลองข้อมูลมีความเสถียรภาพของความแปรปรวนตามที่ได้ออกแบบไว้ ดังนั้นสรุปได้ว่าข้อมูลมีคุณสมบัติทั้ง 3 ประการ

การวิเคราะห์ผลการทดลองของการทดสอบปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนจากการทดลองวัดปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติตามที่ได้ออกแบบไว้ดังแสดงในภาพที่ 4 ได้ผลว่า R^2 มีค่าเท่ากับ 99.72% ซึ่งหมายความว่าถ้าหากความแปรปรวนในข้อมูลมี 100 เปอร์เซ็นต์ แล้วความแปรปรวน 99.72 เปอร์เซ็นต์ สามารถอธิบายได้ด้วยตัวแบบถดถอยส่วนปริมาณที่เหลือสามารถอธิบายได้เนื่องจากสาเหตุที่ไม่สามารถควบคุมได้ แสดงว่าข้อมูลมีสารสนเทศต่อการวิเคราะห์ และพิจารณาค่า R^2 ที่ได้รับการปรับค่า (Adjusted R^2 มีค่าเท่ากับ 99.08%) ซึ่งมีค่าใกล้กับค่า R^2 แสดงว่าจำนวนข้อมูลมีเพียงพอที่จะนำมาวิเคราะห์ผลการทดลอง

General Linear Model: ปริมาณ NG versus Temp, Ratio, Pressure

```
Factor    Type   Levels  Values
Temp      fixed       3  900, 1000, 1100
Ratio     fixed       3  0.95, 1.00, 1.05
Pressure  fixed       3  2.3, 2.5, 2.7

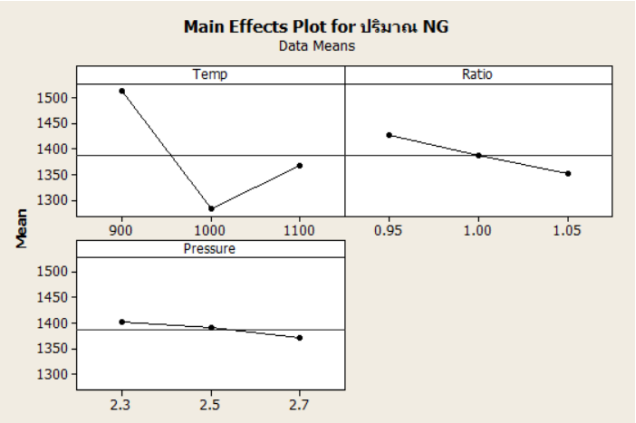

Analysis of Variance for ปริมาณ NG, using Adjusted SS for Tests

Source          DF  Seq SS  Adj SS  Adj MS        F      P
Temp             2  243843  243843  121922  1222.30  0.000
Ratio            2   25092   25092   12546   125.78  0.000
Pressure         2    4947    4947    2473    24.80  0.000
Temp*Ratio       4    7094    7094    1773    17.78  0.000
Temp*Pressure    4     315     315      79     0.79  0.563
Ratio*Pressure   4      72      72      18     0.18  0.943
Error            8     798     798     100
Total           26  282161


S = 9.98739   R-Sq = 99.72%   R-Sq(adj) = 99.08%
```

ภาพที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองแบบแฟคทอเรียล

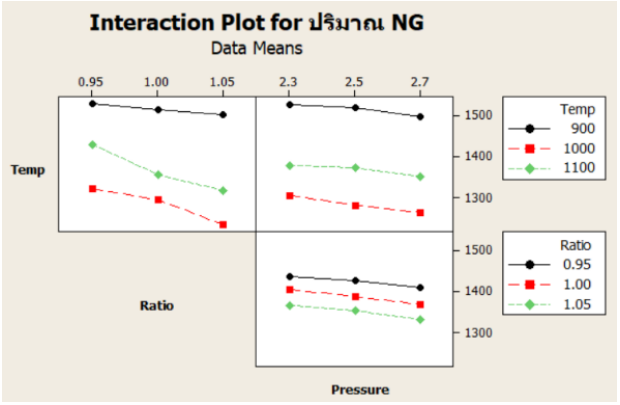
จากภาพที่ 4 ในการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยเริ่มต้นจากการวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญของอิทธิพลร่วม (Interaction Effect) ก่อนแล้วทำการวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญของอิทธิพลหลัก (Main Effect) ต่อ ซึ่งพิจารณาจากค่า P-Value พบว่าอิทธิพลร่วม ได้แก่ อุณหภูมิ และความดัน, อัตราส่วนอากาศ:ก๊าซ และความดันมีผลกระทบต่อค่าปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติอย่างไม่มีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ส่วนอิทธิพลหลัก ได้แก่ อุณหภูมิ อัตราส่วนอากาศ:ก๊าซ และความดัน รวมทั้งอิทธิพลร่วม ได้แก่ อุณหภูมิและอัตราส่วนอากาศ:ก๊าซ มีผลกระทบต่อค่าปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



ภาพที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองแบบแฟคทอเรียล

จากภาพที่ 5 ผลการทดลองเบื้องต้นพบว่าปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติ มีดังนี้ 1) อุณหภูมิในเตาอบเหล็ก พบว่าเส้นกราฟมีลักษณะชันลงเมื่อเพิ่มปริมาณอุณหภูมิจาก 900°C เป็น 1,000°C ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยอุณหภูมิ 1,000°C นั้น ส่งผลกระทบต่อปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติที่ลดน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญ 2) อัตราส่วนอากาศ:ก๊าซ พบว่า เส้นกราฟมีลักษณะชันลง ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยอัตราส่วนอากาศ:ก๊าซที่ 1.05 นั้น ส่งผลกระทบต่อปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติที่ลดน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญ และ 3) ความดัน พบว่ากราฟมีลักษณะเกือบเป็นเส้นตรง ซึ่งหมายความว่าไม่ว่าจะปรับตั้งค่าความดันสูง หรือ ต่ำ ปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก ดังนั้นความดันจึงไม่มีผลต่อปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติที่ลดน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญ

จากภาพที่ 6 จากการพิจารณากราฟอิทธิพลร่วม 2 ปัจจัย พบว่าอิทธิพลรวมระหว่างปัจจัยอุณหภูมิ และอัตราส่วนอากาศ:ก๊าซ มีผลต่อปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญอย่างชัดเจน เนื่องจากมีการปรับตั้งค่าอุณหภูมิ และอัตราส่วนอากาศ:ก๊าซ เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติที่วัดได้อยู่ในระดับต่ำ แต่เมื่อมีการปรับตั้งค่าอุณหภูมิ และอัตราส่วนอากาศ:ก๊าซ ต่ำจะส่งผลให้ปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติในกระบวนการให้ความร้อนกับเตาอบเหล็กช่วงที่มีการเปลี่ยนลูกรีดอยู่ในระดับสูง



ภาพที่ 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองแบบแฟคทอเรียล

สรุป

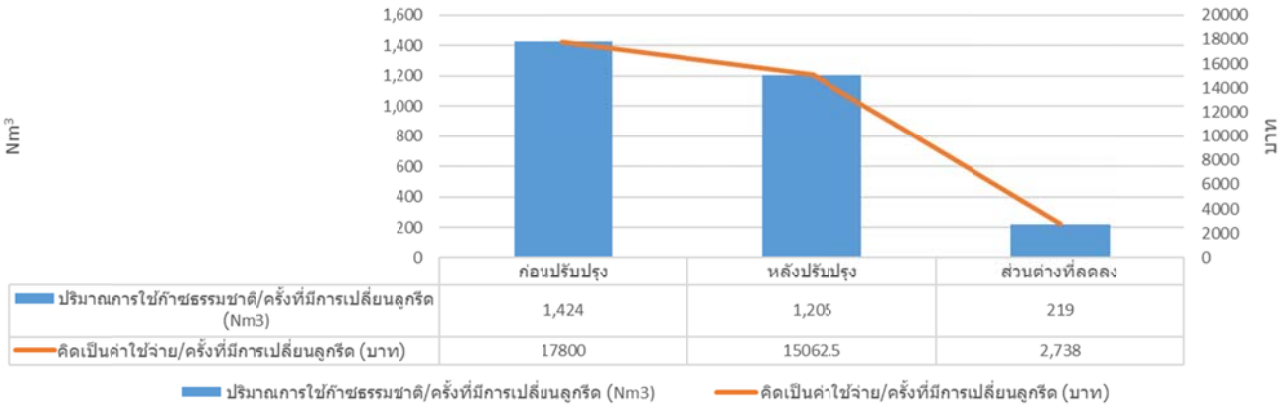
การหาระดับปัจจัยในการปรับเปลี่ยนวิธีการควบคุมการทำงานของเตาอบเหล็กที่มีผลต่อการลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติในกระบวนการให้ความร้อนกับเตาอบเหล็กในช่วงที่มีการเปลี่ยนลูกรีดโดยวิธีการออกแบบการทดลองเพื่อหาค่าปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติที่ลดลงได้มากที่สุด โดยใช้วิธีการออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomization Factorial Design) ในเบื้องต้นกำหนดตัวแปรที่คาดว่ามีผลในการทดลองคือ อุณหภูมิ อัตราส่วนอากาศ:ก๊าซ และความดัน ผลตอบสนองคือเปอร์เซ็นต์ปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติ ผลการวิเคราะห์พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ปริมาณ

การใช้ก๊าซธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 คืออุณหภูมิ และอัตราส่วนอากาศ:ก๊าซ ทั้งนี้จากผลการทดลองการวิเคราะห์หาระดับปัจจัยในการปรับเปลี่ยนวิธีการควบคุมการทำงานของเตาอบเหล็ก เพื่อลดปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติในในกระบวนการให้ความร้อนกับเตาอบเหล็กในช่วงที่มีการเปลี่ยนลูกรีดโดยอาศัยการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 3K พบปัจจัยที่เหมาะสมสามารถสรุปได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5 ผลการทดลองการวิเคราะห์หาระดับปัจจัย

ปัจจัย	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
อุณหภูมิ	1,150°C	1,000°C
อัตราส่วนอากาศ:ก๊าซ	0.95	1.05
ความดัน	2.5 บาร์	2.7 บาร์

จากผลการทดลองการวิเคราะห์หาระดับปัจจัยดังตารางที่ 5 พบว่าสามารถลดปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติในกระบวนการให้ความร้อนกับเตาอบเหล็กในช่วงที่มีการเปลี่ยนลูกรีดได้ดังภาพที่ 7 ดังนี้



ภาพที่ 7 การเปรียบเทียบปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติในกระบวนการให้ความร้อนกับเตาอบเหล็กในช่วงที่มีการเปลี่ยนลูกรีดระหว่างก่อนและการปรับปรุง

ดังนั้นจึงสามารถสรุปผลการวิจัยได้ว่า ก่อนปรับปรุงมีค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการใช้ก๊าซธรรมชาติในกระบวนการให้ความร้อนกับเตาอบเหล็กในช่วงที่มีการเปลี่ยนลูกรีดต่อครั้งคิดเป็นเงิน 17,800 บาท หลังการทดลองพบว่ามีค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการใช้ก๊าซธรรมชาติคิดเป็นเงิน 15,062.5 บาท คิดเป็นอัตราลดลงร้อยละ 15.38

เอกสารอ้างอิง

1. ปริญญา ตระกูลวงศ์งาม. การศึกษาการควบคุมอุณหภูมิในกระบวนการอุ่นเตาสำหรับเตาอบเหล็กชนิด Walking Hearth ของบริษัท ราชสีมาผลิตเหล็ก จำกัด. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา; 2553.
2. มัชชุลิกา คอนเมฆ, สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ และณัฐเดช เฟื่องวรวงศ์. การศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์สำหรับการใช้หัวเผาประสิทธิภาพสูงในเตาเผาเหล็กของอุตสาหกรรมผลิตเหล็กและเหล็กกล้าในประเทศ. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร; 2555.
3. Jiin-Yuh Jang, Jun-Bo Huang. (2015). Optimization of a slab heating pattern for minimum energy consumption in a walking-beam type reheating furnace. Applied Thermal Engineering 85.

[AS-O10] การลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติของเตาอบเหล็กรีดร้อนระหว่างช่วงการอุ่นเตาเพื่อหยุดบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

The Reduction of Using Natural Gas of Reheating Steel Furnace During the Preheating Stage in Order to Preventive Maintenance

ชิษณุ ธาราอุดมทรัพย์*
Chitsanu Taraudomsab*
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสนามจันทร์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: cts1044@gmail.com*

บทคัดย่อ

ปัจจุบันบริษัทต้องเสียค่าใช้จ่ายในการใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติของเตาอบเหล็กรีดร้อนระหว่างช่วงการอุ่นเตาเพื่อหยุดบำรุงรักษาเชิงป้องกันซึ่งมีค่าใช้จ่ายจำนวนมากในแต่ละเดือน ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินงานวิจัยเพื่อศึกษาการลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติของเตาอบเหล็กรีดร้อนโดยนำโดยใช้หลักการออกแบบการทดลอง เชิงแฟคทอเรียล 3^k ในการออกแบบการทดลองซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการควบคุมเตาอบเหล็กประกอบด้วย 4 ปัจจัยหลัก ได้แก่อุณหภูมิในเตาอบเหล็ก อัตราส่วนอากาศ (air) : ก๊าซธรรมชาติ (NG) และความดันในเตาอบเหล็ก โดยทำการสุ่มการทดลองโดยใช้ Minitab และทำการทดลองซ้ำแบบละ 2 ครั้ง จำนวน ผลการทดลองทั้งสิ้น 54 การทดลอง ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ผลการทดลองเชิงสถิต ผลการวิจัยพบว่าในช่วงที่มีการหยุดบำรุงรักษาเชิงป้องกันการปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานจากดับเตาเปลี่ยนเป็นอุ่นเตา สามารถลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ ผลที่ได้จากการทดลองพบว่าระดับปัจจัยในการปรับตั้งเตาอบระหว่างช่วงการอุ่นเตาเพื่อหยุดบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่เหมาะสม คือ อุณหภูมิ 600ºC อัตราส่วนอากาศ (Nm^3) :ก๊าซธรรมชาติ (Nm^3) 1.05 ความดันในเตาอบเหล็ก 2.7 บาร์ ซึ่งสามารถที่จะลดปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติลงได้มากสุดถึง 1,506 Nm^3 คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่สามารถลดลงได้ 18,072 บาท

คำสำคัญ: *เตาอบเหล็ก, การอุ่นเตา, ก๊าซธรรมชาติ, การออกแบบการทดลอง*

Abstract

At present, the company has to pay the cost of using natural gas of reheating steel furnace during the preheating stage in order to preventive maintenance which has a large amount of expenses each month. Therefore, this research aimed to study the reduction of using amount of natural gas fuel consumption of reheating steel furnace by using the principles. 3^k factorial in experimental design. The analysis has found that 4 main factors which affected the controlling of steel furnace consists of temperature, ratio of air: natural gas and pressure in the steel furnace. This experiment was be random by using Minitab and repeated experiment 2 times so, the total number of experiments was 54 experiments. In addition, the researcher has collected the data and analyzed experimental results as statistical. The research has found that during the preventive maintenance period by changing the working method from turning off the steel furnace to preheating furnace could be reduced the using amount of natural gas fuel. The results of the experiment showed that the proper level of setting factors during the preheating stage in order to preventive maintenance was 600ºC, ratio of air: natural gas was 1.05 and pressure in the steel furnace was 2.7 bar. So, in this study could be reduced amount of natural gas consumption up to 1,506 Nm^3 and could be reduced cost up to 18,072 baht/time.

Keywords: *reheating furnace, preheating furnace, natural gas, design of experiment*

บทนำ

ปัจจุบันเชื้อเพลิงประเภทก๊าซธรรมชาติมีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจ การคมนาคมขนส่ง และภาคอุตสาหกรรมต่างๆ โดยภาคอุตสาหกรรมถือได้ว่าเป็นสาขาเศรษฐกิจหนึ่งที่มีความต้องการในการนำประโยชน์จากก๊าซธรรมชาติมาใช้ในกระบวนการผลิตเป็นอย่างมาก ทั้งนี้เนื่องมาจากประเทศไทยเป็นประเทศกำลังพัฒนาที่อยู่ในช่วงการขยายเศรษฐกิจมาอย่างต่อเนื่อง จึงส่งผลให้การใช้พลังงานดังกล่าวในภาคอุตสาหกรรมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง[(1)] เช่นเดียวกันกับบริษัทอุตสาหกรรมรีดเหล็กร้อนแห่งหนึ่งที่มีต้นทุนค่าใช้จ่ายที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในแต่ละปี ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการนำก๊าซธรรมชาติมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการให้ความร้อนกับกระบวนการอบเหล็ก[(2)]

เนื่องด้วยบริษัทต้องเสียค่าใช้จ่ายก๊าซธรรมชาติในช่วงที่หยุดบำรุงรักษาเชิงป้องกัน(PM) เฉลี่ยเดือนละ 2-3 ครั้ง โดยทุกครั้งของการหยุดบำรุงรักษาเชิงป้องกันจำเป็นต้องมีการดับเตาและทำการให้ความร้อนอุณหภูมิขึ้นมาเพื่อให้ได้อุณหภูมิเตาอบเป็นไปตามอุณหภูมิที่ต้องการ 1,250 ºC เพื่อให้สามารถอบเหล็กได้ตามประสิทธิภาพที่กำหนดไว้ซึ่งทำให้มีค่าใช้จ่ายจากการใช้ก๊าซธรรมชาติ (Natural Gas: NG) ในการให้ความร้อนอุณหภูมิคิดปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติเฉลี่ยต่อครั้งประมาณ 12,746 Nm^3 หรือคิดเป็นต้นทุนเฉลี่ยครั้งละประมาณ 108,344 บาท และคิดเป็นเงินปีละ 2,058,539 บาท

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดต้นทุนการผลิตเหล็กให้ลดต่ำลง โดยการเปลี่ยนแปลงวิธีการควบคุมเตาอบเหล็กเพื่อลดการใช้ก๊าซธรรมชาติในช่วงที่หยุดบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการใช้เชื้อเพลิงอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นโดยที่ไม่ทำให้กระบวนการผลิตลดลงและไม่ทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษากระบวนการควบคุมการทำงานของเตาอบเหล็กในการลดปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติระหว่างช่วงการอุ่นเตาเพื่อหยุดบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

วิธีดำเนินการวิจัย

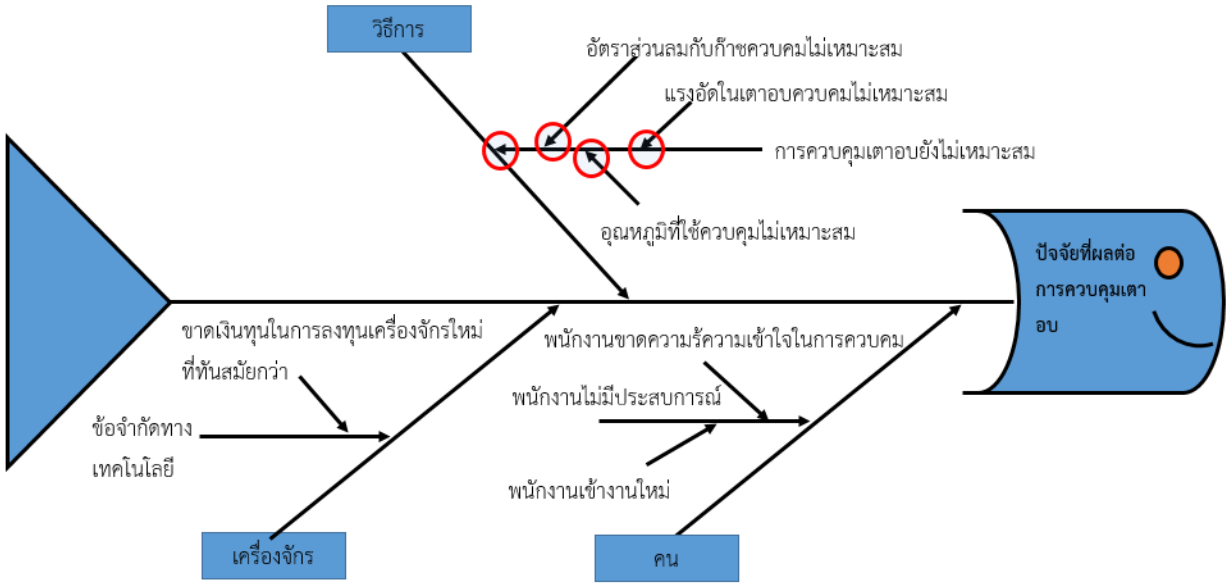
การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment: DOE) มีขั้นตอนทั่วไปของการออกแบบการทดลอง (D.C. Montgomery, 2001) เป็นดังนี้

1. กำหนดปัญหา (Problem Identification)

จากการวิเคราะห์ปัญหาและหาข้อมูลผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์จากข้อมูลพบว่าใช้วิธีการดับเตาใช้ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่มาก จากข้อมูลดังกล่าวจึงนำวิเคราะห์โดยใช้แผนภูมิก้างปลาเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อควบคุมเตาอบเพื่อนำไปควบคุมเตาอบโดยเปลี่ยนจากวิธีดับเตามาเป็นการใช้วิธีการอุ่นเตาเพื่อหาวิธีการที่ดีสุดและนำมาใช้ควบคุมเตาอบในช่วงเวลาหยุดซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ซึ่งมีแนวทางการวิเคราะห์ปัญหาดังภาพที่

ตารางที่ 1 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติในกระบวนการอบเหล็กโดยวิธีการดับเตา ของบริษัทรีดเหล็กร้อนแห่งหนึ่งในจังหวัดระยองช่วงที่บริษัทหยุดซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (ระยะเวลา 1 ปี)

ปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติช่วงที่มีการหยุดบำรุงรักษาเชิงป้องกัน			
วันที่	ปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติ Nm^3	วันที่	ปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติ Nm^3
17-ม.ค.-59	14,189	26-ก.ค.-59	14,276
29-ก.พ.-59	14,421	18-ส.ค.-59	14,066
15-มี.ค.-59	14,067	30-ก.ย.-59	14,305
29-มี.ค.-59	13,856	11-ต.ค.-59	14,154
12-เม.ย.-59	14,260	20-ต.ค.-59	14,287
8-พ.ค.-59	14,080	14-พ.ย.-59	14,390
19-พ.ค.-59	14,303	6-ธ.ค.-59	14,498
11-มิ.ย.-59	13,754	19-ธ.ค.-59	14,170
27-มิ.ย.-59	14,400	29-มิ.ย.-60	11,654
17-ก.ค.-59	14,420	13-ก.ค.-60	11,787



ภาพที่ 1 วิเคราะห์ปัญหาโดยใช้เทคนิค วิธีการวิเคราะห์แผนภูมิก้างปลา

2. กำหนดปัจจัย (Factors Identification)

จากการวิเคราะห์แผนภูมิก้างปลาเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการควบคุมผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์จากข้อมูลพบว่ามีอยู่ 3 ปัจจัยที่มีผลต่อการควบคุมเตาอบในช่วงที่หยุดซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน คือ

2.1 อุณหภูมิของเตาอบ; (Temp)

2.2 อัตราส่วนระหว่างอากาศ (air) :ก๊าซธรรมชาติ (NG) ; (Ratio)

2.3 ความดันของอากาศในเตาอบเหล็ก; (Furnace Pressure)

3. ออกแบบการทดลอง (Design Experiment)

ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบการทดลองเพื่อให้ครอบคลุมปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัย โดยใช้การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment: DOE) และนำการทดลอง 3-Level Full factorial design มาใช้ทำการทดลองทั้งหมดเท่ากับ 3^k มีการทดลองรวมแล้วทั้งสิ้น 27 วิธีการทดลอง การทดลองทำซ้ำ 2 ครั้ง และใช้โปรแกรม Minitab เพื่อใช้สุ่มการทดลอง เพื่อทดลองหาวิธีการเพื่อใช้ควบคุมเตาอบ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตารางออกแบบการทดลอง 3-Level Full factorial design ด้วยวิธีการอุ่นเตา ของบริษัทรีดเหล็กร้อนแห่งหนึ่งในจังหวัดระยองช่วงที่บริษัทหยุดซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

ปัจจัย Main Effects	ค่าที่เปลี่ยนแปลงไป (Condition)
อุณหภูมิของเตาอบ (Temp) : T	T_1 = 500 T_2 = 600 T_3 = 700
อัตราส่วนระหว่างอากาศ (air) :ก๊าซธรรมชาติ (NG) ; (Ratio): R	R_1 = 0.95 R_2 = 1.00 R_3 = 1.05
ความดันของอากาศในเตาอบเหล็ก ;(Furnace Pressure) : P	P_1 =2.3 P_2 =2.5 P_3 =2.7

ตารางที่ 3 ตารางออกแบบการทดลองด้วยวิธีการอุ่นเตาโดยวิธีการออกแบบ 3-Level Full factorial design ของบริษัทรีดเหล็กร้อนแห่งหนึ่งในจังหวัดระยองช่วงที่บริษัทหยุดซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

ลำดับการสุ่ม	Temp	Ratio	Pressure
25	700	1.05	2.3
11	600	0.95	2.5
21	700	0.95	2.7
8	500	1.05	2.5
6	500	1	2.7
24	700	1	2.7
26	700	1.05	2.5
4	500	1	2.3
16	600	1.05	2.3
20	700	0.95	2.5
13	600	1	2.3
9	500	1.05	2.7
10	600	0.95	2.3
15	600	1	2.7
12	600	0.95	2.7
7	500	1.05	2.3
27	700	1.05	2.7
5	500	1	2.5
17	600	1.05	2.5
22	700	1	2.3
23	700	1	2.5

14	600	1	2.5
3	500	0.95	2.7
2	500	0.95	2.5
19	700	0.95	2.3
18	600	1.05	2.7
1	500	0.95	2.3

วิธีการทำการทดลอง ผู้วิจัยได้วางแผนการปรับปรุงวิธีการทำงานเพื่อควบคุมปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติในการให้ความร้อนช่วงที่มีการหยุดซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันโดยปรับกระบวนการทำงานจากปกติที่มีการดับเตาเป็นการอุ่นเตา โดยทำการศึกษาหาวิธีการที่นำมาใช้ควบคุมเตาอบที่มีการแปรผันค่าตัวแปรคือ อุณหภูมิ ,อัตราส่วนอากาศ:ก๊าซธรรมชาติและความดันในเตาอบเหล็ก ซึ่งมีแผนผังสรุปขั้นตอนและมีรายละเอียดของวิธีการทดลอง ดังต่อไปนี้

3.1 หยุด PM เริ่มทำการทดลอง

3.2 ชั่วโมงที่1-9 เปิด Burner ในเตาอบดังนี้ Burner Zone 5 จำนวน 3 หัว และ Zone 6 จำนวน 3 หัว ที่ส่วน Burner ที่เหลือให้ปิดทั้งหมดและจ่ายก๊าซธรรมชาติไปยัง Burner ทั้ง 6 หัว ดังวิธีการในภาพที่ 2

3.3 ปรับค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ตัวแปร ประกอบด้วย อุณหภูมิเตาอบ , อัตราส่วนอากาศ:ก๊าซธรรมชาติ, ความดันในเตาอบเหล็ก ตามตารางที่ 3

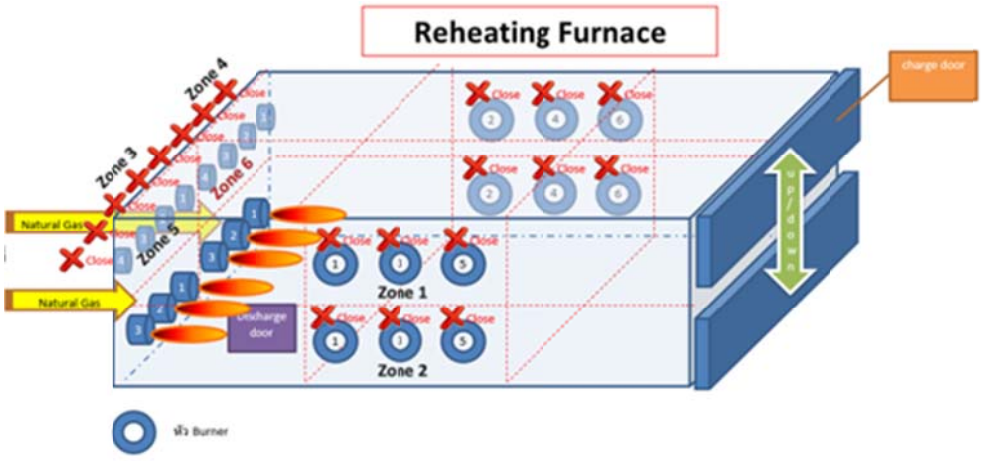
3.4 หลังจากชั่วโมงที่ 9 ทำการเปิด Burner ที่เหลือทั้งหมดและจ่ายก๊าซธรรมชาติไปยัง Burner ทั้งหมด ดังนี้ Burner Zone 5 จำนวน 3 หัว และ Zone 6 จำนวน 3 หัว Burner Zone 3 จำนวน 4 หัว Burner Zone 4 จำนวน 4 หัว Burner Zone 1 จำนวน 6 หัว Burner Zone 2 จำนวน 6 หัว

3.5 ปรับค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ตัวแปร กลับสู่สภาวะผลิตปกติ ประกอบด้วย อุณหภูมิ 1,250 °C , อัตราส่วนอากาศ:ก๊าซธรรมชาติ 0.95 ,ความดันในเตาอบเหล็ก 2.5 Bar

3.6 สิ้นสุดการ PM ทำการบันทึกผลการทดลอง จดบันทึกค่า Flow gas (Nm^3/m) และปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติ (Nm^3/h) จนกระทั่งสิ้นสุดระยะเวลาการทดลองในแต่ละแบบการทดลองเริ่มสู่สภาวะการผลิตปกติ

3.7 เดินเครื่องทดสอบตามแบบวิธีการทดลองทีละแบบการทดลองตามตารางที่ 3

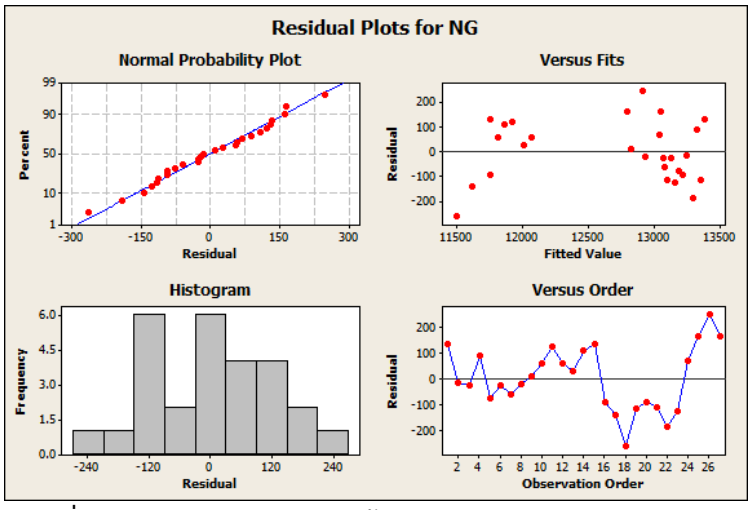
3.8 ทำการทดลองเช่นเดียวกับ ข้อ 3.4.1 - 3.4.6 นี้ จนครบทั้ง 27 แบบการทดลองและ1การทดลองทำซ้ำ 2 ซ้ำ รวมผลการทดลองทั้งสิ้น 54 การทดลอง



ภาพที่ 2 กระบวนการเปิดหัว Burner สภาวะทำการทดลอง

4. วิเคราะห์ข้อมูล (Analyze Data)

การวิเคราะห์ผลการทดลอง ทางผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม Minitab Release 16 โดยรูปแบบของผลการทดลอง แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลของการทดลองแบบแฟคทอเรียล

จากการวิเคราะห์พบว่าการกระจายตัวของค่าส่วนตกค้างมีลักษณะเรียงตัวกันมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง ซึ่งแสดงว่ามีความอิสระของข้อมูลนั่นคือข้อมูลเก็บมาอย่างสุ่มกราฟระหว่างค่าของส่วนตกค้างกับลำดับการทดลองไม่มีลักษณะที่เป็นแนวโน้ม ดังนั้นสามารถที่จะสรุปได้ว่าเป็นแบบอิสระต่อกันไม่ขึ้นอยู่กับการทดลอง จึงถือว่าการทดลองนี้ถูกต้อง การทดสอบโดย Histogram เมื่อพิจารณาการกระจาย ของข้อมูลบนแผนภูมิ พบว่าการกระจายตัวของ Residual มีรูปแบบที่เป็นอิสระ ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน แสดงให้เห็นว่าค่า Residual มีความเป็นอิสระต่อกัน (Independent) และ ในการ วิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณก๊าซที่ใช้อุ่นเตา เริ่มจากการพิจารณาอันตรกิริยาที่มีคา P-value พบว่า ที่มีผลผลต่อปริมาณก๊าซที่ใช้อุ่นเตาอย่างมีนัยสำคัญคือ ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน จากภาพ พบว่า ปัจจัยทั้ง 3 ที่นำมาวิเคราะห์นั้น ต่างมีผลต่อตัวแปร ที่ระดับนัยสำคัญค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 มี และพบว่าปัจจัยอย่างน้อย 2 ปัจจัยขึ้นไปยังส่งผลอันตรกิริยา (Interaction) ต่อกันอย่างมีนัยสำคัญเนื่องจากมี ค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ซึ่งมีผลต่อลักษณะข้อบกพร่องเช่นเดียวกันดังแสดงภาพที่ 4

General Linear Model: NG versus Temp, Ratio, Pressure

```
Factor    Type   Levels  Values
Temp      fixed       3  500, 600, 700
Ratio     fixed       3  0.95, 1.00, 1.05
Pressure  fixed       3  2.3, 2.5, 2.7

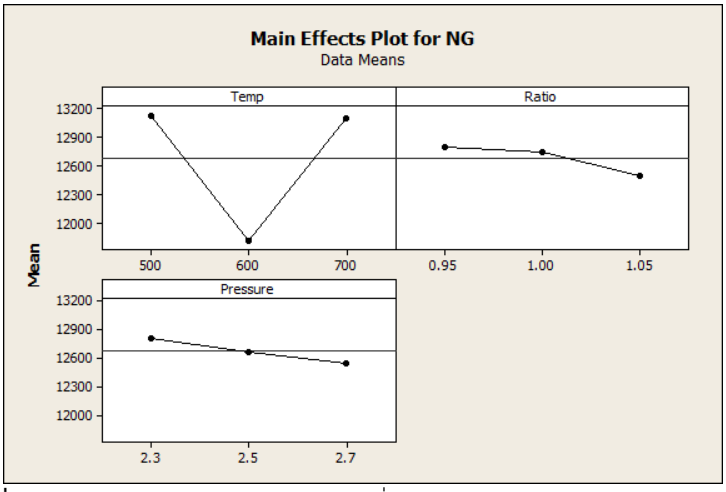
Analysis of Variance for NG, using Adjusted SS for Tests

Source          DF    Seq SS    Adj SS    Adj MS       F      P
Temp             2  10197927  10197927   5098964  917.70  0.000
Ratio            2    474135    474135    237068   42.67  0.000
Pressure         2    291922    291922    145961   26.27  0.000
Temp*Ratio       4    297141    297141     74285   13.37  0.001
Temp*Pressure    4     29756     29756      7439    1.34  0.335
Ratio*Pressure   4     23671     23671      5918    1.07  0.433
Error            8     44450     44450      5556
Total           26  11359001

S = 74.5401   R-Sq = 99.61%   R-Sq(adj) = 98.73%
```

ภาพที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลเชิงแฟคทอเรียลแบบ 3 ระดับ

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่ออาการซองรั่วที่พบ โดยใช้โปรแกรม Minitab พบว่าปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่ออาการซองรั่วอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) คืออุณหภูมิและอัตราส่วนอากาศ:ก๊าซธรรมชาติจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ3ระดับ ที่ส่งผลกระทบต่อการใช้ก๊าซในการอุ่นเตา และแผนภาพความสำคัญของอิทธิพลร่วมสองปัจจัยดังภาพที่ 5

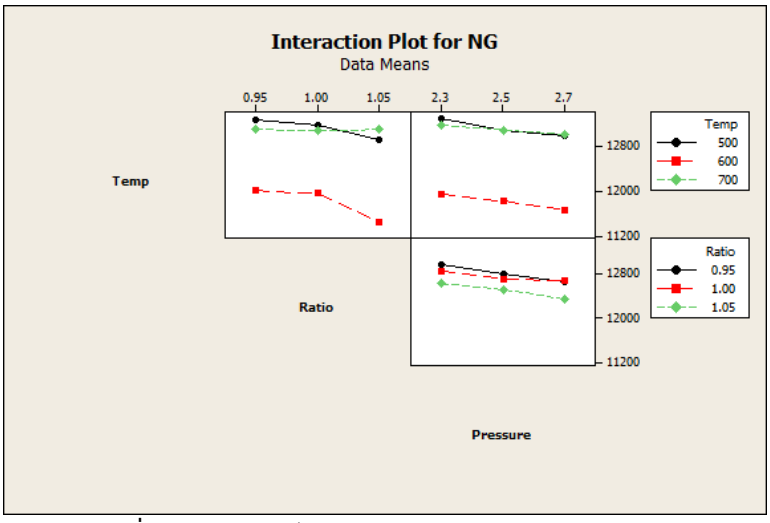


ภาพที่ 5 การวิเคราะห์ Main Effects Plot ที่มีผลต่อการใช้ก๊าซธรรมชาติในการอุ่นเตา

อุณหภูมิ พบว่า เส้นกราฟมีลักษณะชันลงมาก ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยอุณหภูมิ 600 °Cนั้น ส่งผลกระทบต่อการใช้ก๊าซธรรมชาติลดน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญ

อัตราส่วนอากาศ:ก๊าซธรรมชาติพบว่า เส้นกราฟมีลักษณะชันลง ซึ่งหมายความว่า ปัจจัยอัตราส่วนอากาศ:ก๊าซธรรมชาติ 1.05 นั้น ส่งผลกระทบต่อการใช้ก๊าซธรรมชาติลดน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญ

ความดันในเตาอบเหล็ก พบว่า เส้นกราฟมีลักษณะเกือบเป็นเส้นตรง ซึ่งหมายความว่าไม่ว่าจะปรับตั้งค่าความดันในเตาอบเหล็ก ต่ำ หรือ สูง ส่งผลกระทบต่อการใช้ก๊าซธรรมชาติไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก ดังนั้นความดันในเตาอบเหล็ก จึงไม่มีผลต่อการใช้ก๊าซธรรมชาติ



ภาพที่ 6 การวิเคราะห์ Interaction Plot อิทธิพลร่วม 2 ปัจจัย

ในภาพที่ 6 จากการพิจารณากราฟอิทธิพลร่วม 2 ปัจจัย พบว่าอิทธิผลรวมระหว่างปัจจัย อุณหภูมิและอัตราส่วนอากาศ:ก๊าซธรรมชาติส่งผลกระทบต่อการใช้ก๊าซธรรมชาติลดน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญอย่างชัดเจน เนื่องจากมีการปรับตั้งค่า อุณหภูมิสูงและอัตราส่วนอากาศ:ก๊าซธรรมชาติสูง จะส่งผลให้ปริมาณต่อการใช้ก๊าซธรรมชาติอยู่ในระดับต่ำ เมื่อมีการปรับตั้งค่าอุณหภูมิต่ำและและอัตราส่วนอากาศ:ก๊าซต่ำจะส่งผลให้ปริมาณต่อการใช้ก๊าซธรรมชาติอยู่ในระดับสูง

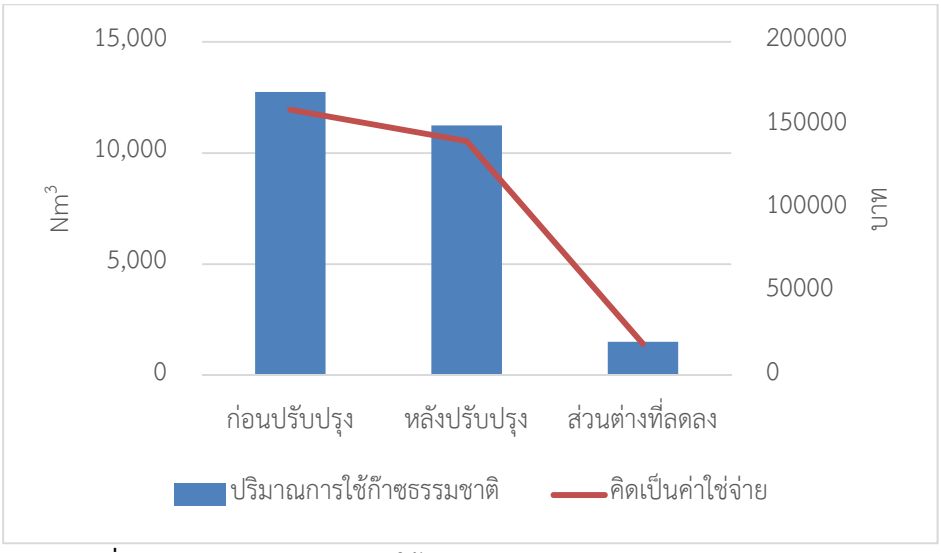
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากผลการทดลองก่อนปรับปรุงโดยใช้วิธีการดับเตาและหลังปรับปรุงได้เปลี่ยนเป็นวิธีการอุ่นเตา โดยการทดลองปรับตั้งค่าการควบคุมปัจจัยที่ใช้ควบคุมเตาอบเหล็ก คือ อุณหภูมิ อัตราส่วนอากาศ:ก๊าซธรรมชาติ และความดันในเตาอบ และได้นำผลการทดลองมาวิเคราะห์หาระดับปัจจัยในการปรับตั้งเครื่องจักร เพื่อการลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติของเตาอบเหล็กรีดร้อนระหว่างช่วงการอุ่นเตาเพื่อหยุดบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยอาศัยการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 3^K ผลการทดลองพบว่าการปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานนี้สามารถที่จะช่วยลดปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติได้ในช่วงระหว่างการอุ่นเตาเพื่อหยุดบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยปัจจัยที่เหมาะสมสามารถสรุปได้ตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4 ผลการทดลองการวิเคราะห์หาระดับปัจจัย

ปัจจัย	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
อุณหภูมิ(Temp)	0	600 °C
อัตราส่วนอากาศ:ก๊าซธรรมชาติ (Ratio)	0	1.05
ความดันในเตาอบเหล็ก (Pressure)	0	2.7 Bar

การปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานนี้สามารถที่จะช่วยลดปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติได้ในช่วงระหว่างการอุ่นเตาเพื่อหยุดบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (ดังแสดงผลในภาพที่ 7) และยังสามารถวิเคราะห์ถึงการปรับตั้งค่าเตาอบที่เหมาะสมในการช่วยลดปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติ ซึ่งสามารถที่จะลดปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติลงได้มากสุดถึง 1,506 Nm^3 คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่สามารถลดลงได้ 18,825 บาท



ภาพที่ 7 กราฟเปรียบเทียบปริมาณใช้ก๊าซธรรมชาติก่อนการทดลองกับหลังการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

1. A. Steinboeck และ D. Wild† A. Kugi (2013). [เข้าถึงเมื่อ 12 ธันวาคม 2559] เข้าถึงได้จาก http://www.phamacy.cmu.ac.th/web2553/n91.php.
2. ธงชัย คงแก้ว. (2527). ความหมายการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance). [ออนไลน์] เข้าถึงข้อมูลวันที่ 03 ตุลาคม 2561. จาก https://www.gotoknow.org/posts/92141

3. คณิต เสรตระกูล. (2534). การปรับปรุงระบบซ่อมบำรุงเพื่อเพิ่มผลผลิตของอุตสาหกรรมทูน่ากระป๋อง.วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
4. กังวาน ชยุติมันต์กุล. (2545). การวิเคราะห์ต้นทุนคุณภาพ สำหรับโรงงานหล่อโลหะ. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. คณะวิศวกรรมศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
5. สิริวรรณ เกตุวิจิตร. (2547). การเปรียบเทียบวิธีการคำนวณต้นทุนช่วงกับต้นทุนผสมและการใช้ต้นทุนคุณภาพสำหรับอุตสาหกรรมหลอมอลูมิเนียม กรณีศึกษา : บริษัท ABC จำกัด. วิทยานิพนธ์บัญชีมหาบัณฑิต สาขาบัญชีบริหาร รุ่นที่ 1 คณะบริหารธุรกิจ. ชลบุรี : วิทยาลัยพาณิชยศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

[AS-P01] ผลของผงใบมะรุมต่อคุณภาพของคุกกี้เนย

The Effect of Maringa Leaf Powder on Quality of Butter Cookies

ประดิษฐ์ คำหนองไผ่*
Pradit Kumnongphai*
ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: pradit_k@rmutt.ac.th*

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาอัตราส่วนของแป้งสาลีต่อผงใบมะรุมที่เหมาะสมที่ใช้ในคุกกี้เนย โดยใช้อัตราส่วนของแป้งสาลีต่อผงใบมะรุมที่ 100:0 (สูตรควบคุม) 95:5 90:10 85:15 และ 80:20 ตามลำดับ ศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมีและความชอบทางประสาทสัมผัส จากการทดลองพบว่าผงใบมะรุมมีปริมาณโปรตีน ไขมัน ใยอาหาร เถ้า ความชื้น ดัชนีการละลายน้ำและการดูดซับน้ำ ร้อยละ 23.81 5.68 10.47 8.65 9.70 40.85 และ 16.81 ตามลำดับ ความเป็นกรดด่างมีค่า 5.43 ความสว่าง ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองคือ 51.36 -11.80 และ 26.86 ตามลำดับ เมื่อใช้อัตราส่วนของผงใบมะรุมเพิ่มมากขึ้นจะทำค่าความหนา ความกว้าง อัตราการแผ่กระจาย ความสว่าง ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองของคุกกี้เนยลดลง ($p \leq 0.05$) แต่ค่าความหนาแน่น ความแข็ง โปรตีน ไขมัน ใยอาหารและความชื้นเพิ่มมากขึ้น ($p \leq 0.05$) ส่วนความชอบทางประสาทสัมผัส พบว่าคุกกี้เนยที่มีอัตราส่วนของผงใบมะรุมเพิ่มมากขึ้นจะทำให้คะแนนความชอบด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติและความชอบโดยรวมมีค่าลดต่ำลง ($p \leq 0.05$) แต่คุกกี้เนยที่มีอัตราส่วนของผงแป้งสาลีต่อผงใบมะรุมที่ 95:5 จะได้รับคะแนนความชอบด้านรสชาติสูงเทียบเท่ากับคุกกี้เนยสูตรควบคุม

คำสำคัญ: *คุกกี้เนย, ผงใบมะรุม, มะรุม*

Abstract

The objective of this research was to study the optimum ratio of wheat flour and Moringa leaf powder in butter cookies. The ratios of wheat flour to Moringa leaf powder were 100:0 (control recipe) 95: 5, 90:10, 85:15 and 80:20, respectively. The physical and chemical properties and sensory evaluation of butter cookies were determined. The results showed that the protein, fat, fiber, ash, moisture content, water solubility and water absorption of Moringa leaf powder were 23.81, 5.68, 10.47, 8.65, 9.70, 40.85 and 16.81%, respectively. The pH, lightness, redness and yellowness were 5.43, 51.36, -11.80 and 26.86, respectively. As the amount of Moringa leaf powder in the product increased, the thickness, width, spread ratio, lightness, redness and yellowness of the butter cookies significantly decreased ($p \leq 0.05$). However the density, hardness, protein, fat, fiber and moisture content of the butter cookies were significantly increased ($p \leq 0.05$). The result of sensory evaluation showed that while increasing Moringa leaf powder in butter cookies, the scores of color, odor, texture, taste and overall liking of the product were significantly decreased ($p \leq 0.05$). Never the less, the butter cookies prepared using the ratio of wheat flour to Moringa leaf powder at 95:5 had a high taste score, equivalent to a control cookie butter.

Keywords: *butter cookies, Moringa leaf powder, Moringa*

บทนำ

มะรุมเป็นไม้ยืนต้นที่ปลูกได้ง่ายและมีประโยชน์สูง ส่วนของใบมะรุมนั้นได้รับความนิยมในการนำมาใช้ประโยชน์ทั้งทางด้านโภชนาการและการแพทย์ เนื่องจากใบมะรุมมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเป็นแหล่งของแคลเซียม โพแทสเซียม โปรตีน และวิตามินเอ โดยผงใบมะรุมแห้ง 100 กรัม มีแคลเซียมสูงถึง 2,003 มิลลิกรัม (มากกว่านม 17 เท่า) โพแทสเซียม 1,324 มิลลิกรัม (พบมากกว่าในกล้วย) โปรตีน 27.1 กรัม (มากกว่าโยเกิร์ต 17 เท่า) และวิตามินเอ 18.9 มิลลิกรัม (มากกว่าแครอท 10 เท่า) มีเหล็กมากกว่าผักโขม 10 เท่า นอกจากนี้ในใบมะรุมยังประกอบไปด้วยกรดอะมิโนชนิดที่จำเป็นและไม่จำเป็นต่อร่างกาย รวม 18 ชนิด รวมทั้งประกอบด้วยสารพฤกษเคมี เช่น กลูโคซิโนเลตส์ และไอโซไธโอไซยาเนตส์ ที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านมะเร็ง ลดความดันโลหิต และเป็นสารต้านแบคทีเรีย ในบางประเทศมีการส่งเสริมให้นำมะรุมมารับประทานเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร เพื่อป้องกันและรักษาภาวะทุพโภชนาการ ดังนั้นผงใบมะรุมจึงเป็นวัตถุดิบชนิดหนึ่งที่น่าสนใจนำมาใช้เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการในผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องจากเป็นวัตถุดิบที่มีคุณภาพสูงด้านโภชนาการแต่มีราคาถูก

คุกกี้เนยเป็นผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ชนิดหนึ่งที่นิยมรับประทานเป็นอาหารในหลายประเทศและได้รับความนิยมในประเทศไทย อย่างไรก็ตามคุกกี้เนยที่จำหน่ายทั่วไปมักเป็นคุกกี้เนยที่มีไขมันและคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลัก มีคุณค่าด้านอื่น ๆ ต่ำ เช่น แร่ธาตุ ใยอาหาร มีงานวิจัยที่เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการหรือเพิ่มคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์คุกกี้ โดยการใช้วัตถุดิบต่าง ๆ เสริมหรือทดแทนการใช้แป้งสาลี ได้แก่ ศึกษาการใช้ก้างปลานิลสุกในคุกกี้ชินามอน[1] ศึกษาการพัฒนาคุกกี้ให้มีเส้นใยอาหารสูงและพลังงานต่ำโดยใช้แป้งโฮลวีทแทนแป้งสาลีในสูตรคุกกี้เนย มีการเพิ่มเส้นใยโดยใช้กากถั่วเหลือง แกนสับปะรด ถั่วแดงหลวง เห็ดหูหนูขาว มะเขือขาวแช่อิ่มและลูกเกด[2] ศึกษาการใช้โอคารา 4 ชนิดทดแทนแป้งสาลีในการผลิตคุกกี้เนย[3] ศึกษาการผลิตคุกกี้แบบอุตสาหกรรมขนาดเล็ก โดยเสริมแป้งข้าวเจ้า แป้งถั่วเหลือง แป้งถั่วเขียวและงา เพื่อจัดหาสูตรคุกกี้ที่มีคุณค่าอาหารสูง[4] พัฒนาสูตรคุกกี้ดัดแปลงเพื่อให้มีใยอาหารเพิ่มขึ้น โดยใช้ถั่วแดง งา เมล็ดทานตะวัน ข้าวพอง ข้าวโอ๊ตและจมูกข้าวสาลี[5] ศึกษาการเสริมใยอาหารจากข้าวโอ๊ตในคุกกี้ข้าวตอก[6] ศึกษาคุณภาพของโปรตีนที่สกัดจากกากงาดำและปริมาณโปรตีนสกัดจากกากงาดำที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการผลิตคุกกี้แป้งข้าวเจ้า[7] ศึกษาการใช้กากเมล็ดทานตะวันเสริมเส้นใยในผลิตภัณฑ์คุกกี้เนย[8] การพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้จากแป้งสาลีผสมแป้งข้าวสีนิล[9] การใช้แป้งกล้วยน้ำว้าและแป้งเผือกมาใช้ศึกษาในผลิตภัณฑ์คุกกี้เส้นใยอาหารสูง[10] การใช้แป้งสาคูทดแทนแป้งสาลีในคุกกี้[11] การใช้แป้งเมล็ดถั่วพุ่มสีดำเป็นส่วนผสมในคุกกี้[12] ศึกษาการใช้เมล็ดกระบกทดแทนเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในคุกกี้แช่เย็นและทดแทนเมล็ดมะม่วงหิมพานต์และเมล็ดอัลมอนด์สไลด์ในคุกกี้ปั้น[13] และศึกษาการใช้ส่วนผสมระหว่างแป้งข้าว สตาร์ชและโปรตีน เพื่อนำมาใช้ในคุกกี้ชนิดปราศจากกลูเตน[14]

ดังนั้น การใช้ใบมะรุมผงในผลิตภัณฑ์คุกกี้จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับคุกกี้ และเหมาะสำหรับผู้บริโภคที่ต้องการอาหารเพื่อสุขภาพ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาปริมาณผงใบมะรุมที่เหมาะสมที่ใช้ในคุกกี้เนย ศึกษาผลของการใช้ผงใบมะรุมต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีและกายภาพ ตลอดจนศึกษาความชอบทางประสาทสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการ

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมผงใบมะรุม

นำใบมะรุมสด โดยใช้ใบที่มีลักษณะที่ไม่แก่หรืออ่อนจนเกินไปโดยสังเกตจากก้านใบห่างจากยอดประมาณ 3-4 ก้านใบ[15] ล้างน้ำให้สะอาดทิ้งให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสนาน 6 ชั่วโมง บดใบมะรุมแห้งให้เป็นผงละเอียดด้วยเครื่องบดตัวอย่างแห้งและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช แล้วบรรจุใส่ถุงพลาสติกปิดสนิทและเก็บในภาชนะทึบแสง เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง[16]

การผลิตคุกกี้เนยใส่ผงใบมะรุม

ทำการผลิตคุกกี้เนยผงใบมะรุมที่มีการใช้อัตราส่วนของแป้งสาลีต่อผงใบมะรุม 5 อัตราส่วน ได้แก่ 100:0 95:5 90:10 85:15 และ 80:20 ตามลำดับ โดยทำการผลิตคุกกี้ดังกล่าววางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) จำนวน 4 ซ้ำดังนี้

สิ่งทดลองที่ 1 คุกกี้เนยสดที่ใช้แป้งสาลีต่อผงใบมะรุมในอัตราส่วน 100 : 0 (ตัวอย่างควบคุม)

สิ่งทดลองที่ 2 คุกกี้เนยสดที่ใช้แป้งสาลีต่อผงใบมะรุมในอัตราส่วน 95 : 5

สิ่งทดลองที่ 3 คุกกี้เนยสดที่ใช้แป้งสาลีต่อผงใบมะรุมในอัตราส่วน 90 : 10

สิ่งทดลองที่ 4 คุกกี้เนยสดที่ใช้แป้งสาลีต่อผงใบมะรุมในอัตราส่วน 85 : 15

สิ่งทดลองที่ 5 คุกกี้เนยสดที่ใช้แป้งสาลีต่อผงใบมะรุมในอัตราส่วน 80 : 20

ส่วนผสมของคุกกี้เนยใสใบมะรุมแต่ละสิ่งการทดลอง แสดงดังตารางที่ 1

ขั้นตอนการผลิตคุกกี้เนย

1) ร่อนแป้งและนมผง เข้าด้วยกันและพักไว้ (ได้ส่วนที่1)
2) ผสมเนยสดและมาการีนและน้ำตาลไอซิ่งด้วยเครื่องผสมหัวตีใบไม้ความเร็วระดับ 4 ใช้เวลาในการตีจนขึ้นฟู 10 นาที (ได้ส่วนที่2)
3) ลดความเร็วเป็นระดับ 4 จากนั้นใส่ไข่ไก่และวานิลาลงตีในส่วนที่ 2 เติมแป้งส่วนที่1 ทีละน้อยให้พอเข้ากัน
4) กดคุกกี้บนถาดที่ทาไขมัน นำไปอบในเตาอบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสจนสุกและนำออกจากถาดวางบนตะแกรงพักให้คุกกี้เย็น
5) บรรจุในถุงซิปล็อกเพื่อรอการประเมินคุณภาพด้านต่าง ๆ ต่อไป

ตารางที่ 1 สูตรสำหรับการผลิตคุกกี้เนยที่ใช้อัตราส่วนแป้งสาลีต่อผงใบมะรุมต่างกัน

ปริมาณส่วนผสม (กรัม)	**สิ่งทดลอง**				
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5
แป้งสาลีอเนกประสงค์	400	380	360	340	320
ผงใบมะรุม	0	20	40	60	80
นมผง	33	33	33	33	33
วานิลา	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
เนยมาการีน	317	317	317	317	317
เนยสด	17	17	17	17	17
น้ำตาลไอซิ่ง	200	200	200	200	200
ไข่ไก่	50	50	50	50	50

ที่มา: ดัดแปลงจากสูตรการผลิตคุกกี้เนยสด[17]

หมายเหตุ T_1 T_2 T_3 T_4 และ T_5 คือ คุกกี้เนยที่ใช้แป้งสาลีต่อผงใบมะรุมในอัตราส่วน 100:0 (ตัวอย่างควบคุม) 95:5 90:10 85:15 และ 80:20 ตามลำดับ

การประเมินคุณภาพคุกกี้เนย

คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ความหนา (thickness) ความกว้าง (width) การแผ่ขยายตัว (spread ratio) ค่าสี ได้แก่ ความสว่าง (L*) สีแดง (a*) และสีเหลือง (b*)[18] ความหนาแน่นและค่าความแข็ง[9]

การทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค ได้แก่ ความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมการประเมินความชอบมีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized complete block design; RCBD) แบบประเมินทางประสาทสัมผัสจะใช้แบบเฮโดนิกสเกลชนิด 9 จุด (nine-point hedonic scale) และใช้ผู้บริโภคอย่างน้อย 60 คน[19]

คุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ โปรตีน (Protein) ไขมัน (Fat) ความชื้น (Moiture) เถ้า (Ash) และใยอาหาร (Fiber) โดยวิธีการของ AOAC[20]

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ลักษณะและสมบัติของผงใบมะรุม

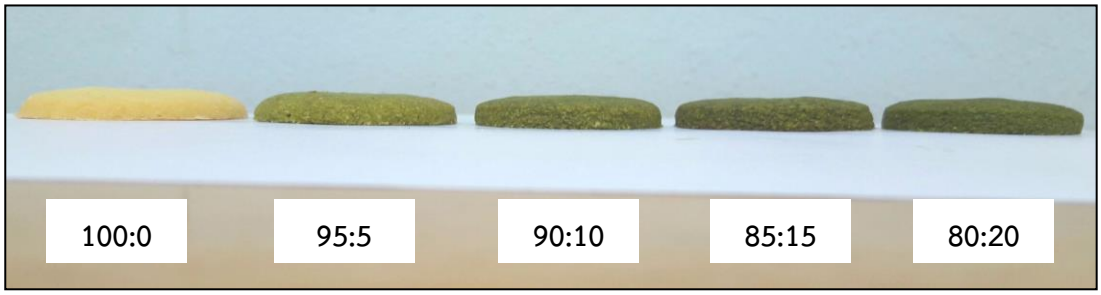
ลักษณะผงใบมะรุมที่ได้มีขนาดผงละเอียดเนียนสีเขียว มีกลิ่นของมะรุมอย่างชัดเจน ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่าผงใบมะรุมมีปริมาณโปรตีน ไขมัน ใยอาหาร เถ้าและความชื้นร้อยละ 23.81 5.68 10.47 8.65 และ 9.0 ตามลำดับ ดัชนีการละลายน้ำและดัชนีการดูดซับน้ำคือร้อยละ 40.85 และ 16.81 ตามลำดับ ค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.43 ค่าความสว่าง ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองคือ 51.36 -11.80 และ 26.86 ตามลำดับ



ภาพที่ 1 ลักษณะของใบมะรุมสด (ซ้าย) และลักษณะของผงใบมะรุม (ขวา)

ผลของการใช้แป้งสาลีต่อผงใบมะรุมในอัตราส่วนต่าง ๆ ต่อคุณภาพของคุกกี้เนย

ลักษณะของคุกกี้เนยที่ใช้แป้งสาลีกับผงใบมะรุมในอัตราส่วนต่าง ๆ แสดงดังภาพที่ 2 ส่วนผลของการใช้แป้งสาลีกับผงใบมะรุมในอัตราส่วนต่าง ๆ ที่มีต่อคุณภาพทางกายภาพ ทางประสาทสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการของคุกกี้เนย แสดงดังตารางที่ 2 3 และ 4 ตามลำดับ



ภาพที่ 2 ลักษณะของคุกกี้เนยที่ใช้แป้งสาลีต่อผงใบมะรุมในอัตราส่วน 100:0 (ตัวอย่างควบคุม) 95:5 90:10 85:15 และ 80:20 ตามลำดับ

การใช้ผงใบมะรุมที่ทดแทนแป้งสาลีเพิ่มขึ้นจะทำให้คุกกี้เนยมีค่าความหนา ความกว้าง และอัตราการแผ่กระจายลดลง ($p \leq 0.05$) แต่อัตราการแผ่กระจายของคุกกี้ที่มีอัตราส่วนของแป้งสาลีต่อผงใบมะรุมอัตราส่วน 100:0 95:5 และ 90:10 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนด้านความหนาแน่นของคุกกี้เนยจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ปริมาณของผงมะรุมเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เพราะผงใบมะรุมมีสมบัติในการพองตัวต่ำและส่งผลทำให้ของเหลวในคุกกี้น้อยลง ทำให้มีแรงต้านทานต่อการขยายตัวของคุกกี้เพิ่มขึ้นจนไม่สามารถขยายตัวได้อีก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยเรื่องการใช้แป้งสาคูทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์คุกกี้เนย[11]

การใช้ผงใบมะรุมที่ทดแทนแป้งสาลีเพิ่มขึ้นจะทำให้คุกกี้เนยมีค่าความสว่าง ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองลดต่ำลงเนื่องจากในใบมะรุมมีคลอโรฟิลล์ที่เป็นรงควัตถุ[16] สอดคล้องกับการเสริมเส้นใยจากกากเมล็ดทานตะวันมากขึ้นในคุกกี้เนยจะมีค่าความสว่าง ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองลดต่ำลง[8] ดังนั้นการเพิ่มอัตราส่วนของผงใบมะรุมจึงส่งผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยมีสีคล้ำขึ้น ตามลำดับ แต่จะทำให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) เนื่องจากผงใบมะรุมทำให้ปริมาณของเหลวในส่วนผสมของคุกกี้น้อยลง ส่งผลให้คุกกี้มีความแข็งและแน่นมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับผลของการเสริมใบหม่อนต่อคุณภาพของคุกกี้เนย[21] อย่างไรก็ตามค่าความแข็งของคุกกี้เนยต่ออัตราส่วนของแป้งสาลีต่อผงใบมะรุมอัตราส่วน 95:5 จะไม่มีความแตกต่างกับสูตรควบคุม ($p > 0.05$)

ตารางที่ 2 ผลของการใช้แป้งสาลีต่อผงใบมะรุมในอัตราส่วนต่าง ๆ ต่อคุณภาพทางกายภาพ ค่าสีและค่าความแข็งของคุกกี้เนย

อัตราส่วนของแป้งสาลีต่อผงใบมะรุม	ความหนา* (mm)	ความกว้าง* (mm)	อัตราการแผ่กระจาย*	ความหนาแน่น* (g/cm^3)	ค่าสี			ความแข็ง* (g)
					ความสว่าง*	สีแดง*	สีเหลือง*	
100:0	7.01^{c}	46.05^{a}	6.57^{a}	0.43^{d}	54.32^{a}	12.43^{a}	24.42^{c}	1259.70^{d}
95:5	6.89^{c}	45.94^{b}	6.67^{a}	0.47^{c}	43.31^{b}	-7.51^{b}	29.51^{a}	1329.31^{cd}
90:10	7.83^{b}	45.74^{c}	5.84^{b}	0.51^{b}	40.91^{c}	-6.21^{c}	25.11^{b}	1416.12^{bc}
85:15	7.77^{b}	44.05^{d}	5.67^{b}	0.54^{a}	39.65^{c}	-2.51^{d}	23.32^{d}	1480.60^{ab}
80:20	8.40^{a}	43.41^{e}	5.17^{c}	0.55^{a}	39.63^{c}	1.51^{e}	17.81^{e}	1550.47^{a}
CV. (ร้อยละ)	9.56	2.51	2.38	9.76	13.30	66.85	16.18	8.97

หมายเหตุ * = ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 3 ผลของการใช้แป้งสาลีต่อผงใบมะรุมในอัตราส่วนต่าง ๆ ต่อความชอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้เนย

อัตราส่วนของแป้งสาลีต่อผงใบมะรุม	**คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัส**					
	ลักษณะปรากฏ*	**สี***	**กลิ่น***	**รสชาติ***	**เนื้อสัมผัส***	**ความชอบโดยรวม***
100:0	7.40^{a}	7.83^{a}	7.15^{a}	7.47^{a}	7.48^{a}	7.45^{a}
95:5	6.57^{b}	6.55^{b}	6.25^{b}	7.47^{a}	6.58^{b}	6.53^{b}
90:10	6.38^{b}	6.28^{b}	6.05^{b}	6.13^{b}	6.58^{b}	6.40^{b}
85:15	5.77^{c}	5.50^{c}	4.72^{c}	5.27^{c}	5.84^{c}	5.93^{c}
80:20	5.06^{d}	5.23^{c}	4.43^{d}	4.75^{d}	5.11^{d}	5.28^{d}
CV.(ร้อยละ)	34.53	27.67	27.65	30.52	24.63	24.83

หมายเหตุ * ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ ของคุกกี้เนยที่มีอัตราส่วนของแป้งสาลีต่อผงใบมะรุมในอัตราส่วน 100:0 95:5 90:10 85:15 และ 80:20 มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏเท่ากับ 7.40 6.57 6.38 5.77 และ 5.06

คะแนน ความชอบด้านสีเท่ากับ 7.83 6.55 6.28 5.50 และ 5.23 คะแนน ความชอบด้านกลิ่นเท่ากับ 7.15 6.25 6.05 4.72 และ 4.43 คะแนน ความชอบด้านรสชาติเท่ากับ 7.477.47 6.13 5.27 และ 4.75 คะแนน ตามลำดับ ความชอบด้านเนื้อสัมผัสเท่ากับ 7.48 6.58 6.58 5.84 และ 5.11 คะแนน ส่วนความชอบโดยรวมเท่ากับ 7.45 6.53 6.40 5.93 และ 5.28 คะแนน ตามลำดับ

จะเห็นว่าการใช้ผงใบมะรุมที่มากขึ้นมีผลทำให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสลดน้อยลง ($p \leq 0.05$) เพราะเมื่อใส่ผงใบมะรุมมากยิ่งขึ้นส่งผลให้การขึ้นฟูของคุกกี้ลดน้อยลง ผิวของคุกกี้เนยมีความเรียบเนียนน้อยลง สีเข้มขึ้น มีกลิ่นและรสขมจากผงใบมะรุมชัดเจนขึ้น และเนื้อสัมผัสมีกระด้างและแข็งมากขึ้นตามปริมาณของใบมะรุม จึงส่งผลให้คะแนนความชอบโดยรวมจะลดลง ($p \leq 0.05$) สอดคล้องกับความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติและเนื้อสัมผัสของคุกกี้เนย อย่างไรก็ตามคุกกี้เนยที่มีอัตราส่วนของผงแป้งสาลีต่อผงใบมะรุมที่ 95:5 จะได้คะแนนความชอบด้านรสชาติสูงเท่ากับสูตรควบคุม

ตารางที่ 4 คุณค่าทางโภชนาการของคุกกี้เนยใส่ผงใบมะรุมในอัตราส่วนต่าง ๆ

อัตราส่วนของแป้งสาลี	คุณค่าทางโภชนาการ (ร้อยละ)					
ต่อผงใบมะรุม	โปรตีน*	ไขมัน*	ใยอาหาร*	เถ้า^{ns}	ความชื้น*	คาร์โบไฮเดรต*
100:0	4.60^{e}	30.12^{e}	0.38^{e}	0.71	2.87^{e}	61.31^{a}
95:5	4.91^{d}	30.61^{d}	0.76^{d}	0.72	3.14^{d}	59.74^{b}
90:10	5.15^{c}	31.22^{c}	1.10^{c}	0.73	3.42^{c}	58.37^{c}
85:15	5.44^{b}	31.76^{b}	1.42^{b}	0.74	3.69^{b}	56.95^{b}
80:20	5.73^{a}	32.19^{a}	1.70^{a}	0.75	3.93^{a}	55.70^{e}
CV.(ร้อยละ)	7.86	2.50	4.50	5.95	11.36	3.50

หมายเหตุ * ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากผลการประเมินคุณค่าทางโภชนาการของคุกกี้เนย พบว่าคุกกี้เนยที่ใช้ผงใบมะรุมเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ปริมาณโปรตีน ไขมันและใยอาหารเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) เนื่องจากผงใบมะรุมที่ใช้นั้นมีคุณค่าโภชนาการเริ่มต้นคือมีโปรตีน ไขมัน ใยอาหารและความชื้นร้อยละ 23.81 5.68 และ 10.47 ตามลำดับ เมื่อนำมาใส่ในคุกกี้เนยทดแทนอัตราส่วนของแป้งสาลีจึงทำให้ปริมาณโปรตีน ไขมันและใยอาหารเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณเถ้าของคุกกี้เนยที่ใช้อัตราส่วนของแป้งสาลีต่อผงใบมะรุมทั้ง 5 อัตราส่วนไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$)

สรุป

องค์ประกอบทางเคมีของใบผงมะรุมมีปริมาณโปรตีน ไขมัน ใยอาหาร เถ้าและความชื้น ร้อยละ 23.81 5.68 10.47 8.65 และ 9.70 ตามลำดับ ดัชนีการละลายน้ำและการดูดซับน้ำ ร้อยละ 40.85 และ 16.81 ตามลำดับ ค่าความเป็นกรดด่างคือ 5.43 ค่าความสว่าง ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองเท่ากับ 51.36 -11.80 และ 26.86 ตามลำดับ เมื่อใช้อัตราส่วนของแป้งที่มีปริมาณผงใบมะรุมมากขึ้นจะส่งผลต่อการคุณภาพด้านต่าง ๆ ของคุกกี้เนย คือด้านกายภาพ พบว่าความหนา ความกว้าง อัตราแผ่กระจาย ค่าความสว่าง ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองของคุกกี้ลดลง ส่วนความหนาแน่นและความแข็งเพิ่มขึ้น คุณค่าทางโภชนาการพบว่าจะทำให้โปรตีน ไขมัน ใยอาหารและความชื้นเพิ่มมากขึ้น ส่วนความชอบทางประสาทสัมผัส พบว่าคุกกี้เนยที่มีอัตราส่วนของผงใบมะรุมเพิ่มมากขึ้นจะทำให้คะแนนความชอบด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติและความชอบโดยรวมมีค่าลดต่ำลง แต่คุกกี้เนยที่มีอัตราส่วนของผงแป้งสาลีต่อผงใบมะรุมที่ 95:5 จะได้รับคะแนนความชอบด้านรสชาติสูงเทียบเท่ากับสูตรควบคุม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ทุนอุดหนุนการวิจัยงบรายได้ประจำปี 2561

เอกสารอ้างอิง

1. Abdel-Moemin AR. Healthy cookies from cooked fish bones. Food Bioscience. 2015; (12): 114-121.
2. มาลี ทองคำ. การพัฒนาคุกกี้ให้มีเส้นใยอาหารสูงและพลังงานต่ำ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ; 2541.
3. กานดา แซ่จิว. การใช้ประโยชน์จากโอคาราเพื่อทดแทนแป้งสาลีในคุกกี้เนย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ; 2547.
4. สุมาลิกา เปี่ยมมงคล และ สืบศักดิ์ กลิ่นสอน. การผลิตคุกกี้เสริมแป้งข้าวเจ้า แป้งถั่วเหลือง แป้งถั่วเขียวและงาแบบอุตสาหกรรม (ขนาดเล็ก). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, ปัตตานี; 2546.
5. ปฐมนาถ มาลัยเลิศ. การพัฒนาสูตรคุกกี้ดัดแปลง. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี, เพชรบุรี; 2549.
6. อุลัย ศิริศรี. คุกกี้ข้าวตอกเสริมใยอาหารจากข้าวโอ๊ต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก, ชลบุรี; 2550.
7. วราทิพย์ วงษ์เอี่ยม. การเสริมคุกกี้แป้งข้าวเจ้าด้วยโปรตีน ที่สกัดจากกากงาดำ. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่; 2552.
8. จิรนาถ ทิพย์รักษา. การใช้กากเมล็ดทานตะวันเสริมเส้นใยในผลิตภัณฑ์คุกกี้แนย. มหาวิทยาลัยสยาม, กรุงเทพฯ; 2553.
9. สุธีรา วัฒนกุล และ อนุวัตร แจ้งชัด. การพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้จากแป้งสาลีผสมแป้งข้าวสีนิล. กรุงเทพฯ; 2553.
10. วราภรณ์ สกลไชย. การเกิด Resistant starch โดยการใช้กระบวนการความร้อนและการใช้ทดแทนในผลิตภัณฑ์คุกกี้. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น; 2551.
11. ศศิวิมล บุญยิ่ง. สมบัติทางกายภาพและเคมีของแป้งสาคูและการใช้แป้งสาคูทดแทนแป้งสาลีในคุกกี้. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ; 2552.
12. สิรินภา สาสนาม. องค์ประกอบทางเคมี คุณสมบัติเชิงหน้าที่และเคมีฟิสิกส์ของเมล็ดถั่วพุ่มที่มีสีแตกต่างกันและการใช้เป็นส่วนผสมในคุกกี้. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม; 2555.
13. พจนีย์ บุญนา. คุกกี้เมล็ดกระบก. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพฯ; 2556.
14. Mancebo CM., Rotricia P. and Gomez M. Assessing rice flour-starch-protein mixtures to produce gluten free sugar-snap cookies. Food Sci. 2016; (67): 127-132.
15. อนุสรณ์ ฉมารัตน์. การแปรรูปผลิตภัณฑ์มะรุม. [อินเตอร์เน็ท]. 2556. [เข้าถึงเมื่อ 20 ธันวาคม 2560] เข้าถึงได้จาก http://area-based.lpru.ac.th/veg/www/Native_veg/v339.htm 2560.
16. อรรถพร แสงฉาย กัญศิญา กาวีระ และ กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์. ผลของการเสริมใบมะรุมต่อคุณภาพของขนมปัง. วิทยาศาสตร์เกษตร. 2553; 41(3/1) (พิเศษ): 349-352.
17. ประดิษฐ์ คำหนองไผ่. 2553. บทปฏิบัติการรายวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์เบเกอรี่. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี; 2553.
18. Pomeranz Y. and Meloan CE. Theory and Practice. 3rd ed. New York: Chapman & Hall: 1994.
19. Stone H. and Sidel JL. Sensory Evaluation Practices. 3rd ed. Amsterdam: Elsevier academic press: 2004.
20. AOAC. Official Methods of the Association of Official Analytical Chemists. 17th ed. Washington D.C.; Association Official Analytical Chemists: 2000.
21. พร้อมลักษณ์ สมบูรณ์, ปัญญา กุลฉัตรา, อมรรัตน์ มีเครือรอด, วรารัตน์ ลาสุขัง และ ดรัญพร เชื้อดวงผุย. การพัฒนาคุกกี้ข้าวกล้องสินเหล็ก. คณะสาธารณสุขศาสตร์มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ; 2555.

[AS-P02] ผลของโซเดียมคลอไรด์และซูโครสต่อการเกิดโฟมและการเกิดอิมัลชันของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ

Effect of Sodium Chloride and Sucrose on Foaming and Emulsifying Properties of Hom Mali Rice Bran Protein

อารีรัตน์ หนูวัฒนา, ธนาภรณ์ วงศ์สาแก้ว, ขวัญฤทัย กิ่วไธสง และ จิรนาถ บุญคง*
Areerat Nuwatthanan, Tanaporn Wongsakaew, Khwuanruethai Kiwthaisong and Jiranart Boonkong*
ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: jiranart.boo@siam.edu*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของโซเดียมคลอไรด์และซูโครสต่อการเกิดอิมัลชันและการเกิดโฟมของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ โดยทำการสกัดโปรตีนจากรำข้าวเจ้า สายพันธุ์ดอกมะลิ 105 จากนั้นนำไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมี-กายภาพ ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ปริมาณความชื้น ค่าปริมาณน้ำอิสระ ค่าพีเอช และร้อยละผลผลิต และศึกษาผลของโซเดียมคลอไรด์และซูโครสต่อสมบัติเชิงหน้าที่ด้านการเกิดโฟมและการเกิดอิมัลชัน โดยแปรผันความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับ ร้อยละ 0-2.5 และความเข้มข้นของซูโครสที่ระดับ ร้อยละ 0-15 ผลการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์และซูโครส โปรตีนรำข้าวหอมมะลิ จะมีค่าความสามารถในการเกิดโฟม ความคงตัวของโฟม ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน และความคงตัวของของอิมัลชันสูงขึ้น และมีค่าสูงกว่าตัวอย่างควบคุม โดยความเข้มข้นโซเดียมคลอไรด์ที่เหมาะสม อยู่ระหว่างร้อยละ 0.5-1.5 และความเข้มข้นของซูโครสที่เหมาะสม อยู่ที่ระดับร้อยละ 10 แต่อย่างไรก็ตาม ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ มากกว่าร้อยละ 1.5 และ ความเข้มข้นของซูโครสมากกว่าร้อยละ 10 จะแสดงสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากนั้นทำการศึกษาผลของตัวละลายสองชนิดต่อการทำงาน พบว่าโปรตีนรำข้าวทำงานได้ดีในสภาวะที่มีตัวละลายสองชนิดมากกว่าตัวละลายชนิดเดียว

คำสำคัญ: *โปรตีนรำข้าวหอมมะลิ, การเกิดโฟม, การเกิดอิมัลชัน*

Abstract

The effects of sodium chloride and sucrose on emulsifying and foaming properties of Hom Mali rice bran protein (RBPH) were studied. The extraction of protein from Khao Dawk Mali (KDML) 105 variety rice bran and physico-chemical properties analysis were done, including protein content, moisture content, water activity, pH and percent yield. The effect of sodium chloride and sucrose concentration (0-2.5% and 0-15%, respectively) on functional properties in term of foaming and emulsifying properties were evaluated. The addition of sodium chloride and sucrose affected on the emulsifying and foaming properties, the foaming capacity, foaming stability, emulsifying activity index and emulsifying stability index significantly increased (higher than control) with the increase of sodium chloride and sucrose concentration. The optimal concentration range of sodium chloride and sucrose were 0.5-1.5% and 10%, respectively. However, application of sodium chloride and sucrose more than 1.5% and 10%, the functional properties of protein were statistically significant decreased. Then, the effects of two types of solute on the functional properties were investigated. The results showed that the highest values of all properties of RBPH were in two solutes more than one solute.

Keywords: *Hom Mali rice bran protein, foaming, emulsifying*

บทนำ

รำข้าว คือ เยื่อหุ้มเมล็ดของข้าว ที่ได้มาจากกระบวนการสีข้าวในขั้นตอนการขัดขาวและขัดมัน (whitening and polishing) โดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ รำหยาบ ซึ่งได้จากการขัดผิวเมล็ดข้าวกล้อง และรำละเอียด ได้จากการขัดขาวและขัดมัน รำข้าวมีคุณค่าทางอาหารประกอบด้วย โปรตีน ไขมัน ใยอาหาร เถ้า วิตามิน และเกลือแร่ต่าง ๆ ปัจจุบันอุตสาหกรรมการแปรรูปรำข้าวที่สำคัญ คือ อุตสาหกรรมน้ำมันรำข้าว ซึ่งจัดเป็นน้ำมันบริโภคที่มีคุณภาพ มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูง มีกรดไขมันที่จำเป็นสูง เป็นแหล่งของวิตามินอี มีสมบัติเป็นสารกันหืน ช่วยเร่งการเจริญเติบโตรวมทั้งช่วยให้ระบบการหมุนเวียนของเลือดดีขึ้น นอกจากไขมันที่เป็นส่วนประกอบหลักในรำข้าวแล้ว ยังมีโปรตีนคุณภาพดีอีกด้วย ซึ่งพบว่าปริมาณโปรตีนในรำข้าวนั้นมีค่าประมาณร้อยละ 10-16 [1] ซึ่งถือว่ามากเป็นอันดับ 2 รองจากไขมัน โดยทั่วไปรำข้าวมีราคาประมาณ 4-5 บาทต่อกิโลกรัม หากผู้ผลิตสามารถนำรำข้าวมาผลิตเป็นโปรตีนสกัดจากรำข้าวได้ก็จะสามารถสร้างมูลค่าให้กับรำข้าวสูงถึงกว่ากิโลกรัมละ 1,700 บาท ซึ่งถือเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับรำข้าวได้เป็นอย่างดี โปรตีนจากรำข้าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารได้หลายชนิด เช่น ขนมปัง [2] อาหารทารกหรืออาหารเด็กเล็ก เนื่องจากมีกรดอะมิโนจำเป็นที่เด็กต้องการและไม่ทำให้เกิดอาการแพ้ [3] อาหารเช้าธัญพืช อาหารเสริมโปรตีน เครื่องดื่ม และใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์เนื้อและไส้กรอก อีกทั้งยังมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และต้านมะเร็งได้อีกด้วย นอกจากนี้ มีรายงานการใช้โปรตีนรำข้าวสกัดเป็นสารเชิงหน้าที่ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายประเภท เช่น สมบัติเชิงหน้าที่ด้านความสามารถในการละลาย ความสามารถในการเกิดเจล ความสามารถในการจับน้ำ ความสามารถในการเกิดโฟมหรือฟอง รวมไปถึงความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ ด้วยคุณค่าที่หลากหลายของรำข้าวจึงเป็นที่สนใจของนักวิจัย โดยจะเห็นได้จากมีผลงานวิจัยเกี่ยวกับรำข้าวเกิดขึ้นมากมาย ซึ่งส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นไปที่การใช้ประโยชน์ในแง่โภชนาการ การใช้เป็นสารเชิงหน้าที่ในอาหารและการเพิ่มมูลค่าให้กับรำข้าว

ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของโปรตีน ได้แก่ อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณและความเข้มข้นของโปรตีน ตลอดจนสารเจือปนที่เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น เกลือ น้ำตาล วัตถุเจือปนอาหาร เป็นต้น มีรายงานวิจัยศึกษาผลของน้ำตาลซูโครส เกลือโซเดียมคลอไรด์ อุณหภูมิในการให้ความร้อน และเวลาในการตีผสม ต่อการเกิดโฟมของโปรตีนไข่ขาว [4,5] ซึ่งพบว่าปัจจัยต่าง ๆ ดังกล่าว มีผลต่อการเกิดโฟมของโปรตีนไข่ขาวอย่างมีนัยสำคัญ การเพิ่มปริมาณเกลือ อุณหภูมิในการให้ความร้อน และเวลาในการตีผสม จะเพิ่มความสามารถในการเกิดโฟมของโปรตีนไข่ขาว ในขณะที่การเพิ่มปริมาณน้ำตาลในระดับสูง และระยะเวลาในการตีผสมที่นานเกินไป จะทำให้การขยายตัวเชิงปริมาตรของโฟมลดลง นอกจากนี้ Andualem และ Gessesse [6] ได้ศึกษาผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนจากเมล็ด Brebra (*Millettia ferruginea*) สกัดไขมัน พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ การละลายของโปรตีนจะเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับร้อยละ 0.5 จะเพิ่มความสามารถในการเกิดอิมัลชัน และความคงตัวของอิมัลชันอย่างมีนัยสำคัญ ความสามารถในการเกิดโฟมสูงสุด ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 ความตัวคงของโฟมที่มีการเติมโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้นร้อยละ 1-2 ไม่น้อยกว่า 120 นาที Chandi และ Sogi [4] ได้ศึกษาผลของเกลือและน้ำตาลต่อการเกิดอิมัลชันและการเกิดโฟมของโปรตีนรำข้าว สายพันธุ์ Basmati 370 พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเกลือและน้ำตาล การเกิดโฟมมีค่าลดลง แต่โฟมมีความคงตัวมากขึ้น ส่วนอิมัลชันมีความคงตัวภายใต้ความแตกต่างของค่าพีเอช ความเข้มข้นของเกลือและน้ำตาล และโปรตีนเข้มข้นจากรำข้าวมีสมบัติเชิงหน้าที่เทียบเคียงกับเคซีนได้

รายงานวิจัยก่อนหน้านี้ของ พัชรพร และคณะ[7] ได้ทำการสกัดโปรตีนจากรำข้าวหอมมะลิ ซึ่งโปรตีนที่ได้มีลักษณะเป็นแผ่นบาง สีน้ำตาลอ่อน สามารถบดเป็นผงละเอียดได้ มีร้อยละผลผลิตเท่ากับ 8.03±0.11 มีปริมาณโปรตีนและความชื้น ร้อยละ 40.99±0.01 และ 5.45±0.06 และมีปริมาณน้ำอิสระ 0.28±0.02 ตามลำดับ จากนั้นศึกษาผลของกรด-ด่างต่อสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิที่สกัดได้ โดยแปรผันค่าพีเอช ที่ระดับ 4, 7 และ 9 พบว่า ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ ความสามารถในการจับน้ำ ความสามารถในการเกิดโฟม และความสามารถในการเกิดอิมัลชันสูงสุดที่ค่าพีเอช 9 มีความสามารถในการเกิดโฟมและความคงตัวของโฟมใกล้เคียงกับโปรตีนอัลบูมินไข่ขาว มีความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชันใกล้เคียง

กับโปรตีนถั่วเหลือง ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการทำงานของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิในสภาวะแวดล้อมที่มีสารเจือปนที่เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อาหาร โดยการศึกษาผลของโซเดียมคลอไรด์และซูโครส และผลของโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับซูโครสต่อสมบัติเชิงหน้าที่ด้านการเกิดโฟมและการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ เพื่อสามารถนำโปรตีนรำข้าวหอมมะลิไปใช้เป็นสารเชิงหน้าที่ในผลิตภัณฑ์อาหารในสภาวะที่เหมาะสมได้

วิธีดำเนินการวิจัย

การสกัดโปรตีนจากรำข้าวหอมมะลิ [8]

การสกัดโปรตีนจากรำข้าวหอมมะลิ นำรำข้าวเจ้า สายพันธุ์ดอกมะลิ 105 จากโครงการโรงสีข้าว สำนักกิจการพิเศษ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต จังหวัดปราจีนบุรี ที่ผ่านการสกัดไขมันออกแล้วมาผสมน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:4 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ปรับค่าพีเอชของสารผสมให้เป็น 9 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 2 โมลาร์ กวนผสมเป็นเวลา 30 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 8,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เพื่อแยกตะกอนรำข้าวออกจากส่วนใส จากนั้นนำส่วนใสไปปรับค่าพีเอชด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 4 โมลาร์ ให้ได้พีเอช 4.5 ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง นำไปปั่นเหวี่ยงแยกตะกอนโปรตีน ที่ความเร็วรอบ 8,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ล้างตะกอนโปรตีนที่ได้ด้วยน้ำกลั่น 2 รอบ นำตะกอนโปรตีนรำข้าวที่ได้ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จนมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 และเก็บที่ภาชนะปิดสนิทที่อุณหภูมิห้อง

การศึกษาผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ และน้ำตาลซูโครสต่อสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ

เตรียมสารละลายโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ในบัพเฟอร์พีเอช 7 ที่มีปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ ที่ระดับ ร้อยละ 0-2.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) และมีปริมาณน้ำตาลซูโครส ที่ระดับร้อยละ 0-15 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ปั่นด้วยเครื่อง homogenizer ที่ความเร็วรอบ 16,000 รอบต่อนาที นาน 2 นาที จากนั้นศึกษาความสามารถในการเกิดโฟมและความคงตัวของโฟม ตามวิธีของ Kato และคณะ[9] และเตรียมสารละลายโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ในน้ำกลั่นต่อน้ำมันถั่วเหลือง (อัตราส่วน 80:20) ปั่นด้วยเครื่อง homogenizer ที่ความเร็วรอบ 20,000 รอบต่อนาที นาน 1 นาที และศึกษาความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชัน ตามวิธีของ Pearce และ Kinsella[10] จากนั้น คัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมข้างต้น เพื่อศึกษาผลของโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับและซูโครสต่อการทำงานของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการสกัดโปรตีนจากรำข้าวหอมมะลิ

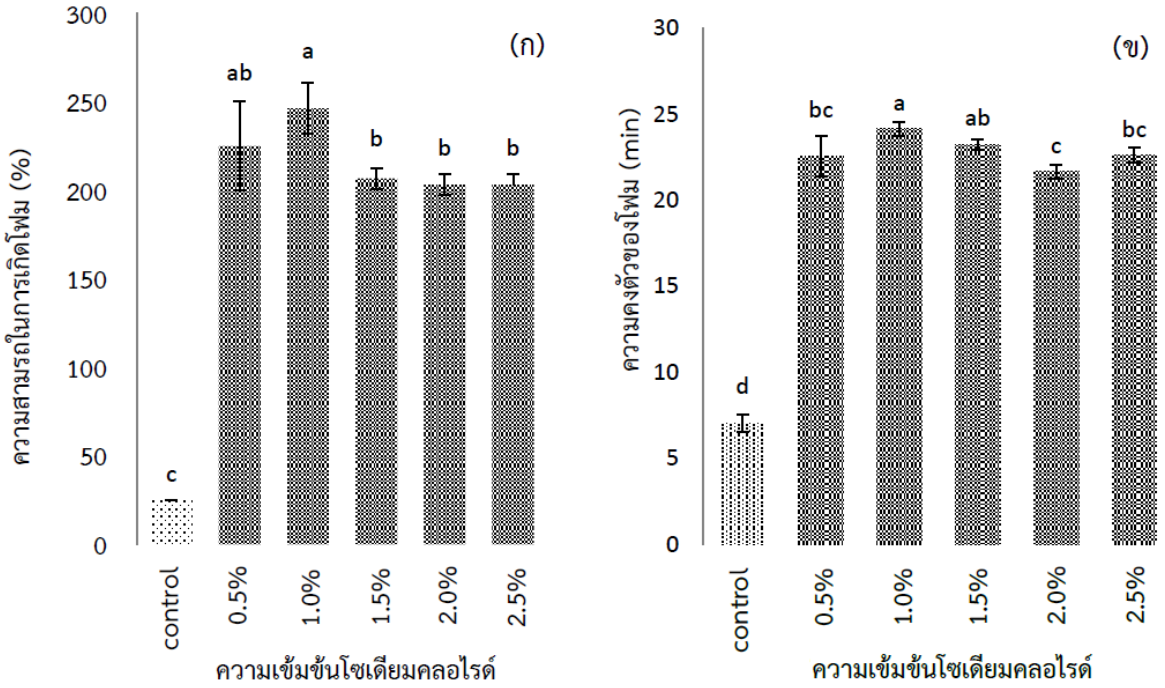
โปรตีนรำข้าวหอมมะลิ มีลักษณะเป็นแผ่นบางสีน้ำตาลอ่อนสามารถบดเป็นผงละเอียดได้ มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 46.18±0.12 ปริมาณความชื้นร้อยละ 2.45±0.11 ค่าปริมาณน้ำอิสระ 0.23±0.06 ค่าพีเอช 7.41±0.11 และมีร้อยละผลผลิตเท่ากับ 5.73±0.09 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับรายงานวิจัยของ พัชรพร และคณะ (2018) [7]

ผลของโซเดียมคลอไรด์และซูโครสต่อสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ

ผลของโซเดียมคลอไรด์ต่อสมบัติด้านการเกิดโฟม และสมบัติด้านการเกิดอิมัลชัน จากการศึกษาผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับ ร้อยละ 0-2.5 ต่อสมบัติการเกิดโฟมและความคงตัวของโฟม ผลการทดลอง (ภาพที่ 1) พบว่าความสามารถในการเกิดโฟมที่ปริมาณเกลือร้อยละ 0.5-1 มีค่าสูงสูงสุดและแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อพิจารณาความคงตัวของโฟม พบว่าทุกทรีทเม้นต์มีค่าความคงตัวของโฟมมากกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ระดับปริมาณโซเดียมคลอไรด์ ร้อยละ 1 มีค่าสูงสุด แต่ไม่แตกต่างจากที่ระดับปริมาณโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 1.5 อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าความสามารถในการเกิดโฟม (ร้อยละ) มีค่ามากกว่า ร้อยละ 100 เพราะปริมาตรโฟมที่เกิดขึ้นหลังจากการโฮโมจิไนซ์มีค่ามากกว่าสารละลายเริ่มต้น โดยมีปริมาตรมากกว่าสองเท่า เมื่อนำค่าปริมาตรโฟมสุดท้ายไปคำนวณ จึงทำให้ความสามารถในการเกิดโฟมสูง

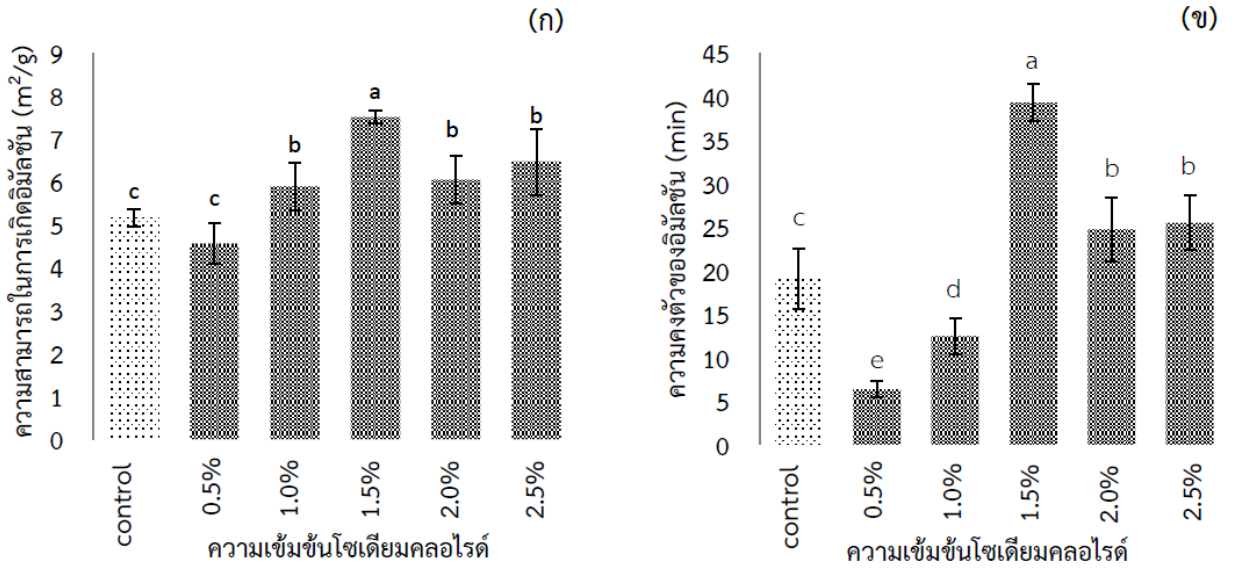
กว่าร้อยละ 100 และจากการทดลองจะเห็นได้ว่าโซเดียมคลอไรด์จะช่วยให้โปรตีนรำข้าวหอมมะลิมีสมบัติเชิงหน้าที่ในด้านการเกิดโฟมดีขึ้น เนื่องจากเกลือแตกตัวเป็นประจุบวกและประจุลบและรวมตัวกับโปรตีน การเติมเกลือในปริมาณน้อย ๆ ทำให้โปรตีนละลายได้มากขึ้นหรือจับกับน้ำได้ดีขึ้น (salting in) ซึ่งเป็นผลจากความแรงของไอออนของเกลือ และการเพิ่มประจุของโมเลกุลโปรตีน [11, 6] แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มปริมาณหรือความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์มากขึ้น จะไม่ทำให้โปรตีนละลายมากขึ้น เนื่องจากเกลือจะสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำ และมีผลให้โปรตีนจับกันและเกิดอันตรกริยาระหว่างโปรตีน (protein interaction) และไม่ละลายน้ำ (salting out) จึงส่งผลให้การเกิดฟองมีค่าลดลง อีกทั้งการรวมกันของโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำจะส่งเสริมให้ฟองอากาศที่อยู่ชิดกันเกิดการรวมตัวกัน (collapse) จึงมีผลต่อการคงตัวของโฟม ผลการทดลองดังกล่าว สอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Raikos, และคณะ [5] ที่ทำการศึกษาผลของความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อการเกิดโฟมของโปรตีนไข่ขาว ซึ่งพบว่าการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ในระดับหนึ่งจะช่วยเพิ่มการขยายตัวเชิงปริมาตรของโฟม

จากการศึกษาผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับ ร้อยละ 0-2.5 ต่อสมบัติการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชัน ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 2 ซึ่งพบว่าเมื่อแปรผันปริมาณโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 1 ขึ้นไป มีค่าการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชันเพิ่มขึ้นและแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ปริมาณเกลือร้อยละ 1.5 มีค่าความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชันสูงสุด เนื่องจากการเติมโซเดียมคลอไรด์ซึ่งเพิ่มความแรงของไอออน ทำให้โปรตีนละลายได้ดีขึ้น (salting in) เมื่อโปรตีนละลายได้ดี มีการคลายตัวทำให้มีโอกาสจับกับน้ำและน้ำมันได้ดี ส่งผลให้ความสามารถในการเกิดอิมัลชันของโปรตีนเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับมากกว่าร้อยละ 1.5 จะมีค่าความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชันลดลง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Andualem และ Gessesse [6] ที่พบว่าความสามารถในการเกิดอิมัลชันของโปรตีนถั่วเหลืองจะค่อยๆ สูงขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณโซเดียมคลอไรด์จนถึงระดับที่เหมาะสม และจะลดลงเมื่อปริมาณโซเดียมคลอไรด์สูงขึ้น



ภาพที่ 1 ผลของโซเดียมคลอไรด์ต่อความสามารถในการเกิดโฟม (ก) และความคงตัวของโฟม (ข) ของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ

หมายเหตุ Error Bars หมายถึง Standard Deviation (SD), ตัวอักษร a, b, c ในกราฟ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 2 ผลของโซเดียมคลอไรด์ต่อความสามารถในการเกิดอิมัลชัน (ก) และความคงตัวของอิมัลชัน (ข) ของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ

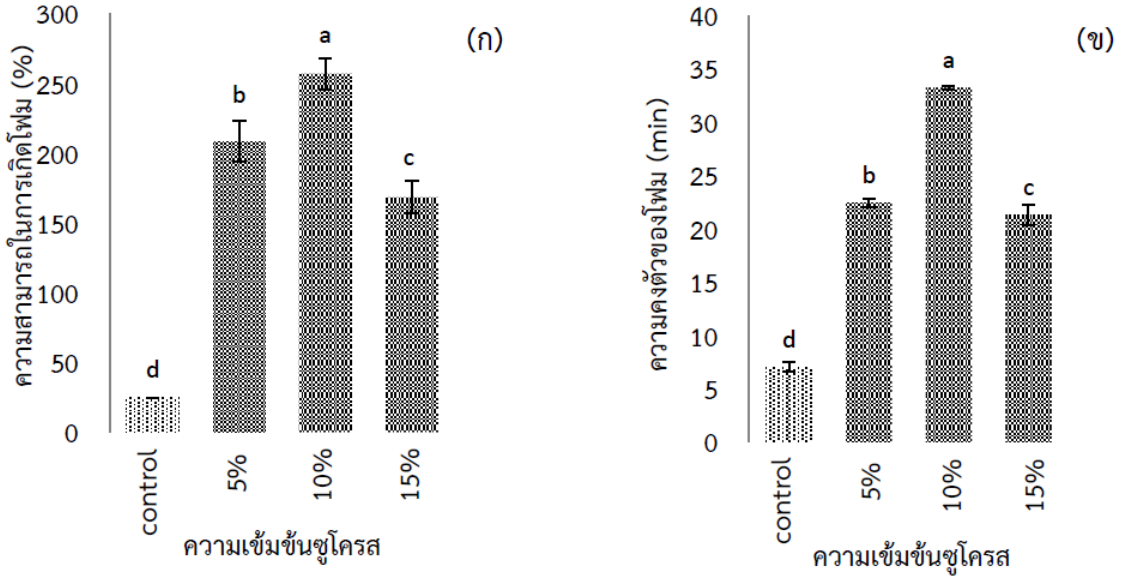
หมายเหตุ Error Bars หมายถึง Standard Deviation (SD), ตัวอักษร a, b, c ในกราฟ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลของซูโครสต่อสมบัติด้านการเกิดโฟม และสมบัติด้านการเกิดอิมัลชัน

จากการศึกษาผลของซูโครสที่ระดับ ร้อยละ 0-15 ต่อการเกิดโฟมของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณซูโครส ทุกทรีทเม้นต์มีความสามารถในการเกิดโฟมสูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ปริมาณซูโครสร้อยละ 10 มีค่าสูงสุดและแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อเพิ่มปริมาณซูโครสเป็นร้อยละ 15 ทำให้การความสามารถในการเกิดโฟมและความคงตัวของโฟมลดลง (ภาพที่ 3) จากผลการทดลอง จะเห็นได้ว่าเมื่อเติมน้ำตาลในปริมาณต่ำ จะช่วยเพิ่มการละลายของโปรตีน นอกจากนี้น้ำตาลที่ละลายอยู่ในไข่ขาวจะช่วยเพิ่มความคงตัวให้แก่ฟองไข่ขาวแต่จะทำให้เกิดฟองช้าลงกว่าปกติ เพราะน้ำตาลจะไปช่วยลดความเป็นของเหลวในไข่ลง ซึ่งจะทำให้ความคงตัวของฟองดีขึ้น เมื่อเพิ่มการตีไข่ให้มากและแรงขึ้น ฟองที่เกิดขึ้นจะมีความละเอียดและมีเซลล์อากาศสม่ำเสมอ[12] แต่อย่างไรก็ตามเมื่อแปรผันน้ำตาลในระดับที่มากขึ้น ความสามารถในการเกิดโฟมของโปรตีน จะมีค่าลดลง เนื่องจากการเติมน้ำตาลซูโครสในปริมาณมาก จะทำให้ความหนืดของของเหลวเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการรวมตัวกันของอากาศ เกิดการกระจายตัวที่รวดเร็วและการคลายตัวของโปรตีนที่ระหว่างผิวหน้า (air-water interface) ที่ลดลง อีกทั้งการเพิ่มปริมาณน้ำตาลที่มากเกินไปจะเพิ่มความมีขั้ว (hydrophilicity) และส่งผลต่อการลดกิจกรรมของโปรตีน [5]

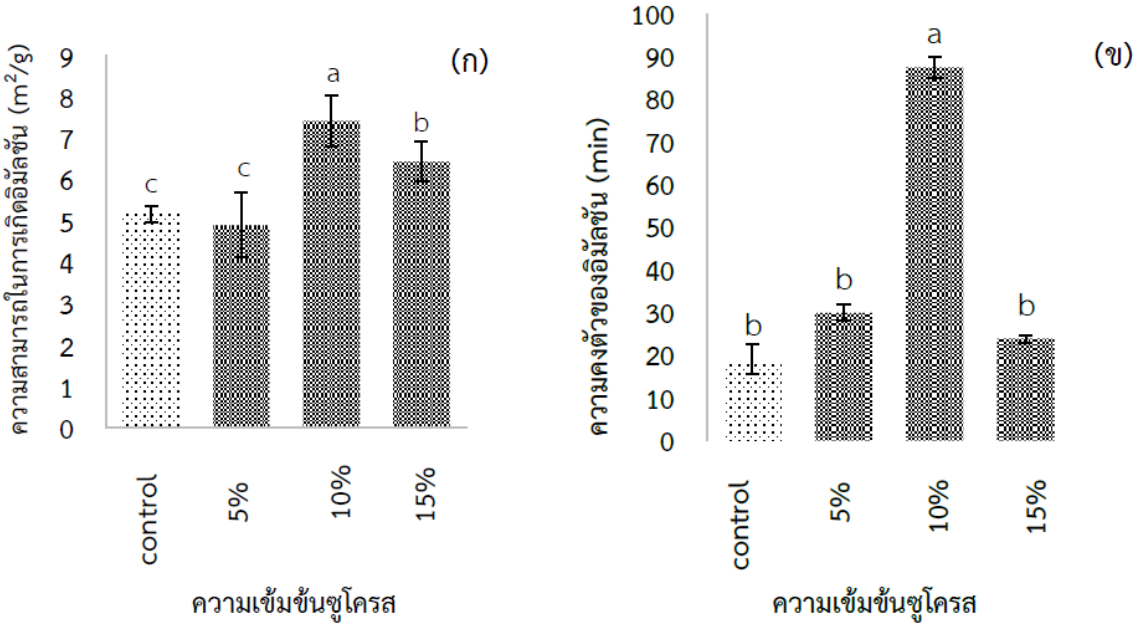
ศึกษาผลของน้ำตาลซูโครสที่ระดับ ร้อยละ 0-15 ต่อสมบัติการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชัน ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 4 การศึกษาผลของน้ำตาลต่อการเกิดอิมัลชันและการคงตัวของอิมัลชันของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ พบว่าเมื่อแปรผันปริมาณน้ำตาลที่ระดับร้อยละ 5 มีค่าความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชันไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของน้ำตาลมากขึ้นที่ระดับร้อยละ10 ความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชันสูงขึ้นและสูงสุดเมื่อเทียบกับทรีทเมนต์อื่น ๆ และเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำตาลที่ระดับสูงกว่าร้อยละ 10 ความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชันมีค่าลดลง จะเห็นว่าเมื่อเติมน้ำตาลในระดับต่ำจะช่วยส่งเสริมการทำงานของโปรตีน ช่วยในการละลายได้ดีจึงทำให้ความสามารถการเกิดและการคงตัวของอิมัลชันได้ดี จากการทดลองพบว่าน้ำตาลมีผลช่วยส่งเสริมการทำงานของโปรตีนรำข้าว โดยมีระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม ณ ความเข้มข้นหนึ่ง แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นมากขึ้น จะส่งผลในทางตรงกันข้าม เพราะการเพิ่มน้ำตาลในปริมาณมากมีผลต่อการเพิ่มความหนืดของของเหลว โปรตีนอาจจะละลายได้ยากขึ้น [13] และอาจส่งผลต่อการคลายตัวของโปรตีนลดลง จึงมีโอกาสที่จะหันโครงสร้างด้านที่มีขั้วไปจับกับน้ำ และหันด้านที่ไม่มีขั้วไปจับกับน้ำมันน้อยลง และส่งผลต่อการทำงานของโปรตีน

จากผลการทดลองศึกษาผลของโซเดียมคลอไรด์และซูโครสต่อสมบัติเชิงหน้าที่ในการเกิดโฟมและการเกิดอิมัลชัน พบว่าระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม ได้แก่ โซเดียมคลอไรด์ที่ระดับร้อยละ 0.5-1.5 และน้ำตาลที่ระดับร้อยละ 10 จึงทำการศึกษาผลของโซเดียมคลอไรด์และซูโครสร่วมกันต่อการเกิดโฟมและการเกิดอิมัลชัน ซึ่งผลการทดลองแสดงในข้อที่ 2.3



ภาพที่ 3 ผลของซูโครสต่อความสามารถในการเกิดโฟม (ก) และความคงตัวของโฟม (ข) ของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ

หมายเหตุ Error Bars หมายถึง Standard Deviation (SD), ตัวอักษร a, b, c ในกราฟ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 4 ผลของซูโครสต่อความสามารถในการเกิดอิมัลชัน (ก) และความคงตัวของอิมัลชัน (ข) ของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ

หมายเหตุ Error Bars หมายถึง Standard Deviation (SD), ตัวอักษร a, b, c ในกราฟ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลของโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับซูโครสต่อการเกิดโฟมและความคงตัวของโฟม การเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชัน

จากการศึกษาผลของตัวละลายสองชนิด ได้แก่ น้ำตาลซูโครสที่ระดับ ร้อยละ 10 และเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับ ร้อยละ 0-1.5 ซึ่งเป็นระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการทำงานเชิงหน้าที่ของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ ในผลการทดลองที่ 2.1-2.2 ต่อสมบัติการเกิดโฟมและความคงตัวของโฟม และการเกิดอิมัลชันและการคงตัวของอิมัลชัน ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 1-2

การศึกษาผลของโซเดียมคลอไรด์และซูโครสต่อความสามารถในการเกิดโฟมและความคงตัวของโฟม พบว่าทุกทรีทเมนต์มีค่ามากกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ซูโครสร้อยละ 10 และโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 1 มีความสามารถในการเกิดโฟมและความคงตัวของโฟมสูงสุด การเกิดโฟมมีค่ามากกว่าร้อยละ 100 (ปริมาตรโฟมมากกว่าปริมาตรสารละลายเริ่มต้น) โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 286.67 และ 28.66 นาที ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

จะเห็นว่าการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับน้ำตาลซูโครสจะช่วยส่งเสริมการทำงานของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ โดยมีผลให้สมบัติการเกิดโฟมดีขึ้นเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม แต่เมื่อเพิ่มปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับร้อยละ 1.5 มีผลให้การเกิดโฟมและความคงตัวของโฟมลดลงเล็กน้อย ซึ่งอธิบายปรากฏการณ์ได้เช่นเดียวกับที่กล่าวมาข้างต้น

ตารางที่ 1 ผลของโซเดียมคลอไรด์และซูโครสต่อการเกิดโฟมและความคงตัวของโฟมของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ

ปริมาณซูโครส (%)	ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ (%)	ความสามารถในการเกิดโฟม (%)	ความคงตัวของโฟม (min)
0	0	25.00 ± 0.00^{d}	7.05 ± 0.50^{d}
10	0.5	176.67 ± 5.77^{c}	20.92 ± 0.22^{c}
10	1.0	286.67 ± 11.55^{a}	28.66 ± 0.33^{a}
10	1.5	230.00 ± 20.00^{b}	21.88 ± 0.42^{b}

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c ในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 2 ผลของโซเดียมคลอไรด์และซูโครสต่อการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชันของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ

ปริมาณซูโครส (%)	ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ (%)	ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน (m^2/g)	ความคงตัวของอิมัลชัน (min)
0	0	5.16 ± 0.20^{d}	19.06 ± 3.52^{b}
10	0.5	19.46 ± 0.78^{a}	76.67 ± 14.09^{a}
10	1.0	13.15 ± 0.80^{c}	30.76 ± 5.35^{b}
0	1.5	15.39 ± 0.72^{b}	29.53 ± 0.63^{b}

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c ในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 2 ผลของโซเดียมคลอไรด์และซูโครสต่อความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชัน พบว่าทุกทรีทเมนต์มีค่ามากกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ซูโครสร้อยละ 10 และโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 0.5 มีความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชันสูงสุด เท่ากับ 19.46 m^2/g และ 76.67 นาที ตามลำดับ จากการศึกษาผลของความสามารถในการเกิดโฟมและอิมัลชันของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิที่อยู่ในสภาวะตัวละลายชนิดเดียว (ค่าสูงสุดจากผลการทดลองที่ 2.1-2.2) และตัวละลายสองชนิด (ค่าสูงสุดจากผลการทดลองที่ 2.3) โดยเมื่อเปรียบเทียบค่าวิเคราะห์สมบัติเชิงหน้าที่ทั้ง 4 ค่า ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ ในสภาวะที่มีตัวละลายชนิดเดียวตัวละลายสองชนิด

ตัวละลาย/ความเข้มข้น	ความสามารถในการเกิดโฟม (%)	ความคงตัวของโฟม (min)	ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน (m^2/g)	ความคงตัวของอิมัลชัน (min)
โซเดียมคลอไรด์ (1%)	243.33±14.43[b]	24.14±0.39[c]	-	-
โซเดียมคลอไรด์ (1.5%)			7.62±0.15[b]	33.29±2.09[b]
ซูโครส (10%)	256.67±11.55[b]	33.24±0.16[a]	7.42±0.62[c]	87.36±2.45[a]
ซูโครส (10%) และโซเดียมคลอไรด์ (1%)	286.67±11.55[a]	28.66±0.33[b]	-	-
ซูโครส (10%) และโซเดียมคลอไรด์ (0.5%)	-	-	19.46 ± 0.78[a]	76.67±14.09[a]

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c ในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 3 พบว่าความสามารถในการเกิดโฟมและความสามารถในการเกิดอิมัลชันของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิจะมีค่ามากกว่าเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีตัวละลายสองชนิด ถึงแม้ว่าค่าความคงตัวของโฟมสูงสุดเมื่อละลายอยู่ในซูโครสร้อยละ 10 ส่วนค่าความคงตัวของอิมัลชันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยที่ศึกษาผลของตัวละลายสองชนิด ได้แก่ เกลือโซเดียมคลอไรด์และน้ำตาลซูโครสต่อการเกิดโฟมของโปรตีนไข่ขาว โดยให้ผลการทดลองในลักษณะเดียวกัน[(5)] จากผลการทดลองข้างต้นพบว่าวัตถุปรุงแต่งในอาหาร ได้แก่ เกลือโซเดียมคลอไรด์ และน้ำตาลซูโครส มีผลต่อการทำงานของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิทั้งในด้านการเกิดโฟมและการเกิดอิมัลชัน ดังนั้นจึงใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการเลือกใช้โปรตีนรำข้าวเป็นสารเชิงหน้าที่ในผลิตภัณฑ์อาหารได้อย่างเหมาะสม

สรุป

ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์และซูโครสมีผลต่อการทำงานของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ โดยที่ระดับความเข้มข้นของเกลือระดับต่ำ (ร้อยละ 0.5-1.5) และความเข้มข้นของน้ำตาลระดับต่ำ (ร้อยละ 5-10) มีค่าความสามารถในการเกิดโฟมและความคงตัวของโฟมสูง เกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น ร้อยละ 1.5 มีค่าความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชันสูงสุด แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเกลือมากกว่าร้อยละ 1.5 จะมีค่าวิเคราะห์ดังกล่าวลดลง และน้ำตาลซูโครสที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 มีค่าความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชันสูงสุด แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์และน้ำตาลซูโครสมากขึ้น ความสามารถในการเกิดอิมิลชันและความคงตัวของอิมัลชันลดลง จากการศึกษาผลของตัวละลายสองชนิด (เกลือโซเดียมคลอไรด์และน้ำตาลซูโครส) ต่อสมบัติเชิงหน้าที่ดังกล่าว พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของซูโครส ร้อยละ 10 และความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ ร้อยละ 1 มีค่าความสามารถในการเกิดโฟมและความคงตัวของโฟมสูงสุด ในส่วนสมบัติการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชัน พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของซูโครส ร้อยละ 10 และความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ ร้อยละ 0.5 ให้ค่าสูงสุด และเมื่อพิจารณาผลของตัวละลายต่อสมบัติเชิงหน้าที่ พบว่าเมื่อโปรตีนรำข้าวอยู่ในสภาวะที่มีตัวละลายสองชนิด จะแสดงสมบัติเชิงหน้าที่ด้านการเกิดโฟมและการเกิดอิมัลชันได้ดีกว่าอยู่ในสภาวะที่มีตัวละลายเพียงชนิดเดียว

เอกสารอ้างอิง

1. Saunders RM. The properties of rice bran as a food stuff. Cereal Food World. 1990; 35(7): 632–62.
2. Jiamyangyuen S, Srijesdaruk V, Harper JW. Extraction of rice bran protein concentrate and its application in bread. SJSJ. 2005; 27(1): 55-62.
3. Shih FF. An update on the processing of high-protein rice products. Nahrung, 2003; 47(6): 420-24.
4. Chandi GK, Sogi DS. Functional properties of rice bran protein concentrates. J Food Eng. 2007; 79: 592-97

5. Raikos, V., Campbell, L. and Euston, S. Effects of sucrose and sodium chloride on foaming properties of egg white proteins. Food Res Int. 2007; 40: 347–355
6. Andualem, B. and Gessesse, A. Effects of salt (NaCl) concentrations on the functional properties of defatted Brebra (*Millettia ferruginea*). J Sci Res. 2013; 13 (7): 889-897.
7. พัชรพร พิพัฒนสัตยาวงศ์ จิรนาถ บุญคง ภิญโญ แซ่เฮ้ง และ นัชชา หงษ์สา. ผลของสภาวะกรดและด่างต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพ และสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนรำข้าว ใน: รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน. ครั้งที่ 6 วันที่ 6 มิถุนายน 2561. มหาวิทยาลัยหัวเฉียวพระเฉลิมพระเกียรติ. สมุทรปราการ; 2561.หน้า 234-240.
8. Wang M, Hettiarachchy NS, Qi M, Burks W, Sieben MT. Preparation and functional properties of rice bran protein isolate. J Agricult Food Chem. 1999; 47(2): 411-16.
9. Kato H, Uno I, Ishikawa T, Takenawa T. Activation of phosphatidylinositol kinase and phosphatidyl inositol-4-phosphate kinase by cAMP in Saccharomyces cerevisiae. J Biol Chem. 1989; 264(6): 3116-21.
10. Pearce KN, Kinsella JE. Emulsifying properties of proteins: evaluation of a turbidimetric technique.J Agricult Food Chem. 1978; 26: 716-23.
11. พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. สมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีน. [อินเตอร์เน็ท]. 2556. [เข้าถึงเมื่อ 22 กรกฎาคม 2560] เข้าถึงได้จาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1276-functional-properties-of-protein.
12. จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล. ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ผงฟู เบเกอรีเทคโนโลยีเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 12. กรุงเทพฯ; สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2556. หน้า 134-149.
13. Hao, Y., Wang, F., Huang, W.,Tang, X, Zou, Q., Li,Z. and Ogawa, A. Sucrose substitution by polyols in sponge cake and their effects on the foaming and thermal properties of egg protein. Food Hydrocolloid, 2016; 57: 153-159.

[AS-P03] การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมะนาว น้ำมะกรูด และน้ำมะเขือเทศในการลดปริมาณ *Escherichia Coli* ที่ปนเปื้อนในผักกาดแก้ว

The Study of the Efficiency of Lemon, Bergamot and Tomato Juice in Reducing *Escherichia Coli* Contaminated in Head Lettuce

จิตติมา กอหรั่งกูล*
Jittima Khorungkul*
หลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: Jittima@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

ผักสดหลายชนิดนิยมนำมาบริโภคโดยตรง หรือทำเป็นเครื่องเคียงรับประทานร่วมกับอาหารอื่นๆ ซึ่งผักสดที่ได้จากการปลูกตามธรรมชาติอาจมีการปนเปื้อนของเชื้อ *Escherichia Coli* ค่อนข้างสูง ผักกาดแก้วเป็นผักที่นิยมรับประทานสดอย่างแพร่หลายจึงทำให้ผู้บริโภคมีโอกาสเสี่ยงต่อการติดเชื้อโรคที่ปนเปื้อนมากับผัก งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการใช้น้ำมะนาว น้ำมะกรูด และน้ำมะเขือเทศในการล้างผักกาดแก้วเพื่อลดปริมาณ *E. coli* ที่ปนเปื้อน โดยทำการสร้างสภาวะปนเปื้อน (Artificial Inoculums) ของผักกาดแก้วด้วยเชื้อ *E. coli* จากนั้นหาปริมาณเชื้อ *E. coli* หลังจากแช่ผักกาดแก้วในสารทั้ง 3 ชนิดเป็นเวลา 30 นาที โดยมีน้ำกลั่นปราศจากเชื้อเป็นตัวควบคุม นับจำนวนเชื้อด้วยวิธี Spread Plate Technique บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Eosin Methylene Blue *(EMB)* Agar จากการศึกษาพบว่า น้ำมะนาว น้ำมะกรูด และน้ำมะเขือเทศที่ความเข้มข้น 10% มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อ *E. coli* ที่มาจากการสร้างสภาวะปนเปื้อนในผักกาดแก้วได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *($p \leq 0.05$)* เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำกลั่นที่ปราศจากเชื้อซึ่งใช้เป็นตัวควบคุม เมื่อนำน้ำมะนาว น้ำมะกรูด และน้ำมะเขือเทศที่ระดับความเข้มข้นลดลงคือที่ 1% และ 5% มาทดสอบประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อ *E. coli* ในผักกาดแก้วที่มาจากการสร้างสภาวะปนเปื้อนพบว่าน้ำมะกรูดที่ความเข้มข้น 5% และน้ำมะนาวที่ความเข้มข้น 10% มีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อ *E. coli* ได้หมด ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาน้ำมะนาวและน้ำมะกรูดให้เป็นน้ำยาล้างผักที่มีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: *น้ำยาล้างผัก, น้ำมะนาวม, น้ำมะกรูด, น้ำมะเขือเทศ*

Abstract

Many vegetable are fresh consumed or ate as side dishes. Natural cultivated vegetable might be high contaminated with *Escherichia coli.* Head lettuce is famous for fresh consume, so, the consumer is risked for infected with vegetable contaminated pathogen. This research objective is to study the efficiency of lemon, bergamot and tomato juice as washing reagent for reduction of *E. coli* that contaminated on head lettuce. The *E. coli* contaminated head lettuce is set up by artificial inoculums. The amount of *E. coli* after 30 minute soaked in 3 washing agents is determined by spread plate technique on Eosin Methylene blue (EMB) agar. The study shown that lemon, bergamot and tomato juices at the concentration of 10% has the efficiency in *E. coli* reduction of head lettuce contaminated *E. coli* artificial inoculums with significant ($p \leq 0.05$) when compare with sterile distilled water that used as control. When reduce the concentration of lemon, bergamot and tomato juices to 1% and 5% and tested for *E. coli* artificial inoculums contaminated lettuce reduction, it was found that 5% bergamot juice and 10% lemon juice have the efficiency in completely destroy *E. coli.* The study shows the possibility of washing reagent development by using lemon and bergamot juice.

Keywords: *vegetable washing reagent, lemon juice, bergamot juice, tomato juice*

บทนำ

ผักเป็นอาหารที่มีประโยชน์เพราะเป็นแหล่งวิตามินและเกลือแร่ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย อีกทั้งยังมีเส้นใยจำนวนมากที่เป็นประโยชน์ต่อระบบขับถ่าย ผักหลายชนิดนิยมทำให้สุกก่อนรับประทานแต่มีผักอีกหลายชนิดนิยมรับประทานสดหรือนำมาทำเป็นเครื่องเคียงรับประทานร่วมกับอาหารอื่น ๆ โดยเฉพาะผักกาดแก้วซึ่งเป็นผักที่นิยมนำมาบริโภคในรูปแบบผักสลัด ซึ่งผักสดที่ได้จากการปลูกตามธรรมชาติอาจมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ค่อนข้างสูง[1] อีกทั้งปัจจุบันยังมีการรณรงค์ให้เกษตรกรนำปุ๋ยคอกที่ได้มาจากมูลสัตว์มาใช้ในการเพาะปลูก ดังนั้นอาจทำให้เชื้อจุลินทรีย์จากมูลสัตว์ตกค้างอยู่ในผักเหล่านี้ได้ รายงานจากสำนักมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติได้ระบุว่าสินค้าพืชไทย เช่น ผักสวนครัวที่ส่งออกไปสหภาพยุโรปนั้นมีการตรวจพบจุลินทรีย์ปนเปื้อนบ่อยครั้งโดยเฉพาะ *Salmonella* spp. และ *E.coli* [2] ซึ่งหากมีการนำผักที่มีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้มารับประทานแบบสด ๆ ก็จะทำให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ โดยเฉพาะโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร[3] ผักที่รับประทานสดนั้นโดยทั่วไปวิธีที่ใช้ในการกำจัดเชื้อคือวิธีการทางเคมีเนื่องจากเป็นวิธีที่สะดวกและค่าใช้จ่ายน้อย[4] โดยสารเคมีที่ใช้ที่มีการรับรองจากองค์การอาหารและยาของประเทศสหรัฐอเมริกาได้แก่ คลอรีน (Chlorine) คลอรีนไดออกไซด์ (Chlorine dioxide) ไอโดโดฟอร์ (Iodophors) Quaternary Ammonium Compounds และ Acid Anion แต่ที่นิยมในอุตสาหกรรมอาหารมากที่สุดคือคลอรีน[5] แต่การล้างด้วยคลอรีนสำหรับประชาชนทั่วไปนั้นอาจทำได้ไม่สะดวก ผู้บริโภคส่วนมากนิยมจะล้างผักสดด้วยน้ำประปา ผลิตภัณฑ์น้ำยาล้างผักก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภคแต่ส่วนมากผลิตภัณฑ์เหล่านี้นำเข้าจากต่างประเทศทำให้มีราคาค่อนข้างสูง ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสารธรรมชาติที่หาได้ง่าย มีราคาไม่แพง และผู้บริโภคสามารถหาหรือเตรียมได้เอง อย่างเช่น น้ำมะนาว น้ำมะกรูด และน้ำมะเขือเทศ มาประยุกต์ใช้ในการล้างผัก เนื่องจากมะนาวและมะกรูดจัดเป็นสมุนไพรไทยที่มีฤทธิ์ในการลดปริมาณเชื้อโรคได้และไม่มีอันตรายต่อมนุษย์[6,7] สำหรับมะเขือเทศนั้นเป็นผักที่สามารถหาได้ง่ายและนิยมนำมารับประทาน มีรสเปรี้ยวเนื่องจากมีกรดมาลิกและกรดซิตริกเป็นองค์ประกอบ[8] เช่นเดียวกับมะนาว จึงได้ศึกษาฤทธิ์ในการลดปริมาณเชื้อในผักของน้ำมะเขือเทศด้วย เมื่อได้สารทดสอบที่มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อ *E.coli* ในผักจากการสร้างสภาพปนเปื้อนได้มากที่สุด ก็สามารถที่จะใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเป็นน้ำยาล้างผักที่ปลอดภัย มีประสิทธิภาพ และทำได้ง่ายต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมตัวอย่างผัก[9]

คัดเลือกผักกาดแก้วที่ซื้อจากตลาดในท้องถิ่น โดยเลือกใบที่มีขนาดใกล้เคียงกัน ล้างคราบดินออกด้วยน้ำประปาจากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อ 2 ครั้ง ตัดให้เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 5x5 เซนติเมตร ด้วยมีดที่ผ่านการฆ่าเชื้อ

การเตรียมสารทดสอบ

น้ำมะนาว น้ำมะกรูด และน้ำมะเขือเทศ ความเข้มข้นร้อยละ 10 เตรียมโดยนำมะนาว มะกรูด และ มะเขือเทศ มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากเชื้อ ผ่ามะนาว มะกรูด และมะเขือเทศ ด้วยมีดที่ผ่านการฆ่าเชื้อและผู้คั้นสวมถุงมือ คั้นน้ำตัวอย่างให้ได้ปริมาตรอย่างละ 20 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรโดยการเติมน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วให้น้ำตัวอย่างมีปริมาตร 200 มิลลิลิตร

การเตรียมเชื้อ *E. coli*

ใช้วิธีการที่ดัดแปลงมาจากวิธีของ ณัฐพงศ์และคณะ[9] โดยถ่ายเชื้อ *E. coli* (TISTR780) 1 ลูป จากอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient Agar (NA) ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient Broth (NB) 10 มิลลิลิตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นปิเปตอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีเชื้อเจริญอยู่ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ NB 150 มิลลิลิตร ที่บรรจุใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร 2 flak นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อใช้เป็นเชื้อทดสอบในการสร้างสภาพปนเปื้อนในผักกาดแก้ว

วิธีการทดสอบ

ทำการทดสอบโดยอ้างอิงการทดสอบของ ณัฐพงศ์และคณะ[9] โดยนำตัวอย่างผักกาดแก้วที่ได้มาจากการเตรียมในข้อ 1 แช่น้ำกลั่นนาน 5 นาที ตั้งไว้ให้สะเด็ดน้ำบนตะแกรง 30 นาที จุ่มตัวอย่างผักกาดแก้วในอาหารเลี้ยงเชื้อ NB ที่มีเชื้อ *E. coli* ที่เตรียมไว้นาน 2 นาที สะเด็ดน้ำให้แห้งบนตะแกรงนาน 30 นาที จากนั้นนำตัวอย่างผักกาดแก้วแยกแช่ในสารทดสอบแต่ละชนิด ได้แก่ น้ำกลั่น น้ำมะนาว น้ำมะกรูด และน้ำมะเขือเทศ ปริมาตร 200 มิลลิลิตร เป็นเวลา 30 นาที ใช้ปากคีบที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วคีบผักกาดแก้วมาผ่านน้ำกลั่นที่ปราศจากเชื้อ 1 ครั้งเพื่อล้างสารทดสอบออก นำมาตรวจนับจำนวน *E. coli* โดยใช้วิธี Spread Plate Technique ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ EMB Agar โดยมีผักกาดแก้วที่แช่ในน้ำกลั่นปราศจากเชื้อเป็นชุดควบคุม โดยวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ในการทดลองทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ทำการทดลอง 3 ครั้ง วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ One-way ANOVA และ Paired t-test

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมะนาว น้ำมะกรูด และน้ำมะเขือเทศ ในการลดปริมาณเชื้อ *E. coli* จากการสร้างสภาพปนเปื้อนในผักกาดแก้วพบว่า น้ำมะนาว น้ำมะกรูด และน้ำมะเขือเข้มข้น 10% มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อ *E. coli* ได้ ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าผักกาดแก้วที่ผ่านการสร้างสภาพปนเปื้อนจำลองที่แช่ในสารทดสอบน้ำมะนาวและน้ำมะกรูดตรวจไม่พบเชื้อ *E. coli* ส่วนผักกาดแก้วที่แช่ในน้ำมะเขือเทศพบว่าสามารถลดปริมาณเชื้อ *E. coli* ได้ 1 $\log_{10}$CFU/ml เมื่อเปรียบเทียบกับการแช่ในน้ำกลั่นที่ปราศจากเชื้อซึ่งใช้เป็นตัวควบคุม

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพของน้ำมะนาว น้ำมะกรูด และน้ำมะเขือเทศ (10% v/v) ในการใช้เป็นน้ำยาล้างผักเพื่อลดปริมาณเชื้อ *E. coli* จากการสร้างสภาพปนเปื้อนในผักกาดแก้ว

สารทดสอบ (10% v/v)	**จำนวนเชื้อ *E. coli* ($\log_{10}$CFU/ml)**
น้ำกลั่นที่ปราศจากเชื้อ (ตัวควบคุม)	8.66 ± 0.02^{a}
น้ำมะนาว	ND
น้ำมะกรูด	ND
น้ำมะเขือเทศ	7.66 ± 0.19^{b}

ND = Non detectable

^{a,b} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันจากแถวแนวตั้งเดียวกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของในการลดเชื้อ *E. coli* จากการสร้างสภาพปนเปื้อนบนใบผักกาดแก้วของสารทดสอบ น้ำมะนาวและน้ำมะกรูดที่ความเข้มข้น 10% พบว่าตรวจไม่พบเชื้อ *E. coli* หลังจากการแช่ในสารทดสอบทั้งสองชนิดนี้ ดังนั้นจึงทำการทดสอบขั้นต่อไปโดยใช้น้ำมะกรูด น้ำมะนาว และ น้ำมะเขือเทศ ที่ความเข้มข้นลดลง ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพของน้ำมะนาว น้ำมะกรูด และน้ำมะเขือเทศ (1%, 5% และ 10% v/v) ในการใช้เป็นน้ำยาล้างผักเพื่อลดปริมาณเชื้อ *E. coli* จากการสร้างสภาพปนเปื้อนในผักกาดแก้ว

สารทดสอบ (% v/v)	**จำนวนเชื้อ *E. coli* (log_{10}CFU/ml)**
น้ำกลั่นที่ปราศจากเชื้อ (ตัวควบคุม)	8.57 ± 0.10^{a}
น้ำมะนาว 1%	7.46 ± 0.12^{b}
น้ำมะกรูด 1%	7.42 ± 0.10^{b}
น้ำเขือเทศ 1%	8.61 ± 0.09^{a}
น้ำมะนาว 5%	6.2 ± 0.17^{c}
น้ำมะกรูด 5%	ND
น้ำมะเขือเทศ 5%	8.48 ± 0.11^{a}
น้ำมะนาว 10%	ND
น้ำมะกรูด 10%	ND
น้ำมะเขือเทศ 10%	7.43 ± 0.08^{b}

ND = Non detectable

^{a,b} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันจากแถวแนวตั้งเดียวกันแสดงถึงข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมะนาว น้ำมะกรูด และน้ำมะเขือเทศที่ความเข้มข้น 1% 5% และ10% พบว่าน้ำมะนาวและน้ำมะกรูดทุกความเข้มข้นมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณ *E. coli* จากการสร้างสภาวะปนเปื้อนในผักกาดแก้วได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *($p \leq 0.05$)* ในขณะที่น้ำมะเขือเทศที่ความเข้มข้น 1% และ 5% ไม่มีผลในการลดปริมาณเชื้อ และที่ความเข้มข้น 10% สามารถลดปริมาณ *E. coli* จากการสร้างสภาวะการปนเปื้อนได้ 1.14 log_{10}CFU/ml เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำกลั่นที่ปราศจากเชื้อซึ่งใช้เป็นตัวควบคุม น้ำมะนาวที่ความเข้มข้น 1% และ 5% สามารถลดปริมาณ *E. coli* จากการสร้างสภาวะการปนเปื้อนได้ 1.11 และ 2.37 log_{10}CFU/ml ตามลำดับ และที่ความเข้มข้น 10% ตรวจไม่พบเชื้อ *E. coli* ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับณัฐพงศ์และคณะ[9] ซึ่งได้ทำการศึกษาการลดปริมาณเชื้อ *E. coli* ในใบผักกาดหอม และพบว่าน้ำมะนาวที่ความเข้มข้น 15% มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อ *E. coli* จากการสร้างสภาวะการปนเปื้อนในผักกาดหอมได้ดีที่สุด โดยสามารถลดปริมาณเชื้อ *E. coli* ได้ 0.79 log_{10}CFU/ml ในการทดสอบน้ำมะกรูดที่ความเข้มข้น 1% สามารถลดปริมาณ *E. coli* จากการสร้างสภาวะการปนเปื้อนได้ 1.15 log_{10}CFU/ml และที่ความเข้ม 5% และ 10% ตรวจไม่พบเชื้อ *E. coli* ซึ่งผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าน้ำมะกรูดมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อ *E. coli* ได้ดีที่สุด โดยที่ความเข้มข้น 5% สามารถทำลายเชื้อ *E. coli* บนใบผักกาดแก้วจากการสร้างสภาพการปนเปื้อนได้หมด

ผักกาดแก้วที่ผ่านการสร้างสภาพการปนเปื้อนพบ *E. coli* เมื่อแช่ด้วยน้ำมะกรูดเข้มข้น 5% และน้ำมะนาวเข้มข้น 10% เป็นเวลา 30 นาที พบว่าสามารถทำลายเชื้อ *E. coli* ได้ทั้งหมด จากการศึกษาประสิทธิภาพของสารฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในการลดปริมาณ *E. coli* ในผักใบ พบว่าสารละลายโซเดียมคลอไรท์และสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์สามารถทำลาย *E. coli* ได้หมดภายใน 15 นาที[10] แม้ว่าน้ำมะกรูดและน้ำมะนาวต้องใช้เวลานานกว่าสารฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในการทำลายเชื้อ *E. coli* แต่น้ำมะกรูดและน้ำมะนาวเป็นสารที่ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายและประชาชนสามารถเตรียมได้เอง มะนาวและมะกรูดเป็นพืชตระกูล citrus มีน้ำที่มีรสชาดเปรี้ยวและมีความเป็นกรดสูงเนื่องจากมีกรดอินทรีย์ด้วยกันหลายชนิด เช่น กรดซิตริก กรดโอลิอิก กรดปาล์มิติก และไวตามินซี เป็นต้น[11] จึงมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย และจากการศึกษาฤทธิ์ยับยั้งจุลชีพของน้ำคั้นผลไม้ตระกูลส้ม[12] พบว่าน้ำคั้นมะกรูดและมะนาวมีฤทธิ์สูงในการยับยั้งเชื้อ *E. coli*

สรุป

การล้างผักโดยการแช่ในน้ำมะกรูดและน้ำมะนาวเป็นเวลา 30 นาที ให้ประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อ *E. coli* โดยน้ำมะกรูดที่ความเข้มข้น 5% และน้ำมะนาวที่ความเข้มข้น 10% สามารถทำลายเชื้อ *E. coli* บนใบผักกาดแก้วจากการสร้างสภาพการปนเปื้อนได้หมด แม้น้ำมะกรูดและน้ำมะนาวจะต้องใช้เวลาในการแช่และอาจมีประสิทธิภาพไม่เท่าสารฆ่าจุลชีพซึ่งเป็นสารเคมี แต่ก็เป็นการช่วยลดความเสี่ยงจากเชื้อโรคที่มากับอาหารมากกว่าการแช่ล้างผักด้วยน้ำประปาเพียงอย่างเดียว อีกทั้งน้ำมะกรูดและน้ำมะนาวยังเป็นพืชสมุนไพรที่มีความปลอดภัย รับประทานได้ มีวิธีการเตรียมที่ง่ายทำให้ประชาชนทั่วไปสามารถทำได้ จึงน่าจะเป็นวิธีในการล้างผักที่นำมาบริโภคสด อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในการนำน้ำมะกรูดและน้ำมะนาวในความเข้มข้นที่เหมาะสมไปทดสอบล้างผักที่มีการปนเปื้อน *E. coli* ที่ติดมากับผักจริง ๆ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมะกรูดและน้ำมะนาวในการลดปริมาณ *E. coli* ให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. ดาริวรรณ เศรษฐีธรรม และคณะ. สถานการณ์การปนเปื้อนจุลินทรีย์ในอาหารพร้อมบริโภค: กรณีศึกษาจังหวัดขอนแก่นและอุดรธานี. วารสารวิจัยสาธารณสุขศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2556, 6(2): 154-159.
2. ปรีชา จึงสมานุกูล, นวรัตน์ รัตนดิลก ณ ภูเก็ต และ กมลวรรณ กันแต่ง. การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในผักสด. วารสารกรรมวิทยาศาสตร์บริการ 2553, 52(1-2): 30-39.
3. Keskinen LA. Burke A. Annous BA. Efficacy of chlorine, acidic electrolyzed water and aqueous chloride dioxide solutions to decontaminated *Esherichia coli* O157:H7 from lettuce leaves. Int J Food Microbiol 2009, 132: 134-140.
4. Rodgers, S.L., Cash, J.N., Siddig. M. and Ryser, E.T. A comparison of different chemical sanitizers for inactivating *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* in solution and on apples, lettuce, strawberries and cantaloupe. Journal of Food Protection 2004, 67:721-731.
5. Lee Y U., Jo S H., Cho S D., Kim G H., Kim Y M., Lee D.H et. at. Effects of Chlorine concentrations and Washing Conditions on the Reduction of Microbiological Contamination in Lettuce. J Korean Soc Appl Biol Chem 2009, 52(3): 270-274.
6. วันดี กฤษณพันธ์. สมุนไพรสารพัดประโยชน์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ; คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. 2539.
7. MedThai. มะกรูด สรรพคุณและประโยชน์ของมะกรูด 38 ข้อ [อินเตอร์เน็ท]. 2560. [เข้าถึงเมื่อ 16 เมษายน 2562] เข้าถึงได้จาก http://medthai.com/มะกรูด/
8. MedThai. มะเขือเทศ สรรพคุณและประโยชน์ของมะเขือเทศ 28 ข้อ [อินเตอร์เน็ท]. 2560. [เข้าถึงเมื่อ 17 พฤษภาคม 2562] เข้าถึงได้จาก http://medthai.com/มะเขือเทศ/
9. ณัฐพงศ์ การถึง, สร้อยสุวรรณ อั้นทอง และ อรุณศรี ว่องปฏิการ. การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมะนาวในการลดปริมาณ *Escherichia coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่ปนเปื้อนในผักกาดหอมเพื่อพัฒนาเป็นน้ำยาล้างผัก. วารสารสาธารณสุขศาสตร์ 2558, 45(3): 334-342.
10. วราภา มหากาญจนกุล, ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์ และ วชิราภาณ์ เทียมพันธ์. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในการลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และ *Escherichia coli* ในผักใบ. เอกสารนำเสนอในการประชุม. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39; 5-7 ก.พ. 2544: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
11. Farnsworth, N.R., and Buyapraphatsara, N. Thai Medical Plants. Bangkok. Prachachon. 1992.
12. ธาราธีร์ ศรีจันทร์, เยาวรักษ์ โพธิ์ร่ม และ ธวัชชัย แพชมัด. ฤทธิ์ยับยั้งจุลชีพของน้ำคั้นผลไม้ตระกูลส้ม. วารสารไทยเภสัชศาสตร์และวิทยาการสุขภาพ 2556, 8(1): 7-11.

[AS-P04] ประสิทธิภาพของสารสกัดน้ำจากกระเทียมในการยับยั้ง *Vibrio parahaemolyticus* ในหอยนางรมแกะเปลือก

The Efficacy of Aqueous Extract from Garlic (*Allium sativum* Linn.) on the Inactivation of *Vibrio parahaemolyticus* in Shucked Oysters

อุมาพร ทาไธสง* และ กัณฐมณี รัตนรามศรี
Umaporn Thathaisong* and Kanthamanee Ratthanaramsri
ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: umaporn@buu.ac.th*

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ได้ทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดน้ำจากกระเทียมในการยับยั้ง *Vibrio parahaemolyticus* ในหลอดทดลองด้วยวิธี disc diffusion และ broth macrodilution และในหอยนางรมแกะเปลือก โดยใส่ *V. parahaemolyticus* ลงบนตัวอย่างหอยนางรมแกะเปลือก จากนั้นนำไปล้างด้วยสารสกัดน้ำจากกระเทียมเป็นเวลา 10 นาที ทำการนับจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตบนตัวอย่างหอยนางรม ผลการทดลองพบว่าสารสกัดน้ำจากกระเทียมความเข้มข้น 10 mg/ดิสก์ มีขนาด inhibition zone เท่ากับ 10.67±0.34 mm และค่า minimum inhibitory concentration (MIC) เท่ากับ 12.5 mg/ml การล้างด้วยสารสกัดความเข้มข้น 1xMIC (12.5 mg/ml) และ 2xMIC (25 mg/ml) และน้ำปราศจากเชื้อสามารถลดจำนวน *V. parahaemolyticus* บนตัวอย่างหอยนางรมได้เท่ากับ 1.24±0.01, 1.05±0.03, 0.98±0.03 log CFU/กรัม ตามลำดับ ซึ่งการล้างด้วยสารสกัดทั้ง 2 ความเข้มข้น สามารถลดจำนวนแบคทีเรียบนตัวอย่างหอยนางรมได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำปราศจากเชื้อ แสดงให้เห็นว่าสารสกัดน้ำจากกระเทียมมีประสิทธิภาพในการยับยั้ง *V. parahaemolyticus* บนตัวอย่างหอยนางรมแกะเปลือก ซึ่งอาจเป็นแนวทางในการนำมาประยุกต์ใช้เป็นสารล้างทำความสะอาดในอุตสาหกรรมอาหาร

คำสำคัญ: *สารสกัดน้ำจากกระเทียม, V. Parahaemolyticus, หอยนางรมแกะเปลือก*

Abstract

The efficiency of aqueous extract from garlic on the inactivation of *Vibrio parahaemolyticus in vitro* by disc diffusion and broth macrodilution, and in shucked oysters was studied. The shucked oysters were artificially inoculated with the bacterium, the inoculated shucked oysters were then washed in the aqueous garlic extract for 10 minutes. The population of the bacterium on shucked oysters was evaluated. The results showed that the aqueous garlic extract at 10 mg/disc showed inhibition zone of 10.67±0.34 mm and the MIC value was 12.5 mg/ml. Treatment with 1xMIC (12.5 mg/ml), 2xMIC (25 mg/ml) of aqueous garlic extract and sterile distilled water reduced the populations of *V. parahaemolyticus* in shucked oysters by 1.24±0.01, 1.05±0.03, 0.98±0.03 log CFU/g, respectively. Compared to sterile distilled water, the two concentrations of the extract showed significantly reduction ($p<0.05$) in the bacterium in shucked oysters. These data indicated that that aqueous garlic extract has the efficiency to inactivation of *V. parahaemolyticus* on shucked oysters which can be applied to be a sanitizer in food industry.

Keywords: aqueous garlic extract, *V. parahaemolyticus*, shucked oysters

บทนำ

ประเทศไทยมีการเลี้ยงหอยนางรมมานานกว่า 100 ปี นับเป็นสัตว์น้ำที่สำคัญทางเศรษฐกิจและทำรายได้สูงให้กับเกษตรกรผู้เลี้ยง และหอยนางรมยังเป็นอาหารทะเลที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย เป็นอาหารที่จัดได้ว่ามีคุณค่าทางโภชนาการสูง อุดมไปด้วยคุณค่าทางอาหารคือเป็นแหล่งของวิตามินเอ บีหนึ่ง บีสอง บีสาม ซี และดี หอยนางรมพบอยู่ทั่วไปตามบริเวณน้ำตื้นชายเกาะ ชายฝั่งทะเล แหล่งน้ำที่มีอาณาเขตติดต่อกับทะเล หอยนางรมมีหลายชนิดที่พบในประเทศไทย[1]

Vibrio parahaemolyticus เป็นสาเหตุของการเกิดโรคอาหารเป็นพิษจากการบริโภคอาหารทะเลสดหรือผ่านการปรุงอย่างไม่เหมาะสมซึ่งอาจทำให้เกิดลำไส้อักเสบ อาเจียน ท้องร่วง คลื่นไส้ และเป็นสาเหตุสำคัญของโรคติดต่อผ่านทางอาหารที่เกี่ยวข้องกับการบริโภคหอยนางรมดิบในประเทศสหรัฐอเมริกาและยุโรป แต่พบมากในประเทศแถบทวีปเอเชีย[2, 3] สำหรับประเทศไทยเชื้อนี้เป็นสาเหตุอันดับ 1 ที่ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ[4] ซึ่งเชื้อชนิดนี้พบได้ตามธรรมชาติในสภาพแวดล้อมทางทะเลของประเทศส่วนใหญ่ที่มีการเก็บเกี่ยวหอยนางรม[5] มีรายงานการระบาดของ *V. parahaemolyticus* ซึ่งเกี่ยวข้องกับการบริโภคหอยนางรมอยู่หลายครั้งมาก ในปี ค.ศ. 1998 มีการระบาดครั้งใหญ่สุดของ *V. parahaemolyticus* ในสหรัฐอเมริกา มีคนจำนวน 416 คนเป็นโรคอาหารเป็นพิษ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการบริโภคหอยนางรมดิบ[6] ในปี ค.ศ. 2006 มีการระบาดของการติดเชื้อ *V. parahaemolyticus* ในคนจำนวน 117 คน จากการบริโภคหอยนางรมดิบ[7]

มีหลายวิธีที่ใช้ในการควบคุมเชื้อก่อโรคในหอยนางรม เช่น การใช้ความดันสูงและการใช้วิธี ionizing radiation[8] นอก จากนี้อุตสาหกรรมอาหารยังค้นหาสารจากธรรมชาติในการเก็บรักษาอาหาร เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บมากขึ้น และให้มีความปลอดภัย มีการทดลองนำหอยนางรมที่ใส่ *V. parahaemolyticus* มาล้างด้วยสารสกัดจากเมล็ดองุ่นความเข้มข้น 500 mg/ml เป็นเวลา 10 นาที พบว่าสามารถลดจำนวนเชื้อดังกล่าวลงต่ำกว่าระดับที่ตรวจพบได้ (1.0 log CFU/g)[9] และการล้างหอยนางรมที่ใส่เชื้อ *Salmonella* Newport ด้วย 1% cinnamaldehyde และ1% carvacrol เป็นเวลา 10 นาที มีประสิทธิภาพในการลดจำนวนเชื้อลงได้[8] นอกจากนี้ยังมีการทดสอบการเคลือบหอยนางรมที่ใส่เชื้อ *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* Typhimurium และ *Vibrio vulnificus* ด้วยไคโตซาน (0.5%, 1.0%, และ 2%) พบว่าสามารถลดจำนวน *S. aureus* ได้ 1-4 log เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม แต่ไม่สามารถลดจำนวน *S.*Typhimurium และ *V. vulnificus* ได้[10] ปัจจุบันยังไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับการใช้สารสกัดน้ำจากกระเทียม *(Allium sativum* Linn.) มาลดจำนวน *V. parahaemolyticus* ในหอยนางรมแกะเปลือก ดังนั้นการศึกษานี้จึงได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดน้ำจากกระเทียมในการยับยั้ง *V. parahaemolyticus* ในหลอดทดลองและตัวอย่างหอยนางรมแกะเปลือก

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมสารสกัดน้ำจากกระเทียม[11, 12]

นำหัวกระเทียมมาคัดเอาเฉพาะกระเทียมที่สมบูรณ์ ไม่ฝ่อ และปอกเปลือกออก จากนั้นชั่งให้ได้ 500 กรัม และนำมาล้างด้วยน้ำกลั่นให้สะอาดแล้วทิ้งให้สะเด็ดน้ำ บดกระเทียมให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น ใส่กระเทียมที่บดละเอียดแล้ว 50 กรัม ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 ml จำนวน 6 ขวด แล้วเติมน้ำกลั่นปราศจากเชื้อลงไปในแต่ละขวด ขวดละ 100 ml (อัตราส่วน 1:2 w/v) ผสมให้เข้ากันจะได้ความเข้มข้นของสารสกัดน้ำหยาบ (crude water extract) จากกระเทียมเท่ากับ 500 mg/ml แล้วนำขวดรูปชมพู่ไปเขย่าที่อุณหภูมิห้อง ความเร็ว 160 รอบ/นาที เป็นเวลา 72 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาเทรวมกันและกรองด้วยผ้าขาวบางเพื่อเอากากออก นำน้ำกระเทียมไปปั่นเหวี่ยงที่ 5,000 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 10 นาที และนำส่วนใสไปปั่นเหวี่ยงอีก 2 รอบ เพื่อเอาตะกอนขนาดเล็กออกจากสารละลาย นำส่วนใสไปกรองด้วยกระดาษกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูกรอง 0.45 ไมครอน เพื่อกำจัดแบคทีเรีย แล้วเก็บรักษาสารสกัดน้ำจากกระเทียม ที่อุณหภูมิ -21 °C ซึ่งก่อนการทดสอบขั้นต่อไปให้นำออกมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อให้สารสกัดละลาย

การทดสอบฤทธิ์เบื้องต้นของสารสกัดน้ำจากกระเทียมต่อ *V. parahaemolyticus* โดยวิธี disc Diffusion[13]

นำ stock culture ของ *V. parahaemolyticus* ที่เก็บที่อุณหภูมิ -20 °C มาเพาะเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient agar (NA)+1% NaCl บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง แล้วทำการ subculture ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ NA+1% NaCl ด้วยการ cross streak นำจานเพาะเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง ใช้ลวดเขี่ยโคโลนีเดี่ยวประมาณ 5 โคโลนี เพาะลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Mueller-Hinton broth (MHB)+1% NaCl ปริมาตร 5 ml นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 2-6 ชั่วโมง แล้วทำการปรับความเข้มข้นของเชื้อด้วย 0.85% NaCl ให้มีความขุ่นเท่ากับ McFarland standard No. 0.5 ซึ่งมีเชื้อประมาณ 1.5×10^8 CFU/ml จากนั้นใช้ไม้พันสำลีปราศจากเชื้อจุ่มเชื้อที่เตรียมไว้ แล้วป้ายลงบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ MHA+1% NaCl ให้ทั่ว ทิ้งไว้ให้ผิวหน้าอาหารแห้งประมาณ 3-5 นาที ทำการหยดสารสกัดน้ำจากกระเทียมลงบนดิสก์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm ปริมาตร 20 µl/ดิสก์ (10 mg/ดิสก์) จำนวน 3 ดิสก์ จากนั้นวางแผ่นดิสก์ที่มีสารสกัดน้ำจากกระเทียม ดิสก์ที่เติมน้ำกลั่นปราศเชื้อ (negative control) (20 µl/ดิสก์) และดิสก์ยา Tetracycline (positive control) (30 µg/ดิสก์) ลงบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ MHA+1% NaCl แล้วนำจานเพาะเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง จากนั้นอ่านผลโดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ inhibition zone (ทำการทดลอง 3 ครั้ง)

การหาค่าความเข้มข้นต่ำสุด (Minimum inhibitory concentration, MIC) ของสารสกัดน้ำจากกระเทียมที่สามารถยับยั้งการเจริญของ *V. parahaemolyticus*[14]

เตรียมหัวเชื้อทดสอบ มีวิธีดังนี้ ใช้ลูปเขี่ยโคโลนีเดี่ยวของเชื้อทดสอบบนอาหารเลี้ยงเชื้อ NA+1% NaCl จำนวน 5 โคโลนี เพาะลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ MHB+1% NaCl ปริมาตร 5 ml บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 4-5 ชั่วโมง ทำการปรับปริมาณเชื้อด้วย 0.85% NaCl ให้มีความขุ่นเท่ากับ McFarland standard No. 0.5 ซึ่งมีจำนวนเชื้อประมาณ 1.5×10^8 CFU/ml จากนั้นถ่ายเชื้อ 0.1 ml ใส่ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ MHB+1% NaCl ปริมาตร 9.9 ml จะได้ปริมาณเชื้อประมาณ 1×10^6 CFU/ml (ต้องใช้ภายใน 15 นาที)

เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีสารทดสอบ โดยทำการเติมอาหารเลี้ยงเชื้อ MHB+1% NaCl ลงในหลอดทดลอง จำนวน 10 หลอด หลอดละ 1 ml เติมสารสกัดน้ำจากกระเทียมความเข้มข้น 400 mg/ml ปริมาตร 1 ml ใส่ลงในหลอดที่ 1 ผสมให้เข้ากัน จากนั้นเจือจางแบบ 2 เท่าไปเรื่อย ๆ จนถึงหลอดที่ 9 จะได้สารสกัดน้ำจากกระเทียมความเข้มข้น 200, 100, 50, 25, 12.5, 6.25, 3.125, 1.562 และ 0.782 mg/ml ตามลำดับ ส่วนหลอดที่ 10 ไม่เติมสารทดสอบ (positive control) (ทำ 2 ซ้ำ)

การทดสอบทำโดยเติมเซลล์แขวนลอยของ *V. parahaemolyticus* ปริมาตร 1 ml ลงไปในแต่ละหลอด จะได้ปริมาณเชื้อสุดท้ายในหลอดเท่ากับ 5×10^5 CFU/ml ผสมให้เข้ากัน ซึ่งความเข้มข้นสุดท้ายของสารสกัดน้ำจากกระเทียมในหลอดที่ 1-9 จะเท่ากับ 100, 50, 25, 12.5, 6.25, 3.125, 1.562, 0.781, 0.391 mg/ml ตามลำดับ นำหลอดไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง อ่านค่า MIC โดยสังเกตความขุ่นของอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยตาเปล่า ซึ่งค่า MIC คือ ความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดน้ำจากกระเทียมที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อทดสอบได้ (อาหารเลี้ยงเชื้อใส) (ทำการทดลอง 3 ครั้ง)

การทดสอบฤทธิ์ต้าน *V. parahaemolyticus* ของสารสกัดน้ำจากกระเทียมในตัวอย่างหอยนางรมแกะเปลือก[9]

เตรียมตัวอย่างหอยนางรมแกะเปลือก โดยนำตัวอย่างหอยนางรมแกะเปลือกสด จำนวน 500 กรัม ใส่ลงในขวด Duran แล้วนำไป autoclave ที่อุณหภูมิ 121 °C เป็นเวลา 15 นาที เพื่อทำให้หอยนางรมปราศจากเชื้อ แล้วทำการใส่เชื้อ *V. parahaemolyticus* ลงบนตัวอย่างหอยนางรมแกะเปลือกโดยแช่ตัวอย่างหอยนางรมแกะเปลือกจำนวน 75 กรัม ลงในเซลล์แขวนลอยของเชื้อ (10^7 CFU/ml) ปริมาตร 300 ml เป็นเวลา 1 นาที ในตู้ปลอดเชื้อ จากนั้นเทเซลล์แขวนลอยออก และนำตัวอย่างหอยนางรมมาวางลงบนจานเพาะเชื้อที่ปราศจากเชื้อ ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที ในตู้ปลอดเชื้อ นำหอยนางรมที่ใส่เชื้อแล้วมาล้างโดยการแช่ในสารละลาย 3 ชุดการทดลอง (หอยนางรม 25 กรัม ต่อสารละลายทดสอบ 250 ml) ดังนี้ ชุดที่ 1 แช่ในกลั่นปราศจากเชื้อ (ชุดควบคุม) เป็นระยะเวลา 10 นาที ชุดที่ 2 แช่ในสารสกัดน้ำจากกระเทียมความเข้มข้นเท่ากับ 1xMIC (12.5 mg/ml) เป็นระยะเวลา 10 นาที ชุดที่ 3 แช่ในสกัดน้ำจากกระเทียมที่มีความเข้มข้นเท่ากับ 2xMIC (25 mg/ml) เป็นระยะเวลา 10 นาที จากนั้นทำการนับจำนวน *V. parahaemolyticus* ที่รอดชีวิตบนตัวอย่างหอยนางรมแกะเปลือก โดยใส่ตัวอย่างหอยนางรมแกะเปลือก 25 กรัม ลงในถุง

ปราศจากเชื้อ (stomacher bag) แล้วเติม Phosphate buffered saline (PBS) ปริมาตร 225 ml (ความเจือจาง 10^{-1}) ตีผสม แล้วทำการเจือจางด้วย PBS แบบ 10 เท่า (ten-fold-dilution) ให้ได้ความเจือจาง 10^{-2} - 10^{-5} จากนั้นทำการถ่ายสารละลายของความเจือจาง 10^{-3}, 10^{-4} และ 10^{-5} ความเจือจางละ 0.1 ml ใส่ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ TSA +1%NaCl ความเจือจางละ 2 จาน แล้วทำการ spread plate นำจานเพาะเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 $^{\circ}$C เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง จากนั้นนับจำนวนโคโลนี และคำนวณหาปริมาณเชื้อในตัวอย่างในหน่วย log CFU/กรัม

การวิเคราะห์ทางสถิติ

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดน้ำจากกระเทียมในการลดจำนวน *V. parahaemolyticus* ที่ใส่ลงบนตัวอย่างหอยนางรม ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทำการทดลองทั้งหมด 3 ครั้ง ครั้งละ 3 ซ้ำ นำเสนอผลการทดลองเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน พร้อมทั้งวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one way ANOVA) โดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป SPSS (version 23) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การคัดกรองฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์เบื้องต้น และการหาค่า MIC

สารสกัดน้ำจากกระเทียม ความเข้มข้น 10 mg/ดิสก์ สามารถยับยั้งการเจริญของ *V. parahaemolyticus* โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ inhibition zone เท่ากับ 10.67±0.34 mm ส่วนยา Tetracycline ความเข้มข้น 30 µg/ดิสก์ ซึ่งเป็น positive control มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ inhibition zone ต่อ *V. parahaemolyticus* เท่ากับ 27±0.00 mm ดิสก์ที่เติมน้ำกลั่น (negative control) ปริมาตร 20 µl/ดิสก์ ซึ่งเป็น negative control ไม่เกิด inhibition zone (ตารางที่ 1 และภาพที่ 1) นอกจากนี้ยังพบว่า *V. parahaemolyticus* เป็นเชื้อที่มีความไวต่อสารสกัดน้ำจากกระเทียม มีค่า MIC เท่ากับ 12.5 mg/ml (ตารางที่ 1)

การศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าสารสกัดน้ำจากกระเทียมสามารถยับยั้งการเจริญของ *V.paraheamolyticus* ได้[15] ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษานี้ และยังมีรายงานว่าสารสกัดน้ำจากกระเทียมสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิดอื่นๆ ได้อีกหลายชนิด เช่น *Shigella dysenteriae, S.* Typhimurium และ *S. aureus* เป็นต้น[16, 17]

สาเหตุที่สารสกัดน้ำจากกระเทียมสามารถยับยั้ง *V. parahaemolyticus* ที่นำมาทดสอบในการศึกษาครั้งนี้ได้ เนื่องจากสารสกัดน้ำจากกระเทียมมีสารที่สามารถออกฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียดังกล่าว แต่การศึกษาครั้งนี้ไม่ได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดน้ำจากกระเทียม อย่างไรก็ตามมีการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่า องค์ประกอบหลักที่สำคัญที่พบในสารสกัดน้ำจากกระเทียมได้แก่ Allicin หรือ Diallyl disulfide oxide, S-allyl-L-cysteine sulfoxide, S-methyl-L-cysteine sulfoxide, Allyl propyldisulfide, Diallyltrisulfide, Acrolein, Crotonaldehyde และสารอื่นๆ อีกหลายชนิด[17-19] มีรายงานพบว่า Allicin, Acrolein และ Crotonaldehyde เป็นสารออกฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย[16, 20] ซึ่ง Allicin มีกลไกการออกฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย โดยไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์หลายชนิดที่มีหมู่ซัลไฟไฮดริล รวมทั้งเอนไซม์ชนิดอื่นที่อยู่ในกระบวนการเมตาบอลิซึมของเซลล์ ดังนั้นสารที่มีฤทธิ์ยับยั้ง *V. parahaemolyticus* ในการทดลองนี้น่าจะ Allicin เนื่องจากเป็นสารที่พบมากในกระเทียม ซึ่ง Allicin เป็นสารที่มีความเป็นขั้วสูงโดยสามารถสกัดออกมาได้ดีในตัวทำละลายที่เป็นน้ำ ดังนั้นสารสกัดน้ำจากกระเทียมจึงสามารถยับยั้งการเจริญของ *V. parahaemolyticus* ได้

การทดสอบฤทธิ์ต้าน *V. parahaemolyticus* ของสารสกัดน้ำกระเทียมในตัวอย่างหอยนางรมแกะเปลือก

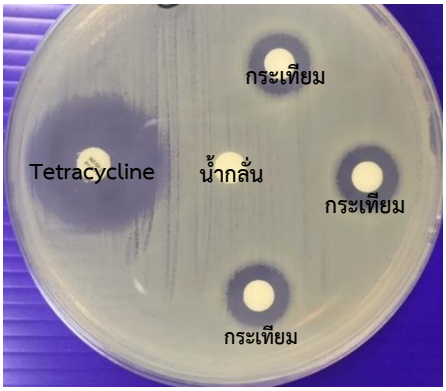
จากการตรวจนับจำนวน *V. parahaemolyticus* ที่เกาะบนตัวอย่างหอยนางรมแกะเปลือกก่อนนำไปล้างด้วยสารสกัดน้ำจากกระเทียม พบว่ามีจำนวนเฉลี่ยเท่ากับ 6.32±0.03 log CFU/กรัม และเมื่อนำสารสกัดน้ำจากกระเทียม 2 ความเข้มข้น คือ 1xMIC (12.5 mg/ml) และ 2xMIC (25 mg/ml) และน้ำปราศจากเชื้อ (ชุดควบคุม) มาล้างตัวอย่างหอยนางรมแกะเปลือกที่ใส่

เชื้อแล้ว โดยแช่เป็นเวลา 10 นาที แล้วทำการตรวจนับจำนวน *V. parahaemolyticus* ที่รอดชีวิตบนตัวอย่างหอยนางรมแกะเปลือกหลังล้าง พบว่ามีจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตเฉลี่ยเท่ากับ 5.30±0.03, 5.08±0.03 และ 5.33±0.01 log CFU/กรัม ตามลำดับ และพบว่ามีการลดลงของจำนวน *V. parahaemolyticus* หลังจากล้างด้วยสารทดสอบเท่ากับ 1.05±0.03, 1.24±0.01 และ 0.98±0.03 log CFU/กรัม ตามลำดับ เมื่อนำค่าการลดลงของจำนวนเชื้อที่เกาะบนตัวอย่างหอยนางรมแกะเปลือกไปเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธี Ducan พบว่า การล้างตัวอย่างหอยนางรมแกะเปลือกด้วยสารสกัดน้ำจากกระเทียมทั้ง 2 ความเข้มข้น สามารถลดจำนวน *V. parahaemolyticus* บนตัวอย่างหอยนางรมแกะเปลือกได้แตกต่างจากชุดควบคุม (น้ำปราศจากเชื้อ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และพบว่าการล้างด้วยสารสกัดน้ำจากกระเทียมความเข้มข้น 2xMIC (25 mg/ml) มีประสิทธิภาพในการลดจำนวน *V. parahaemolyticus* ดีที่สุดและมากกว่าการล้างด้วยสารสกัดน้ำจากกระเทียมความเข้มข้น 1xMIC (12.5 mg/ml) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ inhibition zone และค่า MIC ของสารสกัดน้ำจากกระเทียมต่อ *V. parahaemolyticus*

แบคทีเรียทดสอบ	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของ inhibition zone (mm ± SD)			ค่า MIC (mg/ml)
	สารสกัดน้ำจากกระเทียม (10 mg/ดิสก์)	Tetracycline (30 µg/ดิสก์)	น้ำกลั่น (20 µl/ดิสก์)	
V. parahaemolyticus	10.67 ± 0.34	27 ± 0.00	NZ	12.5

หมายเหตุ NZ (No zone) หมายถึง ไม่เกิด inhibition zone



ภาพที่ 1 Inhibition zone ของสารสกัดน้ำจากกระเทียม ความเข้มข้น 10 mg/ดิสก์ ในการยับยั้ง *V. Parahaemolyticus*ด้วยวิธี disc diffusion

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพต้าน *V. parahaemolyticus* บนตัวอย่างหอยนางรมแกะเปลือกของสารสกัดน้ำจากกระเทียม

ชุดทดสอบ	จำนวนเชื้อที่รอดชีวิตบนตัวอย่างหอยนางรมแกะเปลือก (log CFU/กรัม ± SD)	จำนวนเชื้อที่ลดลงจากเชื้อเริ่มต้น (log CFU/กรัม ± SD)
น้ำปราศจากเชื้อ (Control)	5.33 ± 0.01	0.98 ± 0.02[a]
สารสกัดน้ำจากกระเทียมความเข้มข้น 1xMIC (12.5 mg/ml	5.30 ± 0.03	1.05 ± 0.03[b]
สารสกัดน้ำจากกระเทียมความเข้มข้น 2xMIC (25 mg/ml)	5.08 ± 0.03	1.24 ± 0.01[c]

หมายเหตุ พยัญชนะภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

มีการศึกษาก่อนหน้านี้ได้นำสารสกัดจากเมล็ดองุ่นมาล้างหอยนางรมที่ใส่เชื้อ *V. parahaemolyticus* พบว่าสารสกัดจากเมล็ดองุ่นความเข้มข้น 500 mg/ml สามารถลดจำนวน *V. parahaemolyticus* บนหอยนางรม (จำนวนเชื้อเริ่มต้น เท่ากับ 5.9 log CFU/กรัม) ลงต่ำกว่าระดับที่ตรวจพบได้ (1.0 log CFU/กรัม) เมื่อแช่เป็นเวลา 10 นาที[9] ซึ่งสารสกัดน้ำจากกระเทียมในการศึกษานี้มีประสิทธิภาพในการลดจำนวน *V. parahaemolyticus* ที่ใส่ลงบนหอยนางรม ได้ต่ำกว่าสารสกัดเมล็ดองุ่น ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากความแตกต่างของสารที่เป็นองค์ประกอบหลักที่พบในสารทดสอบแต่ละชนิด นอกจากนี้ยังมีนำสารที่แยกได้จากพืชสมุนไพรมาล้างหอยนางรมที่ใส่เชื้อ *S.* Newport เป็นเวลา 10 นาที พบว่าสารละลาย 1% cinnamaldehyde และ 1% carvacrol สามารถลดจำนวนเชื้อได้ 1 และ 1.5 log ในวันที่ 0 และ 3 ของการเก็บ[8] จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่า สารสกัดและสารเคมีจากพืชหลายชนิด มีประสิทธิภาพในการลดจำนวนเชื้อก่อโรคที่ใส่ลงบนตัวอย่างหอยนางรมแกะเปลือก ซึ่งประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับชนิดของสารทดสอบ ความเข้มข้นที่ใช้ ระยะเวลาในการล้าง และชนิดแบคทีเรียที่ใส่ลงบนตัวอย่างหอยนางรมแกะเปลือก

สรุป

สารสกัดน้ำจากกระเทียม ความเข้มข้น 10 mg/ดิสก์ สามารถยับยั้งการเจริญของ *V. parahaemolyticus* โดยมีขนาด inhibition zone เท่ากับ 10.67±0.34 mm และมีค่า MIC เท่ากับ 12.5 mg/ml การล้างตัวอย่างหอยนางรมแกะเปลือกที่ใส่ *V. parahaemolyticus* (6.32±0.03 log CFU/กรัม) ด้วยสารสกัดน้ำจากกระเทียม ความเข้มข้น 1xMIC (12.5 mg/ml) และ 2x±MIC (25 mg/ml) เป็นเวลา 10 นาที สามารถลดจำนวน *V. parahaemolyticus* ลดลงได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (น้ำกลั่นปราศจากเชื้อ) การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดน้ำจากกระเทียมมีฤทธิ์ต้าน *V. parahaemolyticus* ทั้งในหลอดทดลอง และบนตัวอย่างหอยนางรมแกะเปลือก ดังนั้นการล้างหอยนางรมแกะเปลือกด้วยสารสกัดจากธรรมชาติจึงมีความสำคัญ และมีประโยชน์ต่อการลดจำนวนเชื้อที่ปนเปื้อนในหอยนางรม อย่างไรก็ตามควรจะมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียชนิดอื่น ๆ ที่พบในตัวอย่างหอยนางรม เช่น *Vibrio cholerae* และ *Vibrio vulnificus* เป็นต้น รวมทั้งศึกษาผลของเวลาที่ใช้ในการล้างต่อการลดจำนวนเชื้อแบคทีเรียทดสอบที่ใส่ลงในตัวอย่างหอยนางรม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากภาคจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

เอกสารอ้างอิง

1. นิพนธ์ ศิริพันธ์. คู่มือการเลี้ยงหอยทะเลเศรษฐกิจ. กรุงเทพมหานคร : กรมประมง, กองส่งเสริมการประมง; 2543.
2. McLaughlin JB, DePaola A, Bopp CA, Martinek KA, Napol NP. Outbreak of *Vibrio parahaemolyticus* gastroenteritis associated with Alaskan oysters. N Engl J Med 2005;353:1433-1436. DOI:10.1056/NEJMoa051594
3. Xi D, Liu C, Su Y-C. Effects of green tea extract on reducing *Vibrio parahaemolyticus* and increasing shelf life of oyster meats. Food Control 2012;25:368-373. Doi:10.1016/j.foodcont.2011.11.002
4. ศรีวรรณา หัทยานานนท์. สาระน่ารู้เกี่ยวกับเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus*. [เข้าถึงเมื่อ 28 26 กันยายน 2559]. เข้าถึงได้จาก http://webdb.dmsc.moph.go.th
5. Wirth F, Minton TM. A review of the market structure of the Louisiana oyster industry: a microcosm of the United States oyster industry. J Shellfish Res 2004;23:841-847.
6. Kural AG, Chen HQ. Conditions for a-log reduction of *Vibrio vulnificus* through high hydrostatic pressure treatment. Int J Food Microbiol 2008;122:180-187. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2007.11.074

7. Centers for Disease Control. Surveillance for foodborne-disease outbreaks-United States, 199802002. Morb Mortal Wkly Rep 2006;55:1-34.
8. Ravishankar S, Zhu L, Reyna-Granados J, Law B, Joens L, Friedman M. Carvacrol and cinnamaldehyde inactivate antibiotic-resistant *Salmonella enterica* in buffer and on celery and oysters. J Food Prot 2010;73(2):234-40.
9. Mahmoud SM. The efficacy of grape seed extract, citric acid and lactic acid on the inactivation of *Vibrio parahaemolyticus* in shucked oysters. Food Control 2014;41:13-16. DOI: 10.1016/j.foodcont.2013.12.027
10. Chhabra P, Huang YM, Frank JE, Chmielewski R, Gates K. Fate of *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enterica* serovar Typhimurium, and *Vibrio vulnificus* in raw oysters treated with chitosan. J Food Prot 2006;69(7);1600-1604.
11. วัลยา กองแก้ว และกัลทิมา พิชัย. การใช้สารสกัดจากพืชสมุนไพรและแบคทีเรียปฏิปักษ์ควบคุมการเจริญของราเขียว (*Trichoderma* spp.) ในเห็ดโคนญี่ปุ่น. วารสารวิจัย 2553;3(2):26-37.
12. ไอลดา ใจสมัคร และกาญจน์ คุ้มทรัพย์. ประสิทธิภาพสารสกัดเอทานอลจากพืชสมุนไพร กำจัดเพลี้ยแป้งแจ๊คเบียดเลย์. แก่นเกษตร 2557;42(1):524-529.
13. Clinical and Laboratory Standard Institute. Methods for antimicrobial dilution and disk susceptibility testing of infrequently isolated or fastidious bacteria proposed guideline (M45-P) 2006;25(26);34-37.
14. Clinical and Laboratory Standards Institute. Methods for dilution antimicrobial susceptibility tests for bacteria that grow aerobically; Approved standard-seventh edition (M7-A7). 2006;26(2):16-17.
15. Yano Y, Satomi M, Oikawa H. Antimicrobial effect of spices and herb on *Vibrio parahaemolyticus.* Int J Food Microbiol 2006:111;6-11. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2006.04.031
16. Al-Delaimy KS, Ali SH. Antibacterial action of vegetable extracts on the growth of pathogenic bacteria. Sci Food Agric 1970;21:110-112. DOI: 10.1002/jsfa.2740210214
17. ธีรพร กงบังเกิด. ประสิทธิภาพของกระเทียมและกานพลูในการยับยั้งการเจริญของ *Salmonella* Typhimurium และ *Staphylococcus* ในไก่แช่เย็น. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีการอาหาร, บัณฑิตวิทยาลัย : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2538.
18. นันทวัน บุณยะประภัศร และอรนุช โชคชัยเจริญพร. สมุนไพรไม้พื้นบ้าน.พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล; 2539.
20. ชยันต์ พิเชียรสุนทร. “กระเทียม” ฉลาดบริโภค. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2541;23:45-51.

[AS-P05] คุณสมบัติทางกายภาพ-เคมีและประสาทสัมผัสของทอดมันกุ้งเสริมซังขนุน

Physico-chemical and Sensory Characteristics of Deep Fried Shrimp Cakes Product Containing Jackfruit Rind

อินทิรา ลิจันทร์พร* จักรกฤช จันทร์สอน ไชยวัฒน์ นรสิงห์ ธนพนธ์ นนทมา[1]และประดิษฐ์ คำหนองไผ่
Intira Lichanporn*, Jakkrit Chansorn, Chaiwat Narasing, Thanapon Nonma, and Pradit Kumnongphai
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: intira_l@rmutt.ac.th*

บทคัดย่อ

ทุกวันนี้ความสนใจต่อการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพเพิ่มขึ้นทอดมันกุ้งเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้รับสนใจมาก สามารถปรับปรุงให้เป็น 'ทอดมันกุ้งเพื่อสุขภาพ' โดยการเพิ่มส่วนผสมที่มีโปรตีน ใยอาหาร และแคลอรีต่ำ การผสมผสานซังขนุน เป็นผลพลอยได้ที่อุดมไปด้วยใยอาหาร ในทอดมันกุ้งไม่เพียงให้ผลิตภัณฑ์ทอดมันกุ้งที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ แต่ยังนำไปสู่การพัฒนาเทคโนโลยีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมด้วยการแก้ไขปัญหาการกำจัดของเสีย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของทอดมันกุ้งเสริมซังขนุน ผลการศึกษาพบว่าการเพิ่มซังขนุนที่ร้อยละ 5, 10, และ 15 ของเนื้อกุ้งช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของสี L* b* และเถ้าสูงกว่าชุดควบคุม (ไม่ใส่ซังขนุน) ทอดมันกุ้งที่ใส่ซังขนุนร้อยละ 15 มีค่าวามแข็งและค่าแรงตัดน้อยกว่าชุดควบคุม ผลจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสชี้ให้เห็นว่าทอดมันกุ้งที่เสริมซังขนุนมีการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ผลลัพธ์ที่ได้ยืนยันว่าซังขนุนมีศักยภาพที่ดีในการพัฒนาอาหารเพื่อสุขภาพโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ทอดมันกุ้ง

คำสำคัญ: *ทอดมันกุ้ง, ซังขนุน, ความแข็ง, ประสาทสัมผัส*

Abstract

Nowadays, there is a rising interest towards consuming health beneficial food products. Deep fried shrimp cake–as one of the interesting popular food products–could be improved to ‘healthy deep fried shrimp cake’ by addition of ingredients high in protein, dietary fiber and low in calorie. Incorporating Jackfruit rind as a by-product rich in dietary fiber in deep fried shrimp cake, could not only provide health beneficial deep fried shrimp cake products, but also lead to develop an environmental friendly technology by solving the problem of waste disposal of residues. The objective of this study to physico-chemical and sensory characteristics of deep fried shrimp cakes product containing Jackfruit rind was examined. The results showed that addition of 5%, 10% and 15% of jackfruit rind in shrimp caused significantly ($p \leq 0.05$) higher L*, b* and ash than control (0% jackfruit rind). Deep fried shrimp cakes added in 15% was lower hardness and shear than control. Results from sensory score indicated that all deep fried shrimp cake substituted with jackfruit rind contained significantly ($p \leq 0.05$) higher texture and overall acceptance. Obtained results confirmed that the jackfruit rind has great potential in development of functional foods especially functional deep fried shrimp cake products.

Keywords: *deep fried shrimp cakes, Jackfruit rind, hardness, sensory*

บทนำ

ปัจจุบันทอดมันเป็นสิ่งที่ได้รับความนิยมอย่างมากทั้งรับประทานกับข้าวสวย และรับประทานเล่น โดยส่วนผสมของทอดมันนั้นประกอบด้วย แป้ง เนื้อ (ปลา หมูหรือกุ้ง) ไข่ไก่ แป้ง พริกแกง เครื่องเทศ จากส่วนประกอบจะเห็นได้ว่าเป็นอาหารที่มีใยอาหารต่ำ ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาทอดมันให้เป็นอาหารที่มีใยอาหารเพิ่มขึ้นโดยใช้ซังขนุนมาเป็นส่วนประกอบเสริม มีรายงานว่าซังขนุนผงมีปริมาณเส้นใยเท่ากับ 11.32 กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง[1] และซังขนุนยังเป็นเศษเหลือทิ้งจากการบริโภคเนื้อขนุนเป็นจำนวนมาก เนื้อขนุนและซังขนุนมีองค์ประกอบทางเคมีที่ใกล้เคียงกัน โดยเนื้อขนุนมีความชื้น ปริมาณเถ้า ไขมัน โปรตีนและคาร์โบไฮเดรต เท่ากับร้อยละ 78.49, 0.65, 0.20, 0.88 และ 19.78 ตามลำดับ ในขณะที่ซังขนุนมีองค์ประกอบดังกล่าวข้างต้นเท่ากับร้อยละ 79.33, 0.79, 0.62, 1.13 และ 18.13 ตามลำดับ[2] มีรายงานการนำซังขนุนมาเพิ่มมูลค่าและใช้ซังขนุนเสริมในผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่างๆ เพื่อเพิ่มใยอาหารให้แก่ผลิตภัณฑ์ เช่น ลูกชิ้นหมูอิมัลชัน[3] ขนมทองม้วน[4] และผลิตภัณฑ์แหนมเสริมพรีไบโอติก[5] อาหารต่างๆ เหล่านี้มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้แก่ผู้บริโภค ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทอดมันกุ้งเสริมซังขนุน

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมวัตถุดิบซังขนุน

นำซังขนุนมาทำการล้างสิ่งสกปรกและสิ่งแปลกปลอมออกด้วยน้ำสะอาด จากนั้นหั่นแบบเส้นยาวขนาดประมาณ 0.5 เซนติเมตร

ขั้นตอนการผลิตทอดมันกุ้งเสริมซังขนุน

เตรียมส่วนผสมตามสูตรในตารางที่ 1 นำเนื้อกุ้งสดมาบดหรือสับให้ละเอียด ผสมพริกแกงลงไปและนวดให้เข้ากัน ใส่แป้งข้าวโพด ไข่ไก่ ซังขนุนนวดให้เข้ากันอีกครั้ง จากนั้นเติม น้ำตาลทราย พริกไทย และผงปรุงรส แล้วพักไว้ประมาณ 30 นาที จากนั้นตักส่วนที่ผสมเสร็จแล้วมาก้อนละประมาณ 15 กรัมนำมาปั้นเป็นแผ่นกลม (เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 6.4 เซนติเมตร) โดยใช้แม่พิมพ์ นำไปทอดในหม้อทอดด้วยน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส 4 นาทีจึงนำออกมาสะเด็ดน้ำมัน เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 1 ส่วนผสมทอดมันกุ้งเสริมซังขนุน

ส่วนผสม	ปริมาณของส่วนผสม (ร้อยละ)
เนื้อกุ้ง	78.06
น้ำตาล	1.64
พริกแกง	7.81
แป้งข้าวโพด	7.03
ผงปรุงรส	0.78
พริกไทย	0.78
ไข่ไก่	3.90

ที่มา: ดัดแปลงจาก นิตยา และเพชรรัตน์ [6]

ศึกษาผลของการเสริมซังขนุนต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของทอดมันกุ้งเสริมซังขนุน

การผลิตทอดมันกุ้งเสริมซังขนุนโดยใช้ซังขนุนเพื่อเสริมใยอาหารโดยประยุกต์จากนิตยาและเพชรรัตน์[6] วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) โดยทำการศึกษาทอดมันกุ้งเสริมซังขนุน 4 สิ่งทดลอง ดังนี้

สิ่งทดลองที่ 1 ทอดมันเสริมซังขนุนร้อยละ 0 ของปริมาณเนื้อกุ้ง (ควบคุม)

สิ่งทดลองที่ 2 ทอดมันเสริมซังขนุนร้อยละ 5 ของปริมาณเนื้อกุ้ง

สิ่งทดลองที่ 3 ทอดมันเสริมซังขนุนร้อยละ 10 ของปริมาณเนื้อกุ้ง

สิ่งทดลองที่ 4 ทอดมันเสริมซังขนุนร้อยละ 15 ของปริมาณเนื้อกุ้ง

นำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอดแล้ว ไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส

นำตัวอย่างทอดมันกุ้งมาวัดค่าความสว่าง (L*), ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) โดยใช้เครื่องวัดค่าสี Tristimulus Colorimeter ยี่ห้อ MINOLTA Color Reader CR 10 วัดค่าสีของผิวทอดมันกุ้ง วัดค่าความแข็ง และแรงตัด แสดงค่าในหน่วยนิวตัน โดยใช้เครื่อง Texture Analyzer ปริมาณเถ้า และปริมาณความชื้น AOAC [7] และการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยนำตัวอย่างทอดมันกุ้งทำการทดสอบโดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คนโดยทำการทดสอบความชอบในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมโดยใช้วิธีการทดสอบแบบ 9 - point Hedonic Scale วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) วิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยสิ่งทดลอง และวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Tests (DMRT)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ทั้งทางกายภาพและเคมีวิเคราะห์แบบ CRD เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ส่วนข้อมูลทางประสาทสัมผัสวิเคราะห์แบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ลักษณะของทอดมันกุ้งเสริมซังขนุนพบว่าสีของทอดมันกุ้งเสริมซังขนุนมีสีน้ำตาลส้ม เมื่อเปรียบเทียบกลิ่นทอดมันที่มีการเสริมซังขนุนร้อยละ 10 และ 15 ของเนื้อกุ้งมีกลิ่นของขนุน ส่วนทอดมันกุ้งที่ไม่เสริมซังขนุนและเสริมซังขนุนร้อยละ 5 ของเนื้อกุ้งมีกลิ่นพริกแกงและพริกไทยเท่านั้น ด้านรสชาติ ทอดมันกุ้งเสริมซังขนุนร้อยละ 10 และ 15 ของเนื้อกุ้ง มีรสชาติที่เค็มเล็กน้อยและมีรสหวานของซังขนุน ส่วนทอดมันกุ้งที่ไม่เสริมซังขนุนและเสริมซังขนุนร้อยละ 5 ของเนื้อกุ้งพบว่ามีรสชาติที่เค็ม เมื่อเปรียบเทียบเนื้อสัมผัสพบว่าทอดมันกุ้งเสริมซังขนุนร้อยละ 15 ของเนื้อกุ้งมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มและแข็งเล็กน้อยเนื่องจากซังขนุนมีลักษณะนิ่มมีความชื้นสูงเมื่อเสริมในทอดมันกุ้งจึงส่งผลให้ทอดมันมีเนื้อสัมผัสนุ่มมากกว่าทอดมันกุ้งที่เสริมซังขนุนร้อยละ 10 และ 5 ของเนื้อกุ้ง และทอดมันกุ้งที่ไม่เสริมซังขนุนมีเนื้อสัมผัสที่แข็งเพิ่มขึ้นตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ลักษณะของทอดมันกุ้งเสริมซังขนุนในปริมาณที่ต่างกัน

ทอดมันกุ้งเสริมซังขนุน (ร้อยละ)	ลักษณะของทอดมันกุ้ง			
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส
0	สีน้ำตาลส้ม	กลิ่นหอมพริกแกงและพริกไทย	เค็มปานกลาง	เนื้อค่อนข้างแข็ง
5	สีน้ำตาลส้ม	กลิ่นหอมพริกแกงและพริกไทย	เค็มเล็กน้อย	เนื้อแข็งเล็กน้อย
10	สีน้ำตาลส้ม	กลิ่นหอมพริกแกงพริกไทยและมีกลิ่นขนุนเล็กน้อย	เค็มเล็กน้อยและมีรสหวานของขนุน	เนื้อนุ่มและแข็งเล็กน้อย
15	สีน้ำตาลส้ม	กลิ่นหอมพริกแกงพริกไทยและมีกลิ่นขนุนเล็กน้อย	เค็มเล็กน้อยและมีรสหวานของขนุน	เนื้อนุ่มและแข็งเล็กน้อย

ค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของทอดมันกุ้งทั้ง 4 สิ่งทดลอง พบว่าเมื่อเสริมซังขนุนร้อยละ 5, 10 และ 15 ของปริมาณเนื้อกุ้ง มีค่าความสว่างและค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้นตามปริมาณซังขนุนอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) เมื่อเทียบกับทอดมันกุ้งที่ไม่เสริมซังขนุน โดยเฉพาะทอดมันกุ้งที่เสริมซังขนุนร้อยละ 15 ของปริมาณเนื้อกุ้งมีค่าความสว่างและค่าสีเหลืองมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากในซังขนุนมีฟลาโวนอยด์[8] ซึ่งเป็นรงควัตถุที่พบในพืชมีสีเหลือง เมื่อผลิตภัณฑ์ทอดมันกุ้งที่เติมซังขนุนมากขึ้นทำให้ค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นไปในทางตรงข้ามกับค่าความเป็นสีแดง (a*) ที่ลดลง ($P\leq0.05$) (ตารางที่ 3)

ค่าความแข็งของทอดมันกุ้งเสริมซังขนุนทั้ง 4 สิ่งทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P\leq0.05$) โดยทอดมันกุ้งไม่เสริมซังขนุน ทอดมันกุ้งเสริมซังขนุนร้อยละ 5 และ10 ของปริมาณเนื้อกุ้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าความแข็งลดลงตามลำดับ (ตารางที่ 4) เนื่องจากซังขนุนมีปริมาณความชื้นมากถึงร้อยละ 66.6[9] จึงทำให้ทอดมันกุ้งมีค่าความแข็งลดลง ค่าแรงตัดของทอดมันกุ้งทั้ง 4 สิ่งทดลอง เมื่อเพิ่มปริมาณซังขนุนส่งผลให้ค่าแรงตัดลดลงตามลำดับ เนื่องจากขณะที่ใบมีดทำการตัดอาจตัดโดนเนื้อทอดมันหรือซังขนุนทำให้แรงที่ใช้ในการตัดแตกต่างกัน ส่วนแป้งให้ความแข็งเพิ่มขึ้นจึงทำให้ใช้แรงในการตัดมากขึ้นดังจะเห็นได้จากทอดมันกุ้งที่ไม่เสริมซังขนุนมีความแข็ง (12.59 นิวตัน) และต้องใช้แรงตัด (155.25 นิวตัน) มากกว่าทอดมันกุ้งเสริมซังขนุนร้อยละ 5 10 และ 15 ตามลำดับ อีกทั้งการเสริมซังขนุนส่งผลต่อความชื้นในทอดมันกุ้งเพิ่มขึ้นตามปริมาณซังขนุนที่มากขึ้นซึ่งปริมาณความชื้นในเนื้อกุ้งและแป้งที่ใช้ต้องกระจายกันสม่ำเสมอ[10] จึงทำให้ค่าแรงตัดมีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของทอดมันกุ้งเสริมซังขนุน

ทอดมันกุ้งเสริมซังขนุน (ร้อยละ)	ค่าสี		
	L*	a*	b*
0	11.93^{d}	8.03^{a}	14.23^{c}
5	12.56^{c}	7.56^{b}	14.40^{c}
10	12.83^{b}	6.70^{c}	15.23^{b}
15	13.20^{a}	6.63^{c}	16.20^{a}
C.V. (ร้อยละ)	0.86	1.69	1.13

หมายเหตุ ^{a,b,c,d} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของทอดมันกุ้งเสริมซังขนุน

ทอดมันกุ้งเสริมซังขนุน (ร้อยละ)	เนื้อสัมผัส	
	ค่าความแข็ง[1/](นิวตัน)	ค่าแรงตัด[1/](นิวตัน)
0	12.59[a]	155.25[a]
5	12.18[ab]	148.97[a]
10	11.36[ab]	144.72[ab]
15	11.23[b]	135.63[b]
C.V. (ร้อยละ)	5.36	3.88

หมายเหตุ [a,b] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ปริมาณความชื้นของทอดมันกุ้งที่ไม่เสริมซังขนุนและเสริมซังขนุนในปริมาณร้อยละ 5, 10 และ 15 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 5) ปริมาณเถ้าของทอดมันกุ้งที่ไม่เสริมซังขนุนและเสริมซังขนุนในปริมาณร้อยละ 5, 10 และ 15 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามลำดับ เพราะปริมาณเถ้าในซังขนุนคือส่วนของสารอนินทรีย์ที่หลงเหลือจากการเผาที่อุณหภูมิสูงจนกระทั่งสารอนินทรีย์ถูกเผาไหม้ไปและพบว่าแร่ธาตุในซังขนุน ได้แก่ เหล็ก 0.20 มิลลิกรัม แคลเซียม 21.00 มิลลิกรัม และฟอสฟอรัส 13.00 มิลลิกรัม จากซังขนุน 100 กรัม[(9)] ที่คาดว่าหลงเหลือจากการเผาเถ้าซึ่งมากขึ้นตามปริมาณใยอาหารที่วิเคราะห์ได้ในซังขนุนที่ปริมาณมากขึ้น

ตารางที่ 5 คุณภาพทางเคมีของทอดมันกุ้งเสริมซังขนุน

ทอดมันกุ้งเสริมซังขนุน (ร้อยละ)	องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ)	
	ความชื้น[ns]	เถ้า
0	49.67	2.29[b]
5	50.68	2.36[b]
10	51.33	2.50[ab]
15	52.11	2.66[a]
C.V. (ร้อยละ)	3.44	4.65

หมายเหตุ [a,b] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

[ns] ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากการวิเคราะห์ทางสถิติการยอมรับด้านประสาทสัมผัส โดยผู้ทดสอบชิม 30 คน พบว่าความชอบด้านสี ด้านกลิ่นและทางด้านรสชาติของทอดมันกุ้งเสริมซังขนุนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 6) ทอดมันกุ้งที่ไม่เสริมซังขนุนและเสริมซังขนุนในปริมาณร้อยละ 10 และ 15 ของปริมาณเนื้อกุ้งมีเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมมากกว่าทอดมันกุ้งเสริมซังขนุนร้อยละ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 6 ความชอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ที่ มีต่อผลิตภัณฑ์ทอดมันกุ้งเสริมซังขนุน

ทอดมันกุ้งเสริมซังขนุน (ร้อยละ)	ความชอบทางประสาทสัมผัส (คะแนน)				
	สี^{ns}	กลิ่น^{ns}	รสชาติ^{ns}	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
0	7.36	7.03	6.96	6.96^{a}	7.10^{ab}
5	7.06	7.00	6.86	6.20^{b}	6.93^{b}
10	7.36	6.96	7.03	6.80^{a}	7.33^{ab}
15	7.16	7.10	7.33	7.06^{a}	7.56^{a}
C.V. (ร้อยละ)	10.35	12.74	15.88	14.81	12.67

หมายเหตุ ^{a,b} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

สรุป

จากการทดลองพบว่าทอดมันกุ้งเสริมซังขนุนร้อยละ 15 ของปริมาณเนื้อกุ้ง ได้รับความชอบโดยรวมมากที่สุด โดยมีสีน้ำตาลส้ม ส่วนซังขนุนจะมีสีเหลืองนวลและมีกลิ่นของซังขนุนเล็กน้อย ลักษณะของเนื้อสัมผัสมีความนุ่มและแข็งเล็กน้อย มีค่าสี L* และปริมาณเถ้าสูงที่สุด ในขณะที่มีค่าความแข็งและค่าแรงตัดน้อย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

เอกสารอ้างอิง

1. Feili R, Zzaman W, Abdullah WNW, Yang TA. Physical and sensory analysis of high fiber bread incorporated with jackfruit rind flour. Food Science and Technology. 2013; 1(2):30–36.
2. เกตุชุลี ถึงจอหอ. การสกัดน้ำตาลนอนรีดิวซิ่งจากขนุนในระดับห้องปฏิบัติการ ระดับโรงงาน ทดลอง และการประเมินสมบัติการทนต่อการย่อยในระบบทางเดินอาหารจำลอง. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 2555.
3. นันทพร อัคนิจ, รุจิรา แข็งขัน และสุดธิดา หนูเจริญ. การเสริมใยอาหารจากซังขนุนในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นหมูอิมัลชัน. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, กรุงเทพฯ. 2557.
4. สุภิญยาฐ์ ชินชัย. การใช้ซังขนุนแห้งเพื่อเพิ่มใยอาหารในขนมทองม้วน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. 104 น. 2536.
5. สายฝน สีกานนท์. การศึกษาการผลิตแหนมผสมซังขนุนเพื่อเสริมพรีไบโอติก. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. กรุงเทพฯ. 52 น. 2556.
6. นิตยา น้อยนิล และเพชรรัตน์ อกกว้าง. การศึกษาการใช้หัวกุ้งทดแทนเนื้อกุ้งในผลิตภัณฑ์ทอดมันกุ้ง. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, วิทยาเขตปทุมธานี. 40 น. 2550.
7. AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, Md. 2000.
8. นิธิยา รัตนาปนนท์. หลักการแปรรูปอาหารเบื้องต้น. โอ.เอส.พริ้นติ้ง, กรุงเทพฯ 75 น. 2544.
9. นฤชิต แววศรีผ่อง. การปลูกขนุน. พิมพ์สวย, กรุงเทพฯ. 78น. 2529.
10. วิไล รังสาดทอง. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร, คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ. 500 น. 2546.

[AS-P06] การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้มะม่วงหาวมะนาวโห่ในคุกกี้ตัวหนอน

Development of Karonda Jam Stuffed Cookie Recipe

จุฑามาศ สิงห์น้อย กนกวรรณ ปุณณะตระกูล* ธนกฤต กิจธราเตชากุล และวันณิสา ป้องเศร้า
Juthamat Singnoy, Kanokwan Punaaterkoon*, Thanakit Kijtaratechakuland, and Wannisa Pongsao
หลักสูตรคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: kanokwan@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

ผลผลิตมะม่วงหาวมะนาวโห่มีตลอดทั้งปีและผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่เป็นน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ แยม น้ำพริกและไวน์ แต่อย่างไรก็ตาม การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้มะม่วงหาวมะนาวโห่ในคุกกี้ตัวหนอนเป็นอีกช่องทางหนึ่งในการเพิ่มมูลค่า จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาไส้มะม่วงหาวมะนาวโห่ในผลิตภัณฑ์คุกกี้ตัวหนอน โดยทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของสูตรพื้นฐานพบว่า สูตรที่ 3 (มะม่วงหาวมะนาวโห่ 675 กรัม น้ำตาลทราย 500 กรัม และแบะแซ 14 กรัม) มีคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยสูงสุดแตกต่างจากสูตร 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยสูตรที่ 3 ถูกนำไปพัฒนาด้านรสชาติของไส้จากการใช้ปริมาณน้ำตาลในอัตราส่วนร้อยละ 20, 15, 10, 5 และ 0 เป็นชุดควบคุม ผลการศึกษาพบว่า ชุดควบคุมให้ลักษณะที่ปรากฏ รสเปรี้ยว รสหวาน เนื้อสัมผัส สี ความเหนียว มีค่าสูงสุดเมื่อเทียบกับชุดอื่นๆ ซึ่งเป็นสูตรที่มีค่าความสว่าง (L), ความเป็นสีแดง (a*) และสีเหลือง (b*) เท่ากับ 36.24+4.24, 1.89+0.96 และ 8.5+0.84 ตามลำดับ ส่วนค่าความแข็งและค่าความเหนียวแน่น เท่ากับ 13.16 และ -14.46 นิวตัน ตามลำดับ แสดงว่าการใช้น้ำตาลในอัตราส่วนร้อยละ 0 ในสูตร 3 ของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้มะม่วงหาวมะนาวโห่ในคุกกี้ตัวหนอนเป็นสูตรที่ได้รับการยอมรับให้เป็นสูตรพื้นฐานเพื่อเป็นทางเลือกให้ผู้บริโภคต่อไป

คำสำคัญ: *คุกกี้, มะม่วงหาวมะนาวโห่, การประเมินทางประสาทสัมผัส*

Abstract

Karonda production is available throughout the year and mostly products of karonda are produced for juice, jam, chili sauce and wine. However, product development of karonda filled cookie recipes is another option to gain value added of karonda. Therefore, this study aimed at developing of karonda filled cookie recipes with basic sensory evaluation techniques. The result showed significantly high score of satisfaction in the third recipe (karonda 365 grams, sugar 500 grams and glucose syrup 500 grams) when compared with the first and the second recipe ($p \leq 0.05$). The third recipe was continued using to develop satisfied taste of filling by varying percentage of sugar at 20, 15, 10, 5 and 0 as control recipe. The results showed the control recipe received maximum scores of satisfaction including appearance, sourness, sweetness, texture, color and adhesiveness of taste product when compare with other recipes. This recipe had light (L), red (a*) and yellow (b*) of color were 36.24 ± 4.24, 1.89 ± 0.96 and 8.5 ± 0.84, respectively. For hardness and adhesiveness were 13.16 and -14.46 Newton, respectively. It is indicated that using sugar at 0 percent in the third recipe of development of Karonda filled cookie product is accepted for basic recipe to be option for consumers.

Keywords: *cookie, Karonda jam, sensory evaluation*

บทนำ

มะม่วงหาวมะนาวโห่ (Karonda) หรือ ต้นหนามแดง พันธุ์ไม้ชื่อแปลกนี้ในอดีตนิยมนำมาปลูกเป็นไม้ประดับไม่นิยมนำมารับประทาน แต่ในปัจจุบันมีการค้นพบสรรพคุณมากมายของมะม่วงหาวมะนาวโห่ เช่น สารแอนโทไซยานิน ที่มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของลิโปโปรตีนและการตกตระกอนของเกล็ดเลือด ซึ่งช่วยในการป้องกันการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ เช่น โรคเกี่ยวกับหลอดเลือดหัวใจ มะเร็ง เบาหวาน มีวิตามินซีเป็นส่วนประกอบหลัก ทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิเดชันและเกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างโปรตีนและคลอลาเจน ดังนั้น ถ้าร่างกายรับวิตามินไม่เพียงพอจะทำให้การสังเคราะห์โปรตีนผิดปกติที่มีผลต่อความแข็งแรงหลอดเลือกต่าง ๆ ในร่างกาย มะม่วงหาวมะนาวโห่เป็นสารแอนติออกซิแดนท์และเพคติน[1] ผลผลิตของมะม่วงหาวมะนาวโห่ทั้งขายสดและที่แปรรูปแล้วปัจจุบันได้รับความนิยมมาก

คุกกี้ คือ ขนมอบชนิดหนึ่งที่ทำมาจากแป้งสาลีหรือแป้งข้าวสาลีผสมกับแป้งชนิดอื่น น้ำตาล ไขมัน หรือ น้ำมันบริโภค นม ไข่ ผงฟู เบคกิ้งโซดา สารแต่งกลิ่น รส เกลือ อาจมีส่วนผสมอื่น เช่น โกโก้ เมล็ดธัญพืช สมุนไพร ผลไม้แห้ง กุ้งแห้ง ปลาหยอง ทำเป็นชิ้นโดยการ หยอด หั่น กด ปั้น หรือ วิธีอื่น ที่เหมาะสมแล้วนำไปอบจนสุก และขนมคุกกี้ที่มีการเอาผลไม้แปรรูปมาทำเป็นไส้ขนมยังมีอีกมากมาย เช่น ไส้สับปะรดกวน ไส้ถั่วกวน ไส้เผือกกวน และอีกมากมาย[2]

ด้วยคุณประโยชน์ที่กล่าวมาข้างต้นนี้ของมะม่วงหาวมะนาวโห่ ผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรและพัฒนาไส้มะม่วงหาวมะนาวโห่ในคุกกี้ตัวหนอน โดยเลือกมะม่วงหาวมะนาวโห่มาแปรรูปเป็นไส้ขนมทดแทนสับปะรดกวน และพัฒนารสชาติโดยการปรับสัดส่วนของน้ำตาลให้เป็นสูตรพื้นฐานที่มีการยอมรับทางประสาทสัมผัสและคุณภาพทางกายภาพที่เหมาะสม ซึ่งใช้เป็นทางเลือกให้แก่ผู้บริโภคในการเลือกรับประทาน และสามารถเพิ่มมูลค่าให้แก่มะม่วงหาวมะนาวโห่อีกด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

การหาสูตรพื้นฐานของมะม่วงหาวมะนาวโห่

การหาสูตรพื้นฐานมะม่วงหาวมะนาวโห่โดยคัดเลือกสูตรพื้นฐานจาก 3 สูตรนำมาทดลองเพื่อคัดเลือก 1 สูตร จากทั้งหมดประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9- Point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน ทำการทดสอบ 2 ซ้ำ ซึ่งพิจารณาคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ สี รสหวาน รสเปรี้ยว เนื้อสัมผัส (ความเหนียว) และความชอบโดยรวม สูตรที่ได้รับคะแนนการยอมรับมากที่สุดจะถูกเลือกให้เป็นสูตรพื้นฐานในการพัฒนาไส้มะม่วงหาวมะนาวโห่ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 น้ำหนักส่วนผสมของไส้มะม่วงหาวมะนาวโห่ทั้ง 3 สูตรพื้นฐาน

ส่วนผสม	น้ำหนักส่วนผสมของมะม่วงหาวมะนาวโห่ (กรัม)					
	สูตร 1	ร้อยละ	สูตร 2	ร้อยละ	สูตร 3	ร้อยละ
มะม่วงหาวมะนาวโห่	135	41.79	270	52.63	675	56.77
น้ำตาลทราย	185	57.27	185	36.06	500	42.05
เกลือ	3	0.92	2	0.39	-	-
น้ำ	-	-	56	10.91	-	-
แบะแซ	-	-	-	-	14	1.17

ที่มา: สูตร 1 ของ หนังสือลูกชุบ[3], สูตร 2 ของ หนังสือถนอมอาหาร : ผลไม้[4] และสูตร 3 ของ หนังสือขนมอบ[5]

2. การหาปริมาณน้ำตาลทรายที่เหมาะสมในการพัฒนาไส้มะม่วงหาวมะนาวโห่

การหาปริมาณน้ำตาลเพื่อพัฒนาด้านรสชาติของไส้มะม่วงหาวมะนาวโห่ โดยการคัดเลือกมะม่วงหาวมะนาวโห่จากสูตรพื้นฐานในข้อที่ 1 โดยใช้น้ำตาลทรายปรับให้ได้ความหวานที่เหมาะสมในการผลิตไส้มะม่วงหาวมะนาวโห่ในคุกกี้ตัวหนอน

แบ่งเป็น 5 ระดับคือ ปริมาณน้ำตาลในอัตราส่วนร้อยละ 20, 15, 10, 5 และ 0 เป็นชุดควบคุม (ตารางที่ 2) และทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9- Point hedonic scale โดยใช้กลุ่มตัวอย่างของผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน (n=30) ทำการทดสอบ 2 ซ้ำ (2 Replications) ซึ่งพิจารณาคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ด้านลักษณะปรากฏ สี รสหวาน รสเปรี้ยว เนื้อสัมผัส (ความเหนียว) และความชอบโดยรวม รวมทั้งตรวจวัดคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ วัดค่าสี และค่าเนื้อสัมผัส

ตารางที่ 2 ปริมาณน้ำตาลทรายทั้ง 5 ระดับในการผลิตไส้มะม่วงหาวมะนาวโห่

ส่วนผสม (กรัม)	ปริมาณน้ำตาลทราย (ร้อยละ)				
	ร้อยละ 0	ร้อยละ 5	ร้อยละ 10	ร้อยละ 15	ร้อยละ 20
น้ำตาลทราย	500	525	550	575	600

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสจากกลุ่มตัวอย่าง (n=30) ถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อคสมบูรณ์ (Randomized complete block design : RCBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการศึกษาสูตรพื้นฐานของไส้มะม่วงหาวมะนาวโห่

ผลการศึกษาสูตรพื้นฐานของไส้มะม่วงหาวมะนาวโห่ โดยการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของมะม่วงหาวมะนาวโห่ทั้ง 3 สูตรพบว่า สูตร 3 ประกอบด้วยน้ำหนักส่วนผสมของมะม่วงหาวมะนาวโห่ 675 กรัม น้ำตาลทราย 500 กรัม และแบะแซ 14 กรัม ทำให้ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี รสหวาน รสเปรี้ยว เนื้อสัมผัส (ความเหนียว) และความชอบโดยรวมแตกต่างจากสูตร 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งให้คะแนนเฉลี่ยปัจจัยคุณภาพทุกด้านเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ สูตร 2 และ 1 ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ซึ่งสูตร 3 ให้ความแตกต่างของตัวไส้เงาใสสวยงาม เนื่องจากเติมแบะแซ และรสชาติความหวานที่เหมาะสมกว่าสูตรอื่น (ตารางที่ 1) จึงได้รับการยอมรับให้สูตร 3 เป็นสูตรพื้นฐานในการพัฒนาด้านรสชาติของไส้มะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อไป

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของไส้มะม่วงหาวมะนาวโห่สูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร

ปัจจัยคุณภาพ	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ลักษณะปรากฏ	6.01 ± 1.25^{c}	7.00 ± 1.02^{b}	7.70 ± 0.86^{a}
ความเปรี้ยว	5.80 ± 1.71^{c}	6.61 ± 1.50^{b}	7.53 ± 1.03^{a}
ความหวาน	5.51 ± 1.25^{c}	6.51 ± 1.26^{b}	7.51 ± 1.14^{a}
เนื้อสัมผัส	5.53 ± 1.35^{c}	6.91 ± 1.19^{b}	7.56 ± 1.03^{a}
สี	5.86 ± 1.29^{c}	6.85 ± 1.03^{b}	7.61 ± 1.13^{a}
ความเหนียว	5.61 ± 1.24^{c}	6.80 ± 0.93^{b}	7.70 ± 0.94^{a}
ความชอบโดยรวม	5.91 ± 1.23^{c}	7.10 ± 0.87^{b}	7.90 ± 0.77^{a}

หมายเหตุ $^{a-c}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวเดียวกันที่มีตัวอักษรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 1 ไส้มะม่วงหาวมะนาวโห่สูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร

ผลการศึกษาปริมาณน้ำตาลทรายเพื่อพัฒนาด้านรสชาติของไส้มะม่วงหาวมะนาวโห่

การใช้ปริมาณน้ำตาลเพื่อพัฒนาด้านรสชาติของไส้มะม่วงหาวมะนาวโห่ในสูตร 3 ด้วยอัตราส่วนของปริมาณน้ำตาลร้อยละ 20, 15, 10, 5 และ 0 เป็นชุดควบคุม และทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของไส้มะม่วงหาวมะนาวโห่ที่ผ่านการปรับปริมาณน้ำตาลแล้วทั้ง 5 ระดับ พบว่า ปริมาณของน้ำตาลทรายร้อยละ 0 และร้อยละ 5 ให้ปัจจัยคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ สี รสหวาน รสเปรี้ยว เนื้อสัมผัส (ความเหนียว) และความชอบโดยรวม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ในขณะที่ความชอบโดยรวมของปริมาณน้ำตาลทรายร้อยละ 0 หรือชุดควบคุมให้ค่าเฉลี่ยในการทดสอบประสาทสัมผัสสูงสุด (ตารางที่ 4) หากพิจารณาปัจจัยคุณภาพที่สำคัญด้านสี รสเปรี้ยวและเนื้อสัมผัส ในชุดควบคุมให้ค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 7.30, 7.52 และ 7.46 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ไส้มะม่วงหาวมะนาวโห่เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำตาลมากขึ้นส่งผลให้เนื้อสัมผัสของตัวไส้มีความแข็งตัวมากเพราะน้ำตาลมีผลทำให้เนื้อสัมผัสจับตัวเป็นก้อนและเมื่อน้ำตาลโดนความร้อนจึงทำให้ไส้ขนมมีสีคล้ำ (ภาพที่ 2) เนื่องจากมีการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล ดังนั้น สูตร 3 ปริมาณน้ำตาลทรายร้อยละ 0 หรือที่ไม่ปรับปริมาณน้ำตาลมีความเหมาะสมเป็นสูตรพื้นฐานและได้รับการยอมรับจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไส้มะม่วงหาวมะนาวโห่ที่มีการปรับปริมาณน้ำตาล 5 ระดับ

ปัจจัยคุณภาพ	ปริมาณน้ำตาลทรายที่แตกต่างกัน 5 ระดับ (ร้อยละ)				
	ร้อยละ 0	ร้อยละ 5	ร้อยละ 10	ร้อยละ 15	ร้อยละ 20
ลักษณะปรากฏ	7.44 ± 1.09^{a}	7.47 ± 0.98^{a}	7.24 ± 1.11^{ab}	7.21 ± 1.05^{ab}	7.02 ± 1.51^{b}
ความเปรี้ยว	7.30 ± 1.15^{a}	7.14 ± 1.11^{ab}	7.20 ± 1.21^{ab}	7.06 ± 1.13^{ab}	6.91 ± 1.31^{b}
ความหวาน^{ns}	7.24 ± 1.15	6.96 ± 1.04	7.76 ± 5.48	7.08 ± 1.26	7.12 ± 1.28
เนื้อสัมผัส	7.52 ± 1.12^{a}	7.01 ± 1.16^{ac}	7.12 ± 1.22^{b}	6.63 ± 1.36^{c}	6.66 ± 1.59^{c}
สี	7.46 ± 0.96^{a}	7.18 ± 1.16^{ab}	6.96 ± 1.24^{b}	6.92 ± 1.23^{b}	6.87 ± 1.32^{b}
ความเหนียว	7.01 ± 1.44^{ab}	7.00 ± 1.19^{ab}	7.14 ± 1.32^{a}	6.53 ± 1.37^{c}	6.66 ± 1.46^{bc}
ความชอบโดยรวม	7.44 ± 1.06^{a}	7.18 ± 1.01^{a}	7.38 ± 1.20^{a}	7.07 ± 1.13^{a}	6.66 ± 1.48^{b}

หมายเหตุ $^{a-c}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลอยู่ในแนวนอนที่มีตัวอักษรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



ร้อยละ 0 ร้อยละ 5 ร้อยละ 10 ร้อยละ 15 ร้อยละ 20

ภาพที่ 2 ไส้มะม่วงหาวมะนาวโห่ที่ปรับปริมาณน้ำตาลทราย 5 ระดับ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของไส้มะม่วงหาวมะนาวโห่

คุณภาพทางกายภาพของไส้มะม่วงหาวมะนาวโห่ที่มีการปรับปริมาณน้ำตาล 5 ระดับในสูตร 3 ผลการวิเคราะห์พบว่า ปริมาณน้ำตาลร้อยละ 0 ให้ค่าความสว่าง (L) 36.24 ค่าความเป็นสีแดง (a*) 1.89 ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) 8.50±0.84 ค่าความแข็ง (hardness) 13.16±0.14 นิวตัน และความเหนียวแน่น (adhesiveness) -14.46±0.44 นิวตัน

สรุป

ผลการศึกษาปริมาณน้ำตาลเพื่อพัฒนาด้านรสชาติของไส้มะม่วงหาวมะนาวโห่นำสูตรไส้มะม่วงหาวมะนาวโห่ที่ผ่านการยอมรับจากกลุ่มตัวอย่างผู้ทดสอบ สูตร 3 ซึ่งมีน้ำหนักส่วนผสมของมะม่วงหาวมะนาวโห่ 675 กรัม น้ำตาลทราย 500 กรัม และแบะแซ 14 กรัม ให้ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสเฉลี่ยสูงสุด ซึ่งความแตกต่างของตัวไส้มีลักษณะเงาใสสวยงาม เนื่องจากเติมแบะแซ และให้ความหวานที่เหมาะสมกว่าสูตรอื่น เมื่อเปรียบเทียบในการปรับรสชาติด้วยปริมาณน้ำตาล 5 ระดับ โดยการปรับรสชาติของไส้มะม่วงหาวมะนาวโห่ที่อัตราส่วนร้อยละ 0 ได้รับคะแนนยอมรับเฉลี่ยมากที่สุด และยังคงลักษณะที่ดีของมะม่วงหาวมะนาวโห่กวนคือ มีความคงตัวที่ดี รสชาติของไส้มะม่วงหาวมะนาวโห่ที่พอเหมาะ เนื่องจากนำไส้มะม่วงหาวมะนาวโห่มาใส่ในตัวคุกกี้ตัวหนอน ทำให้มีรสชาติเปรี้ยวหวานกำลังดี เนื้อสัมผัสไม่เหนียวเกินไป และมีสีสันสวยงาม และผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพด้านค่าความสว่าง ความเป็นสีแดง และสีเหลือง เท่ากับ 36.24, 1.89 และ 8.50 ตามลำดับ ส่วนค่าความแข็งและความเหนียวแน่น เท่ากับ 13.16 และ -14.46 นิวตัน ตามลำดับ เมื่อเพิ่มน้ำตาลทั้ง 4 ระดับแล้ว ส่งผลให้สีของตัวไส้มีความคล้ำและแข็งขึ้น สูตร 3 จึงจัดเป็นสูตรพื้นฐานและผ่านการพัฒนารสชาติโดยไม่ปรับน้ำตาล (ร้อยละ 0) จึงได้รับการยอมรับจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ซึ่งใช้เป็นทางเลือกให้แก่ผู้บริโภคในการเลือกรับประทาน และสามารถเพิ่มมูลค่าให้แก่มะม่วงหาวมะนาวโห่อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

1. ฐานข้อมูลพันธุ์ไม้องค์กรสวนพฤกษศาสตร์. มะม่วงหาวมะนาวโห่. [อินเตอร์เน็ต]. 2556[เข้าถึงเมื่อ 15 มิ.ย. 2561]. เข้าถึงได้จาก http://www.dreamshopthai.com/Manaohoo_PAGE.html
2. เศรษฐพงศ์ อัปมะเย. 2552. สารพัดคุกกี้. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์วาดศิลป์.
3. เยาวภา ขวัญดุษฎี. 2555. ลุกชุบ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: บริษัท สำนักพิมพ์แสงแดด จำกัด.
4. จรูญศรี พลเวียง. ถนอมอาหาร: ผลไม้. กรุงเทพฯ: บริษัท สำนักพิมพ์แม่บ้าน จำกัด.
5. นวรัตน์ เอี่ยมพิทักษ์กิจ. ขนมอบ. กรุงเทพฯ: บริษัท แม่บ้าน จำกัด.

[AS-P07] ศึกษาการใช้ใบบัวบกทดแทนใบเตยในขนมซาหริ่ม

Substitution of Pandan Juice with Asiatic Pennywort Juice in Sarim Dessert

พัชรลักษณ์ วัฒนไชย,* วัลลภา สอนภักดี, ทัดดาว จุติชัย และ นภิศญา โตนวล
Patcharalak Watanachai,* Wanlapa Sonpakdee, Taddaw Jutichai and Naphisaya Tonual
หลักสูตรคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลอลงกรณ์ฯ
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: patcharalak@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนของน้ำใบบัวบกต่อน้ำคั้นใบเตยในการทำขนมซาหริ่ม โดยใช้สูตรตั้งต้นจากเอกสารประกอบการสอนรายวิชาขนมไทย ทำการศึกษาอัตราส่วนของน้ำใบบัวบกต่อน้ำคั้นใบเตย 5 ระดับ คือ 30:70, 40:60, 50:50, 60:40 และ 70:30 นำไปทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9 point Hedonic scales พบว่า สูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด คือ สูตรที่ใช้น้ำใบบัวบกต่อน้ำคั้นใบเตย ร้อยละ 50:50 เนื่องจากมีค่าคะแนนความชอบมากที่สุดในทุกด้าน คือ ด้านลักษณะปรากฏ, สี, กลิ่น, รสหวาน, ความคงตัวของเส้น,เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยเส้นมีซาหริ่มมีลักษณะ เส้นกลมเล็ก และยาวสวยไม่ขาดง่าย เหมือนสูตรอื่น ๆ และเส้นจะมีสีเขียวเข้ม พบว่าถ้ายิ่งใส่ใบบัวบกมากจะทำให้เส้นมีขนาดใหญ่ เละ ขาดง่าย ส่วนสีของเส้นถ้ายิ่งใส่น้ำใบบัวบกมากจะทำให้สีเส้นมีสีเขียวขี้ม้ามากขึ้น กลิ่นของขนมซาหริ่ม มีกลิ่นของทั้งใบบัวบกและใบเตย ซึ่งถ้าสูตรที่ใส่น้ำใบบัวบกมากทำให้มีกลิ่นเหม็นเขียว และด้านเนื้อสัมผัสของสูตรน้ำใบบัวบกต่อน้ำคั้นใบเตยอัตราส่วนเท่ากัน คือ 1 ต่อ 1 เส้นจะมีความยืดหยุ่น มีความคงตัวของเส้นที่ดีกว่าสูตรอื่น ถ้ายิ่งใส่น้ำบัวบกมากจะทำให้เส้นเละ ความยืดหยุ่นน้อยลง และเมื่อนำไปวัดค่าสี มีค่าความสว่าง (L) 33.26±0.24 ค่าความเป็นสีเขียว ($-a^*$) -8.52±0.23 และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) 15.08±0.34 และเมื่อนำมาวัดค่าเนื้อสัมผัส พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณ น้ำใบบัวบกมากขึ้นจะทำให้ค่าความแข็ง (Hardness) ยิ่งลดลง ค่าความยืดหยุ่น พบว่าเพิ่มปริมาณน้ำใบบัวบกมากทำให้ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ยิ่งลดลง ส่วนค่าเกาะติด (Cohesiveness) ไม่มีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95

คำสำคัญ: *ใบบัวบก, ขนมซาหริ่ม, ขนมไทย*

Abstract

The purpose of this research is to obtain the optimal ratio of Asiatic Pennywort juice to Pandan juice in order to make Sarim dessert using recipe from Thai desserts handout. Five ratios of Asiatic Pennywort juice and Pandan juice were accessed ratios as followed; 30:70, 40:60, 50:50, 60:40 and 70:30. Utilizing the equal amount of Asiatic and Pandan showed the highest score in sensory results of appearance, color, smell, sweetness, firmness, texture, and overall liking with regards to 9-point hedonic scale. Generally, Sarim dessert is made of long, round and slim, tender and springiness vermicelli. With higher ratio of Asiatic Pennywort juice; vermicelli is increased in size, split easily, appeared in darker shade of olive, and strong smell of rancid. With 50:50 ratio; vermicelli showed better texture in springiness and firmness. The higher ratio of Asiatic Pennywort juice resulted in less springiness and firmness vermicelli. Color measurement showed lightness value (L) 33.26±0.24, greenness value ($-a^*$) -8.52±0.23 and yellowness value (b^*) 15.08±0.34. Texture analysis of Sarim vermicelli showed that higher ratio of Asiatic Pennywort juice resulted as followed; increased in hardness, decreased in springiness, and insignificantly difference in cohesiveness at 95% confidence interval.

Keywords: *Asiatic pennywort, Sarim Dessert, Thai Dessert*

บทนำ

ขนมไทยเป็นขนมที่สะท้อนวัฒนธรรมไทยและความเป็นอยู่ที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว และมีวิธีการทำที่พิถีพิถัน ประณีต มีเทคนิคมากมายที่ควรรู้ เพื่อให้ขนมไทยที่ทำออกมามีลักษณะที่ดี มีรสชาติหอมหวาน น่ารับประทาน ซาหริ่มเป็นขนมไทยที่นิยมรับประทานอยู่มากไม่ว่าจะเป็นภูมิภาคไหน หรือในวันที่มีสภาพอากาศร้อน ก็สามารถรับประทานได้ ซึ่งขนมซาหริ่มประกอบด้วย แป้งถั่วเขียว น้ำตาล กะทิ และใบเตย โดยซาหริ่มที่ดีมักมีลักษณะ เป็นเส้นกลม ยาวสวย สีอ่อน น้ำกะทิมีรสหวานมันกำลังดี ไม่แตกมัน[2] แต่ในปัจจุบันนั้นรูปแบบของขนมซาหริ่มแทบไม่มีการเปลี่ยนแปลง เรามักจะพบซาหริ่มที่มีสีเขียว ชมพู และขาว โดยส่วนใหญ่เป็นซาหริ่มที่เติมแค่สีผสมอาหารแต่งกลิ่นด้วยกลิ่นสังเคราะห์ ทำให้เป็นการลดทอนคุณค่าของตัวขนมเองลง ผู้วิจัยจึงคิดนำเอาใบบัวบกซึ่งเป็นผักพื้นบ้านที่มีคุณประโยชน์สูง เช่น ในน้ำคั้นจากใบบัวบกจะช่วยแก้ร้อนใน กระหายน้ำ[1] มีฤทธิ์แก้ช้ำในเร่งให้แผลหาย และยังมีคุณคาทางโภชนาการใบบัวบกในสัดส่วน 100 กรัม ให้พลังงาน 44.00 แคลอรี่, โปรตีน 1.80 กรัม, ไขมัน 0.90 กรัม, คารโบไฮเดรต 7.10 กรัม, เหล็ก 3.90 มิลลิกรัม, วิตามิน เอ 10,962.00 I.U., วิตามินบี1 0.24 มิลลิกรัม, วิตามินบี2 0.09มิลลิกรัม[4] แต่ทั้งนี้ยังมีการนำใบบัวบกมาใช้ทำอาหารหรือทำเป็นขนมอยู่น้อย แต่เมื่อนำมาแปรรูปเป็นน้ำใบบัวบกนั้นผู้บริโภคไม่ค่อยนิยม เนื่องจากมีกลิ่นเหม็นเขียวและมีรสชาติขม หากนำน้ำใบบัวบกมาทดแทนน้ำใบเตยบางส่วนในขนมซาหริ่มน่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจ ทำให้เป็นขนมที่มีประโยชน์มากขึ้นจากสรรพคุณทางยาของใบบัวบกและใบเตยเสริมเข้าด้วยกัน ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในพัฒนาผลิตภัณฑ์ เพื่อให้นำน้ำใบบัวบกที่คนทั่วไปไม่ชอบรับประทานมาทำเป็นขนมไทยที่รับประทานได้ง่ายขึ้น เพิ่มความหลากหลายให้แก่ขนมไทย รวมถึงเป็นทางเลือกใหม่สำหรับผู้บริโภค

วิธีดำเนินการวิจัย

เตรียมวัตถุดิบและสูตรขนมซาหริ่ม

มีการเตรียมน้ำใบเตย โดยคัดเลือกใบเตยจากแหล่งผลิตในจังหวัดปทุมทานี ที่มีลักษณะใบยาวเรียวคล้ายใบหอ ปลายใบแหลม มีสีเขียวเข้ม ใบมีกลิ่นหอม และนำมาคั้นเป็นน้ำคั้นใบเตย เตรียมจากปริมาณน้ำ 480 กรัม: ใบเตย 100 กรัม นำมาปั่นและกรองด้วยผ้าขาวบาง นำไปวัดค่าสีในระบบ Hunter (L, a*, b*) โดยเครื่อง Handy Colorimeter (CR 10) เพื่อควบคุมคุณภาพวัตถุดิบเพื่อให้ผลิตภัณฑ์สม่ำเสมอกันในทุกครั้งที่ผลิต

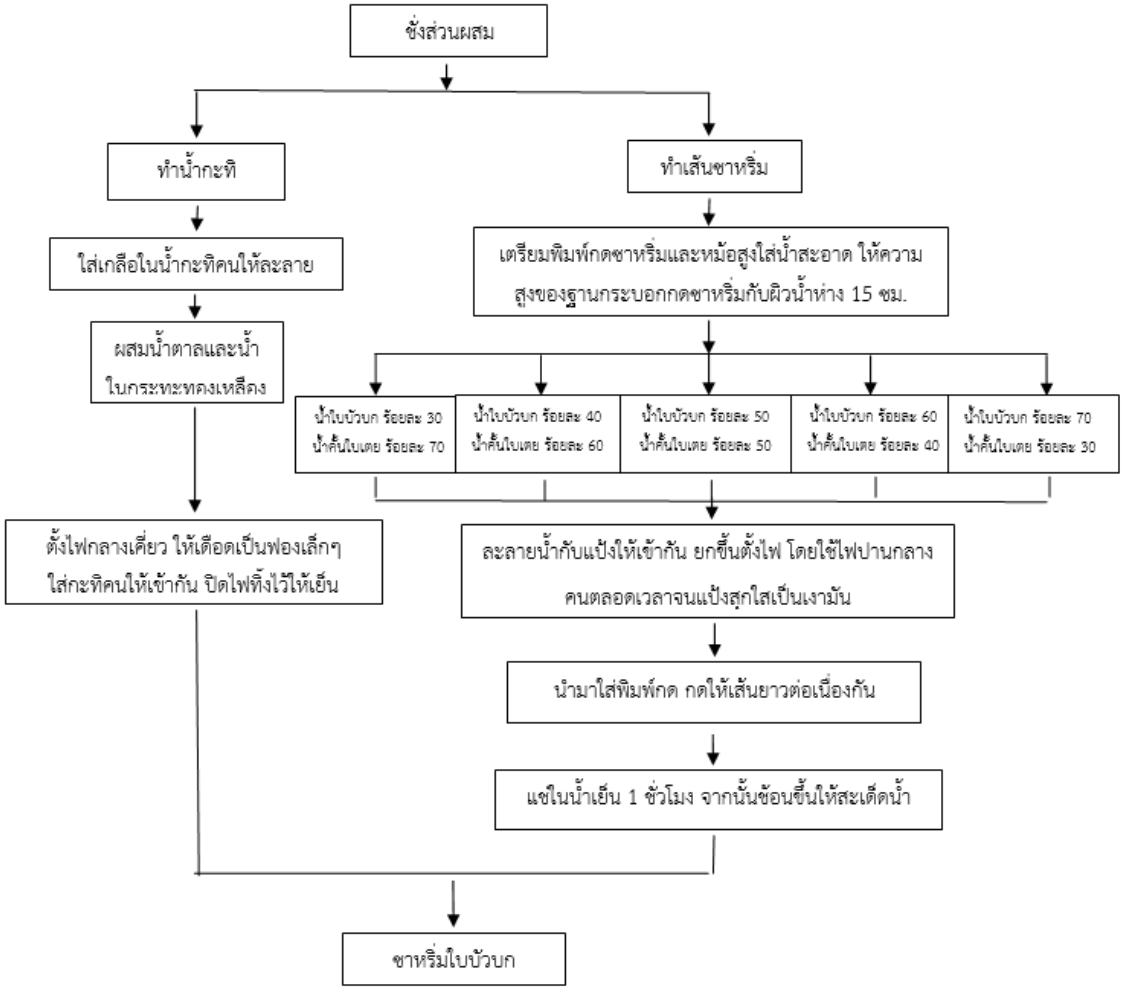
มีการเตรียมน้ำใบบัวบก โดยคัดเลือกใบบัวบกพันธุ์ไทย จากแหล่งผลิตในจังหวัดปทุมทานี ที่มีลักษณะใบเป็นรูปไต ขอบหยักแหลม โคนใบเว้าเข้าหาลำต้น สีเขียวเข้ม ใบใหญ่ ขนาดประมาณ 4-5 เซนติเมตร และนำมาคั้นเป็นน้ำใบบัวบก เตรียมจากปริมาณน้ำ 480 กรัม: ใบบัวบก 100 กรัม นำมาปั่นและกรองด้วยผ้าขาวบางนำไปวัดค่าสีในระบบ Hunter (L, a*, b*) โดยเครื่อง Handy Colorimeter (CR 10) เพื่อควบคุมคุณภาพวัตถุดิบเพื่อให้ผลิตภัณฑ์สม่ำเสมอกันในทุกครั้งที่ผลิต

สูตรพื้นฐานซาหริ่มประกอบด้วย ตัวซาหริ่ม ทำจากแป้งถั่วเขียวร้อยละ 12.72 และน้ำใบเตย ร้อยละ 87.28 ส่วนน้ำกะทิประกอบด้วย กะทิ น้ำตาลทราย น้ำ และเกลือ ร้อยละ 42.26, 33.81, 23.66 และ 0.27 ตามลำดับ[3] และมีวิธีทำดังภาพที่ 1 ซึ่งดัดแปลงวิธีทำบางส่วนจากอรอนงค์ นัยวิกุล และคณะ[5]

ศึกษาอัตราส่วนของน้ำใบบัวบกต่อน้ำใบเตยในการทำขนมซาหริ่ม

ศึกษาอัตราส่วนของน้ำใบบัวบกต่อน้ำใบเตยในการทำขนมซาหริ่ม 5 ระดับ น้ำใบบัวบก:น้ำคั้นใบเตย 30:70, 40:60, 50:50, 60:40 และ70:30 ดังตารางที่ 1 และการเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบชิม โดยใช้ปริมาณเส้นซาหริ่ม 10 กรัม และปริมาณน้ำกะทิ 13 กรัม แช่เย็นและนำเสริ์ฟที่อุณหภูมิ 11-12 องศาเซลเซียส วางแผนการทดลองแบบ RCBD และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ (9 Point hedonic scale) 1–9 คะแนน จาก 1 (ไม่ชอบมากที่สุด) ถึง 9 (ชอบมากที่สุด) ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ทำการทดสอบซ้ำ 2 ครั้ง โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยด้วย One-way ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan 's new multiple Rang Test ที่ระดับความเชื่อมั่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติร้อยละ 95 พิจารณาจากลักษณะปรากฏ, สี, กลิ่น, รสหวาน, ความคงตัว, เนื้อสัมผัส, และความชอบโดยรวม และนำมาวัดค่าสี

ในระบบ Hunter (L, a*, b*) โดยเครื่อง Handy Colorimeter (CR 10) และค่าเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TAXT plus โดยใช้หัว Cylinder Probe: aluminum P/100 และ ความเร็ว 1 mm./s ในการกด



ภาพที่ 1 วิธีการทำซาหริ่ม

ตารางที่ 1 อัตราส่วนของน้ำใบบัวบกต่อน้ำคั้นใบเตยในการทำขนมซาหริ่ม 5 ระดับ

ส่วนผสม	น้ำใบบัวบก : น้ำใบเตย				
(กรัม)	30 : 70	40 : 60	50 : 50	60 : 40	70 : 30
น้ำใบบัวบก	144	192	240	288	336
น้ำใบเตย	336	288	240	192	144

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

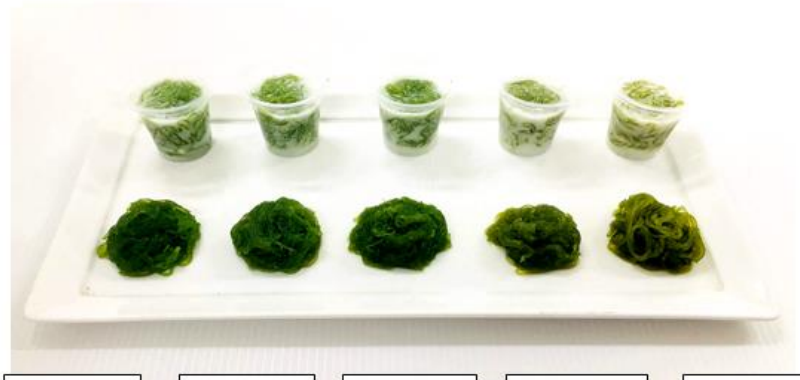
ผลจากการเตรียมวัตถุดิบ

ค่าสีของน้ำใบบัวบกมีค่าด้านค่าความสว่าง (L) มีค่าเท่ากับ 35.50±0.9 ด้านค่าความเป็น สีเขียว (a^*) มีค่าเท่ากับ -2.20±0.63 ด้านค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) มีค่าเท่ากับ 8.20±0.42 และน้ำคั้นใบเตย มีค่าความสว่าง (L) มีค่าเท่ากับ 36.80±0.19 ด้านค่าความเป็นสีเขียว (a^*) มีค่าเท่ากับ -3.10±0.63 ด้านค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) มีค่าเท่ากับ 8.80±0.42

ศึกษาอัตราส่วนของน้ำใบบัวบกต่อน้ำใบเตยในการทำขนมซาหริ่ม

จากการทดลองในครั้งแรก เมื่อนำสูตรพื้นฐานที่ใช้น้ำใบเตยร้อยละ 100, สูตรน้ำใบบัวบกต่อน้ำใบเตยร้อยละ 50:50 และสูตรน้ำใบบัวบกร้อยละ 100 มาทดลองทำเส้นซาหริ่มเปรียบเทียบกัน พบว่า สูตรน้ำใบบัวบกร้อยละ 100 มีลักษณะเส้นบวมน้ำ เส้นใหญ่ ขาดง่าย ส่วนสูตรที่ใช้ใบบัวบกต่อน้ำใบเตยที่ร้อยละ 50:50 ให้ลักษณะที่ใกล้เคียงกับสูตรพื้นฐาน จึงเลือกสูตรนี้เป็นสูตรกึ่งกลาง และทำการศึกษาอัตราส่วนน้ำใบบัวบกที่เพิ่มขึ้นและลดลงจากร้อยละ 50 อีกอย่างละ 2 สูตร คือ สูตรที่ใช้น้ำใบบัวบก: น้ำใบเตย ในอัตราส่วน 30:70, 40:60, 50:50, 60:40 และ 70:30

ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมซาหริ่มที่ใช้อัตราส่วนน้ำใบบัวบกต่อน้ำใบเตยที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 2 พบว่าสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด คือ สูตรน้ำใบบัวบกต่อน้ำใบเตยร้อยละ 50:50 เนื่อง จากมีค่าคะแนนความชอบมากที่สุดในทุกด้าน คือ ด้านลักษณะปรากฏ, สี, กลิ่น, รสหวาน, ความคงตัวของเส้น, เนื้อสัมผัส, ความชอบโดยรวม โดยมีลักษณะของเส้น เส้นกลมเล็ก และยาวสวยไม่ขาดง่าย เหมือนสูตรอื่น ๆ พบว่าถ้ายิ่งใส่ใบบัวบกมากขึ้นจะทำให้เส้นซาหริ่มใหญ่เละ ขาดง่าย ซึ่งสัมพันธ์กับการวัดค่าเนื้อสัมผัสด้านความแข็งและค่าความยืดหยุ่น ส่วนสีของเส้นจะมีสีเขียวเข้ม และถ้ายิ่งใส่น้ำใบบัวบกมากจะทำให้สีเส้นมีสีเขียวขี้ม้ามากขึ้น กลิ่นของขนมซาหริ่ม สำหรับสูตรน้ำใบบัวบกต่อน้ำคั้นใบเตย 50:50 จะทำให้มีกลิ่นของทั้งใบบัวบกและใบเตย ซึ่งถ้าสูตรที่ใส่น้ำใบบัวบกเยอะจะทำให้มีกลิ่นเหม็นเขียว และด้านเนื้อสัมผัสของสูตรน้ำใบบัวบกต่อน้ำคั้นใบเตยร้อยละ 50:50 เส้นจะมีความยืดหยุ่น มีความคงตัวของเส้นที่ดี กว่าสูตรอื่น ถ้ายิ่งใส่น้ำบัวบกมากจะทำให้เส้นเละ ความยืดหยุ่นน้อยลง และจะได้กลิ่นฉุนของใบบัวบก เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่มีลักษณะใกล้เคียง เช่น การพัฒนาขนมเปียกปูนจากน้ำใบยานางพบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำขนมเปียกปูน คือ น้ำใบย่านางต่อใบเตย 25:75 เนื่องใบย่านางและใบเตยมีฤทธิ์เป็นยาเย็น มีลักษณะเปรี้ยว ขม หรือจืด ซึ่งเติมในอัตราส่วนที่เหมาะสมจะทำให้ได้ขนมที่รสชาติดี[6] ซึ่งใบบัวบกก็มีลักษณะเป็นยาเย็น และมีกลิ่นรสเฉพาะตัวรูปแบบคล้ายกับใบย่านาง แต่สำหรับขนมซ่าหริ่มที่นั้นเป็นขนมที่รับประทานร่วมกับน้ำกะทิปรุงรส ซึ่งความหอมหวานของน้ำกะทิอาจทำให้การทำขนมซ่าหริ่มสามารถใช้อัตราส่วนของน้ำใบบัวบกทดแทนได้มากกว่า เมื่อนำเส้นซ่าหริ่มไปวัดค่าเนื้อสัมผัส ดังตารางที่ 3 พบว่าการเพิ่มปริมาณน้ำใบบัวบกทำให้ค่าความสว่าง (L) และค่าความเป็นสีเขียว ($-a^*$) มีค่าลดลง ส่วนค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น โดยสูตรน้ำใบบัวบกร้อยละ 50 ต่อ น้ำใบเตยร้อยละ 50 โดยมีค่าความสว่าง (L) 33.26±0.24 ค่าความเป็นสีเขียว ($-a^*$) -8.52±0.23 และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) 15.08±0.34 ส่วนค่าเนื้อสัมผัส พบว่าปริมาณน้ำใบบัวบกที่เพิ่มมากขึ้นทำให้ค่าความแข็ง (Hardness) ยิ่งลดลง ค่าความยืดหยุ่น พบว่าปริมาณน้ำใบบัวบกที่เพิ่มมากทำให้ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ยิ่งลดลง ส่วนค่าเกาะติด (Cohesiveness) ไม่มีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95



สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5
สูตรน้ำใบบัวบกต่อน้ำใบเตย 30:70 มีลักษณะเส้นยาว ขนาดเล็ก มีความคงตัว มีสีเขียวเข้ม มีกลิ่นใบเตยฉุนและกลิ่นใบบัวบกอ่อนๆ ใช้เวลากวน 6 นาที	สูตรน้ำใบบัวบกต่อน้ำใบเตย 40:60 เส้นมีลักษณะเส้นยาว ขนาดเล็ก มีความคงตัว มีสีเขียวเข้ม มีกลิ่นใบเตยมากกว่ากลิ่นใบบัวบก ใช้เวลากวน 7 นาที	สูตรน้ำใบบัวบกต่อน้ำใบเตย 50:50 เส้นมีลักษณะเส้นยาว ขนาดเล็ก มีความคงตัว สีเขียวเข้ม มีกลิ่นใบบัวบกและใบเตย ใช้เวลากวน 7 นาที	สูตรน้ำใบบัวบกต่อน้ำใบเตย 60:40 เส้นมีลักษณะเส้นยาว เส้นมีขนาดใหญ่กว่า 3 สูตรแรก มีความคงตัว ตัวเส้นสีเขียวขี้ม้า มีกลิ่นใบบัวบกไม่ค่อยมีกลิ่นใบเตย ใช้เวลากวน 8 นาที	สูตรน้ำใบบัวบกต่อน้ำใบเตย 70:30 เส้นมีลักษณะ เส้นใหญ่ ขาดง่าย เส้นไม่สม่ำเสมอ มีสีเขียวเข้มอมเหลือง กลิ่นใบบัวบกฉุนแรง ใช้เวลากวน 8 นาที

ภาพที่ 2 ลักษณะของขนมซาหริ่มที่ใช้อัตราส่วนน้ำใบบัวบกต่อน้ำใบเตยที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมซาหริ่มที่ใช้อัตราส่วนน้ำใบบัวบกต่อน้ำใบเตยที่แตกต่างกัน

ปัจจัยคุณภาพ	น้ำใบบัวบก : น้ำใบเตย				
	30 : 70	40 : 60	50 : 50	60 : 40	70 : 30
ลักษณะปรากฏ	6.89±0.57^{c}	7.63±0.68^{b}	8.47±5.13^{a}	6.42±1.22^{d}	6.00±1.11^{d}
สี	7.00±0.75^{bc}	7.37±1.12^{b}	8.05±0.71^{a}	6.53±1.07^{cd}	6.05±1.18^{d}
กลิ่นใบบัวบก	6.89±0.74^{b}	7.10±1.05^{b}	8.26±0.73^{a}	6.26±0.81^{c}	5.84±1.01^{c}
รสหวาน	6.89±0.86^{bc}	7.26±0.93^{b}	8.21±0.71^{a}	6.58±0.96^{cd}	6.31±1.06^{cd}
ความคงตัวของเส้นซาหริ่ม (ไม่เละ)	6.84±0.76^{b}	7.21±0.85^{b}	8.21±0.71^{a}	6.00±1.00^{c}	6.16±1.17^{c}
เนื้อสัมผัส	6.89±0.81^{b}	7.26±0.73^{b}	8.32±0.48^{a}	6.11±1.05^{c}	6.00±1.37^{c}
ความชอบโดยรวม	6.95±0.78^{c}	7.68±0.67^{b}	8.68±0.48^{a}	6.00±1.00^{d}	5.74±0.99^{d}

$^{a-d}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่าทางกายภาพและเคมีของขนมซาหริ่มที่ใช้อัตราส่วนน้ำใบบัวบกต่อน้ำใบเตยที่แตกต่างกัน

คุณภาพทางกายภาพและเคมี	น้ำใบบัวบก : น้ำใบเตย				
	30 : 70	40 : 60	50 : 50	60 : 40	70 : 30
ค่าสี					
L	33.14±0.43^{a}	33.22±0.23^{a}	33.26±0.24^{a}	31.88±0.61^{b}	31.94±0.60^{b}
a*	-9.08±0.33^{c}	-9.08±0.33^{c}	-8.52±0.23^{b}	-7.60±0.17^{a}	-7.42±0.04^{a}
b*	13.84±0.49^{b}	14.06±0.22^{b}	15.08±0.34^{a}	15.34±0.93^{a}	15.44±0.30^{a}
เนื้อสัมผัส					
Hardness(N)	11.46±1.04^{a}	9.93±1.35^{b}	9.27±1.18^{bc}	8.83±0.60^{c}	7.13±0.54^{d}
Springiness(mm)	0.41±0.0005^{a}	0.39±0.0010^{b}	0.36±0.0028^{c}	0.33±0.0089^{d}	0.31±0.0040^{e}
Cohesiveness(N)^{ns}	0.31±0.02	0.32±0.01	0.30±0.02	0.33±0.02	0.33±0.02

$^{a-e}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95

สรุป

การทดแทนน้ำใบเตยด้วยน้ำใบบัวบกมีผลต่อเนื้อสัมผัสของเส้นซาหริ่ม ถ้าทดแทนในปริมาณที่มากกว่าร้อยละ 50 จะทำให้เส้นมีลักษณะบวมน้ำ เส้นใหญ่ เละ ขาดง่าย นอกจากนั้นใบบัวบกเป็นพืชที่มีกลิ่นเฉพาะตัว ถ้าแทนที่ในปริมาณมากมากกว่าร้อยละ 50 จะทำให้มีซาหริ่มมีกลิ่นเหม็นเขียวและส่งผลถึงสีของผลิตภัณฑ์ ทำให้มีสีเขี้ยวคล้ำอมเหลือง และส่งผลให้ค่าคะแนนความชอบลดลง โดยเฉพาะคุณลักษณะทุกด้านจากผลในตารางที่ 2 สัดส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการทดแทนน้ำใบเตยด้วยน้ำใบบัวบก คือ อัตราส่วนร้อยละ 50:50 ซึ่งจะเห็นได้ว่าขนมซ่าหริ่มที่พัฒนาขึ้นจะช่วยให้ผู้รับประทานขนมไทยได้ประโยชน์จากทั้งใบเตยและใบบัวบก สามารถส่งเสริมการนำใบบัวบกมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้มากขึ้น สามารถรับประทานได้ง่ายขึ้นกว่าน้ำใบบัวบกสดทั่วไป เพิ่มความหลากหลายให้แก่ขนมไทย รวมถึงเป็นทางเลือกใหม่สำหรับผู้บริโภค

เอกสารอ้างอิง

1. จันทรพร ทองเอกแก้ว (2556). บัวบก: สมุนไพรมากคุณประโยชน์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีบูรพา. 15(3), 70 - 75
2. นิดดา หงส์วิวัฒน์. เคล็ดลับการทำขนมไทย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ; สำนักพิมพ์แสงแดด. 2555.
3. พัชรลักษณ์ วัฒนไชย. เอกสารประกอบการสอนวิชาขนมไทย. กรุงเทพ; มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ2557.
4. สมาคมนวัตกรรมแพทย์ผสมผสาน. (ประเทศไทย) มหัศจรรย์บัวบก. [อินเตอร์เน็ท]. 2557. [เข้าถึงเมื่อ 30 ตุลาคม 2561] เข้าถึงได้จาก http://thephytomaster.com/wp-content/uploads/2016/10/MIRASIA-BOOK-.pdf
5. อรอนงค์ นัยวิกุล, จิตธนา แจ่มเมฆ, สินีนาถ จริยโชติเลิศ, ริสา เลิศวีระวัฒน์ และยุวดี ฉันทวิทย์. 2535. ซาหริ่มกึ่งสำเร็จรูป. วารสารเกษตรศาสตร์ (วิทย) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 26(3), 284 - 290
6. เอกพล อ่อนน้อมพันธุ์, ปวิตรา ภาสุรกุล, นิลุบล ประเคนแสง, จารุณี วิทเศ และไพรินทร์ บุญญสิริสกุล. (2560). การพัฒนาขนมเปียกปูนใบเตยเสริมใบย่านาง. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยสวนดุสิต. 10(3), 159 - 170

[AS-P08] การศึกษาและพัฒนาไวน์ขิง

Study and Development of Ginger Wine

ดวงเดือน วัฏฏานุรักษ์* และ มณพัช โคตรธรรม
Duangduan Wattanuruk* and Monnaphat Khottham
หลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: duanwatta@hotmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและพัฒนาการผลิต ไวน์ขิง ที่มีปริมาณขิงต่อน้ำในอัตราส่วน 4:100 (น้ำหนักต่อปริมาตร) โดยการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ 3.5 ด้วยน้ำมะนาว น้ำมะขาม น้ำส้มแขก น้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ และน้ำกระเจี๊ยบ หลังจากหมักเป็นเวลา 20 วัน ผลการทดลองพบว่า ไวน์ขิงที่ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยน้ำกระเจี๊ยบมีปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 6.92 และมีคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดเท่ากับ 6.70 (P≤0.05) ดังนั้นจึงเลือกไวน์ขิงที่ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยน้ำกระเจี๊ยบมาศึกษาชนิดของน้ำตาลได้แก่ น้ำตาลทรายแดง น้ำตาลโตนด และน้ำผึ้ง เชื้อยีสต์ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ยีสต์ทางการค้า, *Saccharomyces cereviseae และ S.cerevisiae* สายพันธุ์ *Montache* พบว่าไวน์ขิงที่ใช้น้ำผึ้งและยีสต์ *S.cerevisiae* ในการหมัก มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 3.10 ค่าของแข็งที่ละลายได้ 10.13 องศาบริกซ์ ปริมาณกรดซิตริกร้อยละ 0.85 ปริมาณแอลกอฮอล์ร้อยละ 12.70 และมีคะแนนด้านการทดสอบทางประสาทสัมผัสดีที่สุดเท่ากับ 7.37 (P≤0.05)

คำสำคัญ: *ไวน์สมุนไพร, ขิง, ยีสต์ทางการค้า*

Abstract

This aimed to study and develop ginger wine. Water and ginger were mixed in the ratio of 4:100 (w/v), with the initial pH level of 3.5 adjusted with lime juice, tamarind juice, garcinia juice, carunda juice, and roselle juice. After fermented for 20 days, the ginger wine whose pH level was adjusted using roselle juice obtained the highest alcohol content at 6.92% and its overall satisfaction score was 6.70 (p≤0.05). Therefore, ginger wine whose pH level was adjusted with roselle juice was selected to investigate what makes the most optimal sugar content, i.e. brown sugar, palm sugar, or honey. The effects of three yeast strains, namely commercial yeast, *Saccharomyces cerevisiae, and S.cerevisiae* var. *Montache* were also investigated. The results indicated that the ginger wine fermented with honey and *S.cerevisiae* contained pH 3.10, total soluble solid (TSS) 10.13 ºBrix, citric acid 0.85%, alcohol content 12.70, and received the highest sensory score of 7.37 (p≤0.05).

Keywords: *herbal wine, ginger, commercial yeast*

บทนำ

ไวน์ เป็นเครื่องดื่มประเภทแอลกอฮอล์ที่ไม่มีการกลั่น เกิดจากกระบวนการหมักของยีสต์ด้วยผลไม้ต่าง ๆ ที่มีรสหวานอมเปรี้ยว โดยเฉพาะผลองุ่น[(1)] ซึ่งกลิ่น รสชาติและคุณภาพจะแตกต่างกันไปตามชนิดของผลไม้ชนิดนั้น ๆ ไวน์เป็นเครื่องดื่มที่มีคุณประโยชน์ต่อร่างกาย หากดื่มในปริมาณที่พอเหมาะจะช่วยกระตุ้นให้เจริญอาหาร ช่วยเสริมกลิ่นรส อาหาร ช่วยให้เส้นเลือดขยายตัวในคนไข้ที่เป็นโรคความดันโลหิตต่ำ และช่วยทำให้หลอดเลือดหัวใจไม่ตีบตัน นอกจากนั้นยังชะลอความชราได้เนื่องจากมีสารแอนตี้ออกซิแดนซ์ (antioxidants) และสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) โดยเฉพาะฟลาโวนอล (flavonols)[(2)]

ปัจจุบันมีการนำสมุนไพรหลายชนิดที่มีสรรพคุณทางยามาใช้เป็นวัตถุดิบในการหมักไวน์ โดยเฉพาะขิง เนื่องจากในส่วนของน้ำมันหอมระเหยมี ประกอบด้วยสาร zingiberene มีฤทธิ์ไล่ลม ช่วยในระบบการย่อยอาหาร ลดการอักเสบของระบบทางเดินอาหาร ลดระดับน้ำ ตาลและไขมันในเลือด มีสารต้านอนุมูลอิสระ[3][4] อย่างไรก็ตามในกระบวนการผลิตไวน์จำเป็นต้องมีการปรับสภาวะให้เหมาะสมต่อการหมักไวน์ทั้งความเป็นกรด และชนิดของน้ำตาลที่เหมาะสมให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของยีสต์เพื่อใช้ในการผลิตแอลกอฮอล์[5] ซึ่งในธรรมชาติมีพืชที่มีรสเปรี้ยวหลายชนิดที่มีกรดซิตริกที่สามารถนำมาใช้ในการปรับความเป็นกรดแทนการใช้กรดซิตริกที่เป็นสารเคมีและผลไม้บางชนิดยังสามารถให้สีแก่ผลิตภัณฑ์ไวน์ให้น่ารับประทานมากยิ่งขึ้น

งานวิจัยนี้จึงนำขิงมาวิจัยและพัฒนาการทำไวน์โดยใช้พืชบางชนิดมาใช้ในการปรับความเป็นกรด ศึกษาชนิดน้ำตาลและยีสต์ที่เหมาะสมในการหมัก เพื่อให้เกิดไวน์ขิงที่มีความหลากหลายและเพิ่มคุณค่าทางด้านโภชนาการ นอกจากนั้นยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับสมุนไพรในท้องถิ่น

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมหัวเชื้อยีสต์[6]

นำยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* และ *S. cerevisiae* สายพันธุ์ *Montache* (จากสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์) จากอาหารวุ้นเอียง Potato dextrose agar เลี้ยงลงอาหารน้ำตาลทรายแดงความเข้มข้นร้อยละ 30 โดยปริมาตร ที่ปรับค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Soluble Solid; TSS) เท่ากับ 22–25 องศาบริกซ์ ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 3.0-5.0 ด้วยกรดซิตริก (citric acid) ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ แล้ว จากนั้นนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าความเร็วรอบ 150 rpm เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30-35 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการวัดค่าความขุ่นของเชื้อเท่ากับ 0.5 (optical density O.D.=0.5) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่นเท่ากับ 600 นาโนเมตร เพื่อนำไปเป็นหัวเชื้อในการหมักไวน์ขิงปริมาณร้อยละ 5 โดยปริมาตรของน้ำขิง ส่วนยีสต์ทางการค้า (baker's yeast) ใช้ร้อยละ 0.5 โดยปริมาตรของน้ำขิง[7]

การศึกษาพืชที่ใช้ในการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมในการทำไวน์ขิง[8]

นำขิงล้างทำความสะอาดหั่นเป็นชิ้นแล้วนำมาต้มกับน้ำในอัตราส่วนปริมาณขิงต่อน้ำ 4:100 (น้ำหนักต่อ ปริมาตร) ที่อุณหภูมิ 60-75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที นำมากรองและทิ้งให้เย็น จากนั้นปรับค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 22–25 องศาบริกซ์ ด้วยน้ำตาลทรายแดงและปรับค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ 3.5-4.0 ด้วยพืชที่แตกต่างกัน ได้แก่ น้ำมะนาว น้ำมะขาม น้ำส้มแขก น้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ และน้ำกระเจี๊ยบ บรรจุลงในขวดที่ผ่านการฆ่าเชื้อ ใส่หัวเชื้อ *S.cerevisiae* นำไปหมักที่อุณหภูมิ 25–30 องศาเซลเซียส เก็บตัวอย่างก่อนหมักและหลังหมักเพื่อนำมาวิเคราะห์ทุก 2 วันเป็นเวลา 20 วัน จากนั้นทำการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที และทำการตกตะกอนไวน์โดยใช้ไข่ขาว[9] จากนั้นมาทดสอบความชอบต่อผู้บริโภค

การศึกษาชนิดน้ำตาลและยีสต์ที่เหมาะสมในการทำไวน์ขิง

นำไวน์ขิงที่มีคะแนนความชอบต่อผู้บริโภคมากที่สุด มาศึกษาชนิดของน้ำตาลได้แก่ น้ำตาลทรายแดง น้ำตาลโตนด และน้ำผึ้ง โดยเชื้อยีสต์ ได้แก่ ยีสต์ทางการค้า, *S.cerevisiae* และ *S.cerevisiae* สายพันธุ์ *Montache* และทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 2

การวิเคราะห์และการทดสอบความชอบต่อผู้บริโภค

วิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์โดยเครื่องวัดแอลกอฮอล์ (Ebulliometer) วัดค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Soluble Solid; TSS) ด้วยเครื่อง Hand refractometer วัดค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่อง pH meter และวิเคราะห์ปริมาณกรดซิตริกโดยวิธีการไตเตรท ทดสอบความชอบต่อผู้บริโภคจำนวน 30 คนที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน โดยใช้ 9 -Point Hedonic Scales ในด้านคุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ ความหวานและความชอบโดยรวม[10]

การวิเคราะห์สถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomize Design (CRD) แบบ 3 ซ้ำ วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวน โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการศึกษาพืชที่ใช้ในการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมในการทำไวน์ขิง

จากการศึกษาการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ 3.5-4.0 ของน้ำขิงที่นำมาใช้ในการหมักไวน์ขิง ด้วยพืชที่แตกต่างกันได้แก่ น้ำมะนาว น้ำมะขาม น้ำส้มแขก น้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ และน้ำกระเจี๊ยบ เก็บตัวอย่างก่อนหมักและหลังจากหมักเป็นเวลา 20 วัน และทดสอบความชอบต่อผู้บริโภค ผลการทดลองพบว่าไวน์ขิงที่ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยพืชที่แตกต่างกันมีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง และปริมาณกรดซิตริกเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกัน ซึ่งการเพิ่มขึ้นของกรดในไวน์ตลอดช่วงระยะเวลาในการหมักจะช่วยในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ปนเปื้อนและทำให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของยีสต์มากขึ้น[11] ส่วนค่าของแข็งที่ละลายได้พบว่าไวน์ขิงที่ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยน้ำกระเจี๊ยบมีค่าน้อยสุดแสดงว่ายีสต์มีการใช้น้ำตาลในการเจริญได้ดีทำให้ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้มีค่ามากที่สุดคือร้อยละ 6.92±0.03 รองลงมาคือไวน์ขิงที่ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยน้ำมะนาว น้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ น้ำมะขามและน้ำส้มแขกคือ 6.42±0.02, 6.38±0.03, 5.91±0.01และ5.71±0.02 ตามลำดับ (ตารางที่1) อย่างไรก็ตามพบว่าปริมาณแอลกอฮอล์มีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากทำการปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้เริ่มต้นด้วยน้ำตาลทรายแดงให้เท่ากันในคือ 22-25 องศาบริกซ์ นอกจากนั้นยังพบว่าไวน์ขิงที่ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยน้ำกระเจี๊ยบมีคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดเท่ากับ 6.70±1.27 ($P \leq 0.05$) (ตารางที่2) ซึ่งอาจเนื่องมาจากไวน์ที่ได้มีสีของกระเจี๊ยบทำให้น่ารับประทานมากยิ่งขึ้น ดังนั้นจึงเลือกไวน์ขิงที่ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยน้ำกระเจี๊ยบมาทำการศึกษาต่อ โดยคำนึงถึงด้านปริมาณแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้สูงและคะแนนความชอบโดยรวมจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสมีค่าสูงสุด

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางเคมีของไวน์ขิงที่ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยพืชชนิดต่าง ๆ

ตัวอย่าง	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)		ปริมาณกรดซิตริก (ร้อยละ)		ค่าของแข็งที่ละลายได้ (องศาบริกซ์)		ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละ)	
	ก่อนหมัก	หลังหมัก	ก่อนหมัก	หลังหมัก	ก่อนหมัก	หลังหมัก	ก่อนหมัก	หลังหมัก
น้ำขิงปรับค่า pH ด้วยน้ำมะนาว	3.56±0.01	2.75±0.01	0.37±0.05	0.66±0.02	24.73±0.24	14.53±0.05	0.0±0.0	6.42±0.02
น้ำขิงปรับค่า pH ด้วยน้ำมะขาม	3.51±0.01	2.64±0.02	0.37±0.05	1.66±0.02	24.23±0.47	15.60±0.14	0.0±0.0	5.91±0.01
น้ำขิงปรับค่า pH ด้วยน้ำส้มแขก	3.55±0.02	2.66±0.02	0.40±0.00	2.67±0.03	25.20±0.14	18.27±0.05	0.0±0.0	5.71±0.02
น้ำขิงปรับค่า pH ด้วยน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่	3.76±0.02	2.66±0.02	0.40±0.00	3.67±0.02	24.97±0.47	17.16±0.08	0.0±0.0	6.38±0.03
น้ำขิงปรับค่า pH ด้วยน้ำกระเจี๊ยบ	3.61±0.01	2.66±0.01	0.37±0.05	4.67±0.03	24.70±0.14	13.16±0.08	0.0±0.0	6.92±0.03

ตารางที่ 2 คะแนนความชอบของไวน์ขิงที่ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยพืชชนิดต่าง ๆ

ตัวอย่าง	คะแนนความชอบ				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความหวาน	ความชอบโดยรวม
น้ำขิงปรับค่า pH ด้วยน้ำมะนาว	6.90^{a}±1.12	5.86^{a}±1.65	6.16^{a}±1.46	6.16^{a}±1.17	6.43^{a}±1.35
น้ำขิงปรับค่า pH ด้วยน้ำมะขาม	6.80^{a}±1.08	6.06^{a}±1.25	6.40^{a}±1.42	6.40^{a}±1.00	6.36^{a}±1.35
น้ำขิงปรับค่า pH ด้วยน้ำส้มแขก	6.50^{a}±1.22	6.03^{a}±1.44	6.23^{a}±1.81	6.06^{a}±1.65	6.36^{a}±1.49
น้ำขิงปรับค่า pH ด้วยน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่	6.40^{a}±1.33	5.96^{a}±1.35	5.73^{a}±1.81	6.03^{a}±1.49	5.70^{a}±1.59
น้ำขิงปรับค่า pH ด้วยน้ำกระเจี๊ยบ	7.60^{b}±1.16	6.51^{a}±1.50	6.34^{a}±1.39	6.20^{a}±1.47	6.70^{b}±1.27

*ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการศึกษาชนิดน้ำตาลและยีสต์ที่เหมาะสมในการทำไวน์ขิง

จากการศึกษาชนิดน้ำตาลและยีสต์ที่เหมาะสมในการทำไวน์ขิงได้แก่ น้ำตาลทรายแดง น้ำตาลโตนด และน้ำผึ้ง โดยเชื้อยีสต์ ได้แก่ ยีสต์ทางการค้า, *S.cerevisiae* และ *S.cerevisiae* สายพันธุ์ *Montache* ผลการทดลองพบว่าจากการใช้น้ำผึ้งเป็นแหล่งอาหารของยีสต์พบว่า ยีสต์ทางการค้าและ *S.cerevisiae* มีการใช้น้ำผึ้งในการเจริญดีกว่า *S.cerevisiae* สายพันธุ์ *Montache* ซึ่งจะเห็นได้จากมีค่าของแข็งที่ละลายได้เหลือน้อยกว่าและมีปริมาณแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้มีค่ามากคือ 8.51±0.02 12.70±0.03 และ6.31±0.03 ตามลำดับ ผลจากการใช้น้ำตาลทรายแดงเป็นแหล่งอาหารของยีสต์พบว่า ยีสต์ทางการค้าและ *S. cerevisiae* มีการใช้น้ำตาลทรายแดงในการเจริญดีกว่า *S.cerevisiae* สายพันธุ์ *Montache* ซึ่งจะเห็นได้จากมีค่าของแข็งที่ละลายได้เหลือน้อยกว่าและมีปริมาณแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้มีค่ามากคือ 9.60±0.07, 7.10±0.05 และ 6.03±0.05 ตามลำดับ ผลการใช้น้ำตาลโตนดเป็นแหล่งอาหารของยีสต์พบว่ายีสต์ทางการค้าและ *S.cerevisiae* มีการใช้น้ำตาลโตนดในการเจริญดีกว่า *S. cerevisiae* สายพันธุ์ *Montache* ซึ่งจะเห็นได้จากมีค่าของแข็งที่ละลายได้เหลือน้อยกว่าและมีปริมาณแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้มีค่ามากคือ 10.31±0.01,8.62±0.03และ 6.60±0.04 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามพบว่ายีสต์ทุกสายพันธุ์มีกระบวนการหมักทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงและปริมาณกรดซิตริกเพิ่มขึ้นแต่ผลิตได้ในปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยไวน์ขิงที่ใช้น้ำผึ้งและยีสต์ *S. cerevisiae* ในภายหลังการหมัก มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 3.10 ค่าของแข็งที่ละลายได้ 10.13 องศาบริกซ์ ปริมาณกรดซิตริกร้อยละ 0.85 ปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุดร้อยละ 12.70 (ตารางที่3) โดยใช้น้ำผึ้งในการเจริญดีที่สุด ซึ่งจากการทดลองจะเห็นได้ว่ายีสต์ทางการค้าและ *S.cerevisiae* มีการใช้น้ำตาลทั้งสามชนิดในกระบวนการหมักเพื่อใช้ในการเจริญและผลิตแอลกอฮอล์ดีกว่า *S. cerevisiae* สายพันธุ์ *Montache* นอกจากนั้นยังพบว่ามีคะแนนด้านการทดสอบทางประสาทสัมผัสดีที่สุดเท่ากับ 7.37±1.34 ($P \leq 0.05$) (ตารางที่4) ซึ่งอาจเนื่องมาจากมีคะแนนความหวานมากที่สุดและมีปริมาณแอลกอฮอล์มากที่สุด โดยส่วนใหญ่พบว่าการหมักไวน์เกิดจากกิจกรรมของยีสต์ในสกุล Saccharomyces เช่น *S.cerevisiae* เนื่องจากเป็นสายพันธุ์ที่ทนต่อความเข้มข้นของน้ำตาลและแอลกอฮอล์สูง[12] ซึ่งยีสต์ทางการค้าคือยีสต์ *S.cerevisiae* สายพันธุ์ที่ใช้ในการทำขนมปัง (baker's yeast) มีลักษณะเป็นยีสต์แห้ง (dry yeast) โดยสามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตแอลกอฮอล์ได้เมื่อเจริญในอาหารที่มีน้ำตาลเหมาะสมเนื่องจาก *S.cerevisiae* สามารถผลิตเอนไซม์อินเวอร์เตส (invertase enzyme) ที่สามารถย่อยสลายน้ำตาลซูโครสได้เป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตส จากนั้นกลูโคสจึงถูกเปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์ และคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยเอนไซม์อื่นๆ[13] ส่วนยีสต์ *S.cerevisiae* สายพันธุ์ *Montache* เป็นยีสต์สายพันธุ์ที่ใช้น้ำตาลในการผลิตแอลกอฮอล์ได้ต่ำจึงมักใช้เป็นหัวเชื้อในการหมักน้ำส้มสายชูเนื่องจากหากปริมาณแอลกอฮอล์ที่สูงเกินไปจะมีผลต่อการเจริญของเชื้อและอัตราการผลิตกรดแอซิติกของเชื้อ *Acetobacter aceti*[14] ส่วนน้ำผึ้งเป็นประกอบไปด้วยน้ำตาลน้ำตาลฟรักโทสร้อยละ 38.2 น้ำตาลกลูโคสร้อยละ 31 และน้ำร้อยละ17.1[15] ซึ่งน้ำตาลดังกล่าวเป็นแหล่งของสารอาหารที่ยีสต์สามารถใช้ในการเจริญได้เป็นอย่างดีโดยยีสต์จะมีการผลิตแอลกอฮอล์ไปพร้อม ๆ กับการเจริญตลอดระยะเวลาในการหมักไวน์

ตารางที่ 3 คุณสมบัติทางเคมีของไวน์ขิงที่มีแหล่งน้ำตาลและยีสต์ที่แตกต่างกัน

แหล่งน้ำตาล	ชนิดของยีสต์	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)		ปริมาณกรดซิตริก (ร้อยละ)		ค่าของแข็งที่ละลายได้ (องศาบริกซ์)		ปริมาณแอลกอฮอล์ (ร้อยละ)	
		ก่อนหมัก	หลังหมัก	ก่อนหมัก	หลังหมัก	ก่อนหมัก	หลังหมัก	ก่อนหมัก	หลังหมัก
น้ำผึ้ง	ยีสต์การค้า	3.05±0.04	2.73±0.02	0.63±0.02	1.16±0.00	22.50±0.04	9.21±0.01	0.0±0.0	8.51±0.02
น้ำผึ้ง	*S. cerevisiae*	3.57±0.09	3.10±0.14	0.62±0.03	0.85±0.04	22.40±0.04	10.13±0.19	0.0±0.0	12.70±0.03
น้ำผึ้ง	*S. cerevisiae* var. *Montache*	3.16±0.05	2.86±0.04	0.62±0.02	0.88±0.05	22.40±0.03	14.85±0.04	0.0±0.0	6.31±0.03
น้ำตาลทรายแดง	ยีสต์การค้า	3.30±0.05	2.95±0.03	0.60±0.03	0.81±0.02	22.40±0.02	14.61±0.01	0.0±0.0	9.60±0.07
น้ำตาลทรายแดง	*S. cerevisiae*	3.04±0.05	2.36±0.01	0.60±0.03	1.80±0.05	22.40±0.01	15.50±0.00	0.0±0.0	7.10±0.05
น้ำตาลทรายแดง	*S. cerevisiae* var. *Montache*	3.47±0.05	3.01±0.00	0.63±0.04	0.59±0.05	22.40±0.04	18.75±0.02	0.0±0.0	6.03±0.05
น้ำตาลโตนด	ยีสต์การค้า	3.37±0.05	3.01±0.00	0.62±0.03	0.52±0.05	22.40±0.05	11.11±0.16	0.0±0.0	10.31±0.01
น้ำตาลโตนด	*S. cerevisiae*	3.05±0.05	2.65±0.01	0.62±0.02	1.24±0.06	22.20±0.06	10.65±0.07	0.0±0.0	8.62±0.03
น้ำตาลโตนด	*S. cerevisiae* var. *Montache*	3.52±0.05	2.86±0.03	0.63±0.04	0.77±0.05	22.40±0.03	18.50±0.00	0.0±0.0	6.60±0.04

ตารางที่ 4 คะแนนความชอบของไวน์ขิงที่มีแหล่งน้ำตาลและยีสต์ที่แตกต่างกัน

แหล่งน้ำตาล	ชนิดของยีสต์	คะแนนความชอบ				
		สี	กลิ่น	รสชาติ	ความหวาน	ความชอบโดยรวม
น้ำผึ้ง	ยีสต์การค้า	6.86^{a}±1.50	6.06^{a}±1.57	4.43^{c}±1.47	4.73^{c}±1.65	5.13^{a}±1.10
น้ำผึ้ง	*S. cerevisiae*	7.43^{b}±1.16	7.43^{b}±1.16	6.10^{a}±1.62	6.13^{a}±1.59	6.33^{a}±1.32
น้ำผึ้ง	*S. cerevisiae* var. *Montache*	7.46^{b}±1.33	7.46^{b}±1.33	6.63^{a}±1.90	6.80^{a}±1.44	7.16^{b}±1.36
น้ำตาลทรายแดง	ยีสต์การค้า	6.73^{a}±1.50	5.53^{a}±1.52	5.93^{a}±1.91	5.86^{a}±2.17	6.53^{a} ±1.69
น้ำตาลทรายแดง	*S. cerevisiae*	6.80^{a}±1.39	5.60^{a}±1.42	6.90^{b}±1.42	6.70^{a}±1.91	7.03^{b}±1.56
น้ำตาลทรายแดง	*S. cerevisiae* var. *Montache*	6.73^{a}±1.46	5.40^{a}±1.24	5.40^{a}±2.23	5.46^{a}±2.40	5.86^{a}±2.17
น้ำตาลโตนด	ยีสต์การค้า	6.20^{a}±1.65	5.72^{a}±2.29	5.24^{a}±1.55	5.79^{a}±1.85	6.86^{a}±1.21
น้ำตาลโตนด	*S. cerevisiae*	7.55^{b}±0.98	6.00^{a}±2.52	6.51^{a}±1.82	7.10^{b}±1.87	7.37^{b}±1.34
น้ำตาลโตนด	*S. cerevisiae* var. *Montache*	6.41^{a}±1.61	5.24^{a}±1.97	5.17^{a}±2.07	5.75^{a} ±1.93	6.86^{a}±1.21

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สรุป

การทำไวน์ขิงที่ใช้ปริมาณขิงต่อน้ำในอัตราส่วน 4:100 (น้ำหนักต่อปริมาตร) โดยการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ 3.5-4.0 ด้วยพืชที่แตกต่างกัน ได้แก่น้ำมะนาว น้ำมะขาม น้ำส้มแขก น้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ และน้ำกระเจี๊ยบ เก็บตัวอย่างก่อนหมักและหลังจากหมักเป็นเวลา 20 วัน ผลการทดลองพบว่าตลอดระยะเวลาการหมักมีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง และปริมาณกรดซิตริกเพิ่มขึ้น โดยไวน์ขิงที่ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยน้ำกระเจี๊ยบมีปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุดร้อยละ 6.92 รองลงมาคือไวน์ขิงที่ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยน้ำมะนาว น้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ น้ำมะขามและน้ำส้มแขกคือ 6.42±0.02, 6.38±0.03, 5.91±0.01และ5.71±0.02 ตามลำดับและมีคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดเท่ากับ 6.70±1.27 (P≤0.05) ดังนั้นจึงเลือกไวน์ขิงที่ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยน้ำกระเจี๊ยบมาศึกษาชนิดของน้ำตาลได้แก่ น้ำตาลทรายแดง น้ำตาลโตนด และน้ำผึ้ง เชื้อยีสต์ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ยีสต์ทางการค้า, *Saccharomyces cereviseae* และ *S.cerevisiae* สายพันธุ์ *Montache* โดยจากการใช้น้ำตาลโตนดพบว่ายีสต์ทางการค้า, *S.cerevisiae* และ *S.cerevisiae* สายพันธุ์ *Montache* มีปริมาณแอลกอฮอล์คือ 8.51±0.02 8.62±0.03 และ6.31±0.03 ตามลำดับ จากการใช้น้ำตาลทรายแดงมีปริมาณแอลกอฮอล์คือ 9.60±0.07, 7.10±0.05 และ 6.03±0.05 ตามลำดับ จากการใช้น้ำผึ้งมีปริมาณแอลกอฮอล์คือ 10.31±0.01,12.70±0.03 และ 6.60±0.04 ตามลำดับ โดยพบว่าไวน์ขิงที่ใช้น้ำผึ้งและยีสต์ *S.cerevisiae* ในการหมัก มีปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุด และมีคะแนนด้านการทดสอบทางประสาทสัมผัสดีที่สุดเท่ากับ 7.37±1.34 (P≤0.05)

เอกสารอ้างอิง

1. นวลพรรณ ณ ระนอง. เอกสารประกอบการฝึก อบรมเชิงปฏิบัติการเรื่องเทคโนโลยีการหมัก.ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.2541.
2. Jin, Z.M., He, J.J., Bi, H.Q., Cui, X.Y. and Duan, C.Q. Phenolic Compound Profiles in Berry Skins from Nine Red Wine Grape Cultivars in Northwest China. Molecules. 2009; 14: 4922-4935.
3. Yamahara, J., Haung, Q., Li, Y., Xu, L. and Fujimura, H. Gastro-intestinal motility enhancing effect of ginger and its active constituents. Chemical and Pharmaceutical Bulletin. 1990; 38(2): 430-431.
4. Leal, P.F., Braga, M.E.M., Sato, D.N., Carvalho, J.E., Marques, M.O.M. and Meireles, M.A.A. Functional properties of spice extracts obtained via supercritical fluid extraction. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2003; 51: 2520-2525.

5. ประดิษฐ์ ครุวัณณา. ไวน์:ศาสตร์และศิลป์. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2545.
6. ณัฏฐ์นรี เอกระ และคณะ. การหมักไวน์น้ำตาลสดผสมกระชายดำของ *Saccharomyces cerevisiae* สายพันธุ์มาตรฐานและยีสต์ที่แยกจากน้ำตาลเมา. วารสารเกษตรพระวรุณ. 2558. ปีที่ 12 ฉบับที่1.
7. นพดล โพชกำเนิด และสมบูรณ์ ประสงค์จันทร์. การศึกษาการผลิตไวน์จากลูกจากโดยใช้การหมักด้วยยีสต์ทางการค้า. วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต. 2556. ปีที่1 ฉบับที่ 2: 81-88.
8. ลูกจันทร์ ภัครัชพันธุ์. คู่มือการอบรมโครงการฝึกอบรมเพื่อพัฒนาคุณภาพสุราชนิดผลไม้และสุราพื้นบ้านที่มีแรงแอลกฮอล์ไม่เกิน 15 ดีกรีและผลิตภัณฑ์จากผลผลิตทางการเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2551.
9. ศักดิ์สิทธิ์ จันทร์ไทย และไพบูลย์ ด่านวิรุทัย. การวิเคราะห์ทางเคมีของไวน์พื้นบ้าน. วารสารศูนย์บริการวิชาการ. 2547. ปีที่12 ฉบับที่ 1.
10. อำพรรณ ชัยกุลเสรีวัฒน์ และปิยมาศ วงษ์ประยูร. การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ไวน์มะม่วง. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม. 2549. ปีที่ 2 ฉบับที่1.
11. Okeke, B.C, Agu, K.C., Uba, P.O., Awah, N.S., Anaukwu C.G., Archibong, E.J., Uwanta, L.I., Ezeneche, J.N. Ezenwa, C.U. and Orji, M.U. Wine Production from Mixed Fruits (Pineapple and Watermelon) Using High Tolerant Yeast Isolated from Palm Wine. Universal Journal of Microbiology Research. 2015; (4):41-44.
12. นิธิยา รัตนาปนนท์. น่ารู้เรื่องไวน์. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์. 2546.
13. Chanprasartsuk, O., Pheanudomkitlert, K. and Toonwai, D. Pineapple Wine Fermentation with Isolated from Fruit as Single and Mixed Starter Cultures. Asian Journal of Food and Agro-Industry. 2012. 5 (2): 104-111.
14. ชญาณ์พิสุทธิ์ แก้วสุวรรณ์และคณะ. การผลิตน้ำส้มสายชูหมักเพื่อสุขภาพจากน้ำเชื่อมเปลือกสับปะรด. ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี; 2555.
15. Mukesh, R. J., Kumar, R., Jangra S., Jain, A., and Nehra, KS. PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF WINE FROM GINGER, HONEY AND SUGAR BLENDS.GLOBAL JOURNAL OF BIO-SCIENC AND BIOTECHNOLOGY. 2018; 7(1):74-80.

[AS-P09] การคัดแยกแบคทีเรียกรดแลคติกจากน้ำพริกไทยในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย

Isolation of Lactic Acid Bacteria from Thai Chili Pastes for Inhibiting Bacteria

นิศารัตน์ สุขาบูรณ์ จิตตรานนท์ เสือโต และอำพรรณ ชัยกุลเสรีวัฒน์*
Nisarat Sukaboon, Jittranon Sueto, and Ampun Chaikulsareewath*
ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: ampun.cha@siam.edu*

บทคัดย่อ

การศึกษาคัดเลือกแบคทีเรียกรดแลคติกจากน้ำพริก 9 ชนิด ได้แก่ น้ำพริกที่มีส่วนผสมของปลาร้า มี 6 ชนิด คือแจ่วปลาร้า น้ำพริกปลาทูใส่ปลาร้า น้ำพริกปลาร้าสับคั่ว ปลาร้าสับ ซุปมะเขือและน้ำพริกปลาร้า และมีส่วนผสมของกะปิ 3 ชนิด คือ น้ำพริกกุ้งจ่อม น้ำพริกกะปิ น้ำพริกกะปิลงเรือ พบว่าสามารถคัดแยกแบคทีเรียแลคติกได้ 16 ไอโซเลต จากน้ำพริก 7 ชนิด ซึ่งทุกไอโซเลตจะเจริญในอาหาร MRS agar ผสม $CaCO_3$ เข้มข้นร้อยละ 1 และทำให้เกิด clear zone รอบๆ โคโลนีของเชื้อ พบว่าโคโลนีของเชื้อมีลักษณะผิวเรียบจนถึงผิวขรุขระ นูนน้อยถึงนูนมาก และเมื่อนำมาตรวจดูการย้อมติดสีแกรม พบว่ามีรูปร่างท่อนติดสีแกรมบวก จำนวน 13 ไอโซเลต ได้แก่ B1, B2, B3, E1, E2, E3, F1, G1, G2, H1, I1, I2 และ I3 และมีรูปร่างกลม ติดสีแกรมบวก จำนวน 3 ไอโซเลต C, G3, H2 พบว่าทั้ง 16 ไอโซเลต ไม่สร้างเอนไซม์แคตาเลส จากการศึกษาความสามารถของแบคทีเรียกรดแลคติก 16 ไอโซเลต ในการยับยั้งเชื้อ *Bacillus subtilis* TISTR 001, *Escherichia coli* TISTR 780 และ *Staphylococcus aureus* TISTR 118 ด้วยวิธี agar well diffusion assay พบว่าแบคทีเรียกรดแลคติกที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการยับยั้งเชื้อทดสอบ 3 ชนิด ได้แก่ *B.subtilis* *E.coli* และ *S.aureus* คือ E1 ที่ไม่ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ซึ่งให้ผลการยับยั้ง inhibition clear zone เท่ากับ 12.33±0.58, 14.00±1.73 และ14.00±0.00 มิลลิเมตร ตามลำดับ

คำสำคัญ: *น้ำพริก, แบคทีเรียกรดแลคติก, การยับยั้งแบคทีเรีย*

Abstract

The isolation of lactic acid bacteria from nine chili pastes was investigated. Nine chili pastes were grouped into two types of chili pastes due to ingredient from “pla-raa” or “ka-pi”. There were 6 types; jaew-pla-raa, nam-prik-pla-too-sai-pla-raa, nam-prik-pla-raa-sub-kua, pla-raa-sub, soup-ma-kaur and nam-prik-pla-raa containing pla-raa and 3 types; nam-prik-kung-jom, nam-prik-ka-pi and nam-prik-ka-pi-long-rae containing ka-pi. Sixteen isolate lactic acid bacteria were isolated from 7 of 9 types of chili pastes which grew in MRS agar with clear zone around their colony. The morphology of them was smooth to rough, convex to very convex. All isolated were examined by Gram’s staining and catalase test. Sixteen isolates were not able to produce catalase and were gram positive bacteria with two different shapes; 13 bacilli shapes (B1, B2, B3, E1, E2, E3, F1, G1, G2, H1, I1, I2 and I3) and 3 cocci shapes (C, G3, H2). Antibacterial activity against *Bacillus subtilis* TISTR 001, *Escherichia coli* TISTR 780 and *Staphylococcus aureus* TISTR 118 were conducted using agar well diffusion assay. The isolate E1 (no adjust pH) was the highest against *B. subtilis, E. coli and S. aureus* with inhibition clear zone at 12.33±0.58, 14.00±1.73 and 14.00±0.00 mm, respectively.

Keywords: *chili paste, lactic acid bacteria, inhibiting bacteria*

บทนำ

น้ำพริกเป็นอาหารไทยประเภทเครื่องจิ้มชนิดหนึ่ง ส่วนใหญ่ใช้รับประทานคู่กับผัก ที่มีส่วนประกอบสำคัญคือ พริกที่ต้องตำละเอียด มีอยู่หลายอย่างเรียกตามส่วนประกอบที่ใส่ลงไป น้ำพริกยังเป็นผลิตภัณฑ์ส่งขายออกนอกประเทศด้วย น้ำพริกถูกใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารต่าง ๆ หรือใช้ในการรับประทาน เป็นกับข้าว ก็ได้ และยังได้รับความนิยมมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน สำหรับน้ำพริกแบบที่ใช้เป็นเครื่องปรุงส่วนผสมนั้น เกิดขึ้นเพราะอาหารไทยจำพวกแกง จำเป็นที่จะต้องมีส่วนประกอบ หรือกรรมวิธีการทำที่ค่อนข้างซับซ้อน ผู้ปรุงจึงคิดทำน้ำพริกขึ้น เพื่อรวบรวมส่วนผสมต่าง ๆ นั้นเข้าด้วยกัน เป็นการลดขั้นตอนการปรุงลง และยังสามารถทำเก็บไว้ได้ในจำนวนมาก[1] จากรายงานการศึกษาพฤติกรรมการบริโภคและความปลอดภัยทางอาหารของน้ำพริก โดยกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุขชี้ว่า คนไทยมากถึงร้อยละ 98.0 นิยมบริโภคน้ำพริก และกว่าร้อยละ 64.1 จัดให้น้ำพริกเป็นอาหารประจำครอบครัวที่ขาดไม่ได้ น้ำพริกเป็นอาหารที่ดีต่อสุขภาพ เพราะน้ำพริกแต่ละถ้วยอุดมด้วยวัตถุดิบที่มีประโยชน์ อาทิ กุ้งแห้ง กะปิ และปลาร้า รวมถึงเครื่องเทศต่าง ๆ ที่ไม่ว่าจะเป็นพริก กระเทียม หอมแดง ฯลฯ ล้วนแต่เป็นสมุนไพรที่มีคุณประโยชน์ต่อสุขภาพ[2] ส่วนประกอบหลายชนิดของน้ำพริกมีฤทธิ์ทางสมุนไพรและฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา ตัวอย่างเช่น พริกมีสารที่ทำให้มีรสเผ็ดร้อน คือ แคปไซซิน (capsaicin) ฤทธิ์ต่อระบบทางเดินอาหาร ทำให้เพิ่มการหลั่งของน้ำลายและกรดในกระเพาะอาหาร ช่วยย่อยอาหาร กระเทียมมีสรรพคุณ ได้แก่ ขับลมในลำไส้แก้กลากเกลื้อน แก้ไข ช่วยย่อยอาหาร พบสารอัลลิซินในกระเทียมที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย นอกจากนี้ยังช่วยลดปริมาณไขมันในเลือด ได้อีกด้วย[3] น้ำพริกถือว่าเป็นอาหารอย่างหนึ่งที่สามารถพบจุลินทรีย์ทั้งที่มีประโยชน์ และมีโทษ จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ที่อาจตรวจพบ เช่น แบคทีเรียกรดแลคติก เป็นแบคทีเรียที่สามารถสร้างกรดอินทรีย์ เช่น กรดแลคติก และสารชนิดอื่นที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ก่อโรคและที่ทำให้อาหารเน่าเสีย เช่น แบคทีริโอซิน ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ไดอะเซททิล และไมโครเกรด เป็นต้น จากงานวิจัยของนวัฒน์ และคณะ [4] ได้ทำการคัดแยกแบคทีเรียกรดแลคติกจากน้ำพริกโดยเพาะเลี้ยงในอาหาร de Man Regosa Sharpe agar ที่มีแคลเซียมคาร์บอนเนตร้อยละ 1 จากน้ำพริกปลาร้าและน้ำพริกหนุ่ม ซึ่งพบแบคทีเรียกรดแลคติกทั้งหมด 11 และ 5 ไอโซเลต ตามลำดับ เมื่อตรวจสอบลักษณะสัณฐานและทดสอบทางชีวเคมีแล้ว พบว่าน่าจะเป็นแบคทีเรียกรดแลคติก จะเห็นได้ว่าน้ำพริกมีทั้งส่วนผสมและสมุนไพรต่าง ๆ ที่มีประโยชน์ต่อผู้บริโภค อีกทั้งหากมีแบคทีเรียกรดแลคติกอยู่ในน้ำพริกด้วยก็จะยิ่งมีประโยชน์มากยิ่งขึ้น และยังส่งผลช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำพริก

การศึกษาครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายในการคัดเลือกแบคทีเรียกรดแลคติกที่คัดแยกได้จากน้ำพริกที่มีความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียที่ทำให้ก่อให้เกิดโรค และทำให้อาหารเน่าเสีย เพื่อใช้เป็นหัวเชื้อเริ่มต้นในการผลิตส่วนประกอบที่จะนำมาทำเป็นน้ำพริก และใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์น้ำพริกให้มีคุณภาพได้มาตรฐานและมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ศึกษาการคัดแยกแบคทีเรียกรดแลคติกจากน้ำพริก[4]

การเก็บตัวอย่างน้ำพริก

เก็บตัวอย่างน้ำพริกที่มีส่วนผสมของปลาร้าและกะปิ จำนวน 9 ตัวอย่าง จากแหล่งต่าง ๆ ต่อไปนี้ น้ำพริกที่มีส่วนผสมของปลาร้า มี 6 ชนิด ได้แก่ 1) แจ่วปลาร้า มาจากตลาดหมู่บ้านเพชรเกษม 2, 2) น้ำพริกปลาทูใส่ปลาร้า มาจากซอยเพชรเกษม 55/2, 3) น้ำพริกปลาร้าสับคั่วทรงเครื่อง มาจากตลาดบางแค, 4) ปลาร้าสับ มาจากตลาดพุทธมณฑลสาย 2, 5) ซุปมะเขือ มาจากตลาดพุทธมณฑลสาย 2 และ 6) น้ำพริกปลาร้า มาจากตลาดพุทธมณฑลสาย 2 และมีส่วนผสมของกะปิ 3 ชนิด ได้แก่ 1) น้ำพริกกุ้งจ่อม มาจากตลาดหมู่บ้านเพชรเกษม 2, 2) น้ำพริกกะปิ มาจากซอยเพชรเกษม 55/2 และ 3) น้ำพริกกะปิลงเรือ มาจากตลาดบางแค

การคัดแยกแบคทีเรียกรดแลคติกจากน้ำพริก

ชั่งตัวอย่างของน้ำพริก (9 ตัวอย่าง) ชนิดละ 25 กรัม ใส่ลงในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.85 ที่ฆ่าเชื้อแล้วปริมาตร 225 มิลลิลิตร (ความเจือจางเท่ากับ 10^{-1}) แล้วดูดเฉพาะส่วนที่เป็นของเหลวมาเจือจางต่อที่ระดับความเจือจาง

เป็น 10^{-2} จากนั้นนำตัวอย่างอาหารที่เจือจางแล้วมา spread ลงบนอาหาร de Man Regosa Sharpe (MRS) agar ที่ผสมแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ความเข้มข้น ร้อยละ 1 บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง คัดเลือกโคโลนีที่เกิดเป็นวงใส บนจานเพาะเชื้อมาตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาด้วยการย้อมแกรม และทดสอบการสร้างเอนไซม์แคตาเลส ตามวิธีของดวงพร[5]

ศึกษาความสามารถของแบคทีเรียกรดแลคติกในการผลิตสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย

การเตรียมเชื้อแบคทีเรียทดสอบ[6]

เตรียมเชื้อแบคทีเรีย 3 ชนิด ได้แก่ *Bacillus subtilis* TISTR 001, *Escherichia coli* TISTR 780 และ *Staphylococcus aureus* TISTR 118 โดยเลี้ยงเชื้อในอาหาร nutrient broth ปริมาตร 50 มิลลิลิตร บ่มไว้ที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการเจือจางจากเชื้อแบคทีเรีย ให้เชื้อเริ่มต้นมีค่าความขุ่น (Optical density, O.D.) ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร เท่ากับ 0.2 (ปริมาณเชื้อ 10^8 CFU/ml) ด้วย nutrient broth

การเตรียมสารยับยั้งจากแบคทีเรียกรดแลคติก

นำแบคทีเรียกรดแลคติกที่คัดแยกได้เลี้ยงในอาหารเหลว MRS broth ปริมาตร 50 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นเจือจางเชื้อทดสอบจนมีค่าความขุ่น เท่ากับ 0.5 ที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร (ประมาณ 10^8 CFU/ml) ด้วย MRS broth[7] จากนั้นแบ่งสายละลายเชื้อเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1: กรองให้ปราศจากเชื้อโดยใช้กระดาษกรอง Membrane filter ที่มีขนาดรูพรุน 0.45 ไมโครเมตร (มีค่า pH อยู่ระหว่าง 4-5)

ส่วนที่ 2: ปรับ pH ให้เท่ากับ 7 ด้วย 1 N NaOH กรองให้ปราศจากเชื้อโดยใช้กระดาษกรอง Membrane filter ที่มีขนาดรูพรุน 0.45 ไมโครเมตร

การทดสอบความสามารถของแบคทีเรียกรดแลคติกในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียด้วยวิธี agar well diffusion assay [8]

นำเชื้อทดสอบ จากข้อ 2.1 ที่มีค่าความขุ่นที่ 600 nm เท่ากับ 0.2 มาเลี้ยงเชื้อบนจานเพาะเชื้อ ด้วยวิธี spread plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อ nutrient agar เจาะวุ้นด้วย cork border เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.6 มิลลิเมตร จากนั้นปิเปตสารกรองที่ได้ (culture filtrate) จากข้อ 2.2 ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ใส่ลงหลุมในจานเพาะเชื้อ นำมาบ่มไว้ที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง สังเกตการเกิดบริเวณใสรอบ ๆ หลุม (Inhibition zone) วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางการเกิดวงใส คำนวณประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทดสอบตามสูตรดังนี้

ประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทดสอบ (มิลลิลิตร) = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของวงใสรอบหลุม - ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหลุม

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลจากการศึกษาการแยกแบคทีเรียกรดแลคติก

ศึกษาการคัดเลือกแบคทีเรียกรดแลคติกจากน้ำพริกที่มีส่วนผสมของปลาร้าและกะปิ 9 ตัวอย่าง ได้แก่ น้ำพริกที่มีส่วนผสมของปลาร้า มี 6 ชนิด ได้แก่ แจ่วปลาร้า (ตลาดหมู่บ้านเพชรเกษม 2) น้ำพริกปลาทูใส่ปลาร้า (ซอยเพชรเกษม 55/2) น้ำพริกปลาร้าสับคั่วทรงเครื่อง (ตลาดบางแค) ปลาร้าสับ (ตลาดพุทธมณฑลสาย 2) ซุปมะเขือ (ตลาดพุทธมณฑลสาย 2) น้ำพริกปลาร้า (ตลาดพุทธมณฑลสาย 2) และมีส่วนผสมของกะปิ 3 ชนิด ได้แก่ น้ำพริกกุ้งจ่อม (ตลาดหมู่บ้านเพชรเกษม 2) น้ำพริกกะปิ (ซอยเพชรเกษม 55/2) น้ำพริกกะปิลงเรือ (ตลาดบางแค) โดยทำการคัดแยกเชื้อบนอาหาร MRS agar ที่ผสมแคลเซียมคาร์บอเนต และสังเกตลักษณะ clear zone ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 1

จากการศึกษาพบว่าสามารถคัดแยกแบคทีเรียกรดแลคติกได้ทั้งหมด 16 ไอโซเลต โคโลนีมีลักษณะผิวเรียบจนถึงผิวขรุขระ นูนน้อย ถึงนูนมาก การเกิด clear zone รอบ ๆ โคโลนีของเชื้อ เนื่องจาก เชื้อผลิตกรดออกมาแล้วมีผลในการย่อยสลายแคลเซียมคาร์บอเนตที่เป็นส่วนผสมในอาหารเลี้ยงเชื้อ[8] และเมื่อนำมาตรวจดูการย้อมติดสีแกรม พบว่าเชื้อมีรูปร่างท่อน จำนวน

13 ไอโซเลต ได้แก่ B1, B2, B3, E1, E2, E3, F1, G1, G2, H1, I1, I2 และ I3 และมีรูปร่างกลม จำนวน 3 ไอโซเลต ได้แก่ C, G3, H2 พบว่าทั้ง 16 ไอโซเลต ติดสีแกรมบวก และไม่สร้างเอนไซม์แคตาเลส ส่วนน้ำพริกที่ตรวจไม่พบแบคทีเรียกรดแลคติก มี 2 ชนิด ได้แก่ น้ำพริกปลาทูใส่ปลาร้า จากปากซอยเพชรเกษม และน้ำพริกกุ้งจ่อม จากตลาดหมู่บ้านเพชรเกษม 2 ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ นวัฒน์ และคณะ[4] ได้ทำการคัดแยกแบคทีเรียกรดแลคติก จากน้ำพริกโดยเพาะเลี้ยงในอาหาร de Man Regosa Sharpe agar (MRS) ที่มีแคลเซียมคาร์บอนเนต ($CaCO_3$) ร้อยละ 1 พบว่าสามารถคัดแยกแบคทีเรียกรดแลคติกทั้งหมด 11 ไอโซเลต จากน้ำพริกปลาร้า และ 5 ไอโซเลต จากน้ำพริกหนุ่ม เมื่อตรวจสอบลักษณะสัณฐานและทดสอบทางชีวเคมีแล้ว พบว่าเป็นแบคทีเรียกรดแลคติก โดยสามารถแบ่งเป็นสกุลต่างๆ ได้แก่ *Lactobacillus* spp. และ *Weisella* spp. เป็นต้น แบคทีเรียแลคติกเป็นกลุ่มแบคทีเรียที่ย้อมติดสีแกรมบวก ไม่สร้างสปอร์ ไม่สร้างเอนไซม์คะตะเลส เซลล์มีรูปร่างหลายแบบ คือ มีทั้งแบบกลม (cocci) หรือแบบท่อน (rods) พบว่าแบคทีเรียกรดแลคติกเป็นกลุ่มแบคทีเรียที่ได้รับความสนใจในวงการอาหารและเภสัชกรรมอย่างมาก เนื่องจากแบคทีเรียกลุ่มนี้ไม่ก่อโรคแก่มนุษย์และสัตว์ แบคทีเรียแลคติกจะเปลี่ยนอาหารที่มีน้ำตาลให้เป็นกรดแลคติกประมาณร้อยละ 50 และผลิตภัณฑ์อื่น เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ไดอะเซทิล อะเซโทอิน และกรดอินทรีย์ แบคทีเรียแลคติกได้รับการยอมรับว่าเป็นแบคทีเรียที่ปลอดภัย (generally recognized as safe bacteria; GRAS status) และมักใช้ในการหมักอาหารและถนอมอาหาร ซึ่งอาจหมักตามธรรมชาติโดยใช้แบคทีเรียแลคติกที่มีอยู่ในวัตถุดิบหรืออาจเติมแบคทีเรียแลคติกในรูปเชื้อตั้งต้น (starter culture) เติมลงในอาหารภายใต้ภาวะควบคุม ตัวอย่างของจีนัสที่ใช้เป็นเชื้อตั้งต้นในกระบวนการหมักผลิตภัณฑ์นม เนื้อ และผัก ได้แก่ *Lactococcus, Streptococcus, Pediococcus, Leuconostoc, Lactobacillus และ Carnobacterium*[9, 10]

ผลจากการศึกษาความสามารถของแบคทีเรียกรดแลคติกที่สร้างสารยับยั้งแบคทีเรีย

จากนั้นนำ culture filtrate ของจุลินทรีย์ทั้ง 16 ไอโซเลต ทั้งที่ปรับและไม่ปรับ pH มาทดสอบความสามารถในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย ด้วยวิธี agar well diffusion assay โดยใช้เชื้อทดสอบ คือ *Bacillus subtilis* TISTR 001, *Escherichia coli* TISTR 780 *และ Staphylococcus aureus* TISTR 118 ซึ่งเป็นทั้งแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค และทำให้อาหารเน่าเสีย แสดงผลการทดลองดังตารางที่ 2

เมื่อเปรียบเทียบแบคทีเรียกรดแลคติกทั้ง 9 ไอโซเลต ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อทดสอบ พบว่า culture filtrate ที่ไม่ปรับค่า pH ส่วนใหญ่ มีผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อทดสอบ โดยมีเพียงบางไอโซเลตเท่านั้นที่ culture filtrate ที่มีการปรับค่า pH มีผลในการยับยั้งเชื้อทดสอบ ได้แก่ E1 G2 I1 และ I2 เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อทดสอบชนิดเดียวกัน พบว่าแบคทีเรียกรดแลคติกที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *B.subtilis* ได้ดีที่สุดคือ E1 (ไม่ปรับค่า pH) ให้ผลการยับยั้งระดับ+++ (12.33±0.58 มิลลิเมตร) แบคทีเรียกรดแลคติกที่มีผลในการยับยั้ง *E.coli* ได้ดีที่สุด คือ E1 (ไม่ปรับค่า pH) ให้ผลการยับยั้งระดับ+++ (14.00±1.73 มิลลิเมตร) ส่วนแบคทีเรียกรดแลคติกที่มีผลในการยับยั้ง *S.aureus* ได้ดีที่สุด คือ B3 (ไม่ปรับค่า pH) ให้ผลการยับยั้งระดับ+++ (14.67±0.58 มิลลิเมตร) แสดงให้เห็นว่าน้ำพริกกะปิลงเรือ จากตลาดบางแค (พบเชื้อ E1 E2 และ E3) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อทดสอบทั้ง 3 ชนิดได้ดีที่สุด จากการทดลองพบว่า culture filtrate ส่วนใหญ่ที่ไม่ปรับค่า pH มีผลในการยับยั้งเชื้อทดสอบได้ดีกว่าที่ปรับ pH เนื่องจากกรดแลคติก หรือสารที่ทำงานได้ดีในสภาวะเป็นกรด ที่แบคทีเรียกรดแลคติกผลิตขึ้นมีผลในการยับยั้งเชื้อได้ดีกว่าสารที่ไม่ใช่กรดแลคติกหรือสารที่ทำงานในสภาวะเป็นกลาง ซึ่งการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับการทดลองของผุสดีและคณะ[11] ที่ได้ทำการคัดแยกและการคัดเลือกแบคทีเรียกรดแลคติกที่มีสมบัติความเป็นโปรไบโอติกเบื้องต้นจากผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก 42 ตัวอย่าง จากนั้นทดสอบการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคอาหารเป็นพิษ 4 สายพันธุ์ ได้แก่ *Staphylococcus aureus Listeria monocytogenes Salmonella* Typhimurium *และ Escherichia coli* พบว่าแบคทีเรียกรดแลคติกทั้ง 26 ไอโซเลต สามารถรอดชีวิตและเจริญได้มากกว่า10^6 CFU/ml ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแบคทีเรียกรดแลคติกมีค่า pH เหมาะสมต่อการเจริญโดยอยู่ในช่วง 5.58-6.20 แต่จะมีอัตราการเจริญลดลง เมื่อมีค่า pH ลดลง หรือเพิ่มขึ้น[12]

ตารางที่ 1 ลักษณะโคโลนี การติดสีแกรม รูปร่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์ การสร้างเอนไซม์แคตาเลส และความกว้างของวงใส (clear zone) ของแบคทีเรียกรดแลคติกที่คัดแยกได้จากน้ำพริก

ตัวอย่างอาหาร (แหล่ง)	รหัส	ลักษณะโคโลนี	การติดสีแกรม	รูปร่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์	การสร้างเอนไซม์แคตาเลส	ความกว้างของวงใส (มิลลิเมตร)
1. แจ่วปลาร้า (ตลาดหมู่บ้านเพชรเกษม 2)	B1	ผิวเรียบ สีขาวขุ่น นูนน้อย	แกรมบวก	ท่อนสั้น	ไม่สร้าง	3
	B2	ผิวขรุขระ สีขาวขุ่น นูนน้อย	แกรมบวก	ท่อนสั้น	ไม่สร้าง	2
	B3	ผิวเรียบ สีขาว นูนมาก	แกรมบวก	ท่อน	ไม่สร้าง	1
2. น้ำพริกกะปิ	C	ผิวเรียบ สีขาว นูนน้อย	แกรมบวก	กลม	ไม่สร้าง	1
3. น้ำพริกกะปิลงเรือ (ตลาดบางแค)	E1	ผิวเรียบ สีขาว นูนมาก	แกรมบวก	ท่อนสั้น	ไม่สร้าง	5
	E2	ผิวเรียบ สีขาว นูนน้อย	แกรมบวก	ท่อนสั้น	ไม่สร้าง	5
	E3	ผิวเรียบ สีขาว นูนน้อย	แกรมบวก	ท่อนสั้น	ไม่สร้าง	3
4. น้ำพริกปลาร้าสับคั่วทรงเครื่อง (ตลาดบางแค)	F1	ผิวเรียบ สีขาวขุ่น นูนน้อย	แกรมบวก	ท่อนยาว	ไม่สร้าง	3
5. ปลาร้าสับ (ตลาดสาย2)	G1	ผิวเรียบ สีขาวขุ่น นูนน้อย	แกรมบวก	ท่อนยาว	ไม่สร้าง	4
	G2	ผิวเรียบ สีขาว นูนมาก	แกรมบวก	ท่อนยาว	ไม่สร้าง	4
	G3	ผิวเรียบ สีครีม นูนมาก	แกรมบวก	กลม	ไม่สร้าง	3
6. ชุปมะเขือ (ตลาดสาย2)	H1	ผิวเรียบ สีขาว นูนน้อย	แกรมบวก	ท่อนสั้น	ไม่สร้าง	1
	H2	ผิวแห้ง สีขาว นูนมาก	แกรมบวก	กลม	ไม่สร้าง	2
7. น้ำพริกปลาร้า (ตลาดสาย2)	I1	ผิวเรียบ สีขาว นูนน้อย	แกรมบวก	ท่อนสั้น	ไม่สร้าง	2
	I2	ผิวเรียบ สีขาวขุ่น นูนน้อย	แกรมบวก	ท่อนสั้น	ไม่สร้าง	2
	I3	ผิวเรียบ สีขาว นูนน้อย	แกรมบวก	ท่อนยาว	ไม่สร้าง	2

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพของแบคทีเรียกรดแลคติกในการยับยั้งการเจริญแบคทีเรียทดสอบ

รหัสไอโซเลต	ประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทดสอบ (mm)					
	Bacillus subtilis		*Escherichia coli*		*Staphylococcus aureus*	
	ไม่ปรับ pH	ปรับ pH	ไม่ปรับ pH	ปรับ pH	ไม่ปรับ pH	ปรับ pH
B1	-	-	10.00±0.00 (++)	-	10.00±0.00 (++)	-
B2	-	-	10.00±0.00 (++)	-	10.00±0.00 (++)	-
B3	-	-	10.00±0.00 (++)	-	14.67±0.58 (+++)	-
C	-	-	-	-	-	-
E1	12.33±0.58 (+++)	-	14.00±1.73 (+++)	10.67±1.15 (++)	14.00±0.00 (+++)	-
E2	10.67±1.15 (++)	-	-	-	14.33±1.15 (+++)	-
E3	9.33±1.15 (++)	-	10.00±0.00 (++)	-	-	-

รหัสไอโซเลต	ประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทดสอบ (mm)					
	Bacillus subtilis		*Escherichia coli*		*Staphylococcus aureus*	
	ไม่ปรับ pH	ปรับ pH	ไม่ปรับ pH	ปรับ pH	ไม่ปรับ pH	ปรับ pH
F1	-	-	-	-	-	-
G1	-	-	-	-	-	-
G2	-	10.00±0.00 (++)	-	-	-	-
G3	-	-	-	-	-	-
H1	-	-	-	-	-	-
H2	-	-	-	-	-	-
I1	-	-	-	7.00±0.00 (+)	9.00±1.00 (++)	10.00±0.00 (++)
I2	-	-	9.67±0.58 (++)	6.00±1.15 (+)	-	-
I3	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ ประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทดสอบ มี 4 ระดับ ไม่เกิด clear zone = (-) 1-8 mm = (+) 8-12 mm = (++) มากกว่า 12 mm = (+++)

แบคทีเรียกรดแลคติกสามารถสร้างสารยับยั้งจุลินทรีย์ได้หลายชนิด เนื่องจากแบคทีเรียกรดแลคติกสามารถผลิตสาร ได้แก่ กรดแลคติก ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ แบคทีริโอซิน และไดอะเซทิล[13] แบคทีริโอซินจะเข้าสู่เยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์เป้าหมายโดยอาศัยแรงไฟฟ้าสถิต (electrostatic) เหนี่ยวนำให้เกิดรูบนเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์เป้าหมาย และขัดขวางกระบวนการแรงขับเคลื่อนโปรตอน (proton motive force) รวมทั้งรบกวนสมดุลของความเป็นกรด-ด่าง เป็นผลให้เกิดการรั่วไหลของกรดอะมิโนและไอออน เกิดการสลายตัวของของอะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (adenosine triphosphate, ATP) ทำให้เซลล์ตายในที่สุด[14] อีกทั้งนฤมล[15] ได้รายงานว่ากรดแลคติกสามารถทำลายชั้นลิโพพอลลิแซ็กคาไรด์ (lipopolysaccharide layer) ของเมมเบรนชั้นนอก (outer membrane) ของ *E.coli* จนทำให้ *E.coli* ตายได้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Noonpakdee et al. (2009)[16] ที่ศึกษาแบคทีเรียกรดแลคติก *L.plantarum* PMU33 ซึ่งแยกได้จากปลาส้มฟัก โดยพบว่าสามารถผลิตแบคทีริโอซินในปริมาณสูงและทนความร้อนสูงได้ และสามารถยับยั้ง *S.aureus B.cereus และ L.monocytogenes* ซึ่งเป็นเชื้อสาเหตุของอาหารเน่าเสียและก่อโรคในคนได้อีกด้วย

การศึกษาครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าในน้ำพริกส่วนใหญ่ที่มีส่วนผสมของกะปิ และปลาร้า จะสามารถตรวจพบแบคทีเรียกรดแลคติกที่มีความสามารถในการผลิตสารที่มีผลในการยับยั้งจุลินทรีย์ที่ทำให้ก่อให้เกิดโรค และทำให้อาหารเน่าเสีย ดังนั้นหากเรานำเอาแบคทีเรียกรดแลคติกที่คัดแยกได้มาเป็นหัวเชื้อในการหมักกะปิ หรือปลาร้า ก็จะเพิ่มคุณประโยชน์ให้แก่น้ำพริก และส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค และสามารถยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์น้ำพริกให้นานขึ้น

สรุป

การศึกษานี้สามารถคัดแยกแบคทีเรียกรดแลคติกได้ 16 ไอโซเลต จากน้ำพริก 9 ชนิด ที่มีส่วนผสมของปลาร้า และมีส่วนผสมของกะปิ เมื่อตรวจสอบลักษณะสัณฐานวิทยาแล้วพบว่าทั้ง 16 ไอโซเลต พบว่าติดสีแกรมบวก มีรูปร่างกลมและท่อน ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นท่อน และเมื่อนำไปศึกษาความสามารถในการสร้างสารยับยั้งเชื้อ *Bacillus subtilis Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* พบว่าแบคทีเรียแต่ละไอโซเลตมีความสามารถในการยับยั้งเชื้อได้แตกต่างกัน โดยไอโซเลตส่วนใหญ่ มี

ความสามารถในการยับยั้งเชื้อทดสอบ เมื่ออยู่ในสภาวะที่เป็นกรด พบว่าแบคทีเรียกรดแลคติกที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการยับยั้งเชื้อทดสอบ 3 ชนิด คือ E1 (ไม่ปรับค่า pH) ซึ่งคัดแยกได้จากน้ำพริกกะปิลงเรือ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ที่สนับสนุนทั้งงบประมาณ สถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. น้ำพริก [อินเตอร์เน็ท]. 2559. [เข้าถึงเมื่อ 28 มีนาคม 2562] เข้าถึงได้จาก https://th.wikipedia.org/wiki/น้ำพริก
2. ศูนย์วิชาการ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ. น้ำพริก เมนูมหัศจรรย์. กรุงเทพฯ: ศูนย์วิชาการ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ; 2553.
3. สิริมนต์ ชายเกตุ, ศาลินา วงษ์ไทย, อรุษา เชาวนลิขิต, อุลิสาน์ พาชีครีพลาผล, ชาติรส การะเวก, สมชาย สุริยะศิริบุตร. การบริโภคน้ำพริกของผู้บริโภคในกรุงเทพมหานคร. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 2553; 2: 64-79.
4. นวัฒน์ เกตุสวัสดิ์, ธีระชัย ธนานันต์, นฤมล ธนานันต์. การคัดกรองแบคทีเรียกรดแลคติกจากน้ำพริก. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2559; 5: 67-76.
5. ดวงพร. อนุกรมวิธานของแบคทีเรียและปฏิบัติการ กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์; 2550.
6. สุนันทนาถ นุราภักดิ์, สุดฤดี ประเทืองวงศ์ อาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อเพิ่มกิจกรรมการยับยั้งโรคของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์สายพันธุ์ผสม. ในเอกสารประกอบการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49. 1-4 กุมภาพันธ์ 2554. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ; 2554.
7. จีรศักดิ์ ญาติรักษ์, วิชญาพร ยืนยั่งม วีรยา เพ็งช่วย, มณฑล เลิศคณาวนิชกุล. การลดลงของระดับคอเลสเตอรอลที่ผสมในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว Man Rogosa Sharpe ในหลอดทดลองโดยแบคทีเรียกรดแลคติค. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ 2557; 17: 30-9.
8. สมใจ ศิริโภค, ประวัติ อังประภา, พรชัย ขจีนาฎ, โพธิเวชกุล, อรอนงค์ พริ้งศุลกะ. การคัดเลือกและจำแนกชนิดของแบคทีเรียที่สร้างแบคทีรีโอซินได้จากอาหารหมัก และการศึกษาคุณสมบัติของแบคทีรีโอซินที่ผลิตได้. วารสารวิทยาศาสตร์ มศว. 2550; 23: 92-114.
9. Stiles M.E. and Hastings J.W. Bacteriocin production by lactic acid bacteria: potential for use in meat preservation. Trends Food Sci Technol 1991; 2: 247-51.
10. ศศิวิมล ชื่นอิ่ม อาเหม็ด และอดิศร เสวตวิวัฒน์. การใช้ประโยชน์และการตรวจหาแบคทีเรียแลกติกในอาหาร. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 2548; 23: 88-101.
11. ผุสดี ดังวัชรินทร์, จิโรจน์ นิธิสันถวะคุปต์, กานต์ สุขสุแพทย์. การคัดแยกและการคัดเลือกแบคทีเรียแลคติกที่มีสมบัติความเป็นโปรไบโอติกเบื้องต้นจากผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก. ภาควิชาการเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง; 2559.
12. Salminen S., Deighton M., Gorbach S. Lactic Acid Bacteria. New York: Marcel Dekker; 1993.
13. ดวงรัตน์ สารีภาวงษ์, นันทพล สุทธิพันธ์. การแยกและคัดเลือกแบคทีเรียแลคติกที่สามารถสร้างสารยับยั้งจุลชีพจากอาหารหมัก. ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี; 2539.

14. Hwanhlem N., Buradaleng S., Wattana-chant S., Benjakul S., Tani A., Maneerat S. Isolation and screening of lactic acid bacteria from Thai traditional fermented fish (Plasom) and production of Plasom from selected strains. Food Control 2010; 22: 401-7.
15. นฤมล ทองงาม. การศึกษาลักษณะบางประการของแบคทีเรียแลคติกที่สร้างจากแบคทีเรียกรดแลคติกที่แยกได้จากผลิตภัณฑ์อาหารเนื้อและปลาหมักของไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ; 2553.
16. Noonpakdee W., Jumriangrit P., Witta-yakom K., Zendo J., Nakayama J., Sonomoto K., Panyim S. Two-peptide bacteriocin from *Lactobacillus plantarum* PMU 33 strain isolated from som-fak, a Thai low salt fermented fish product. Asia Pac J Mol Biol and Biotechnol 2009; 17: 19-25.

[AS-P11] การศึกษาอุณหภูมิอบแห้งสารสกัดเห็ดหลินจือด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย

Study on Spray Drying Temperature of Lingzhi Mushroom Extract

กาจบัณฑิต พิมพา[1], กชพัฒน์ นพพลกิตติเจริญ[1], และ จรัญ ลิขิตรัตนพร[*2]
Kadbundit Pimpar[1], Kodchapat Nopponkitticharoen[1], and Charun Likitratanaporn[*2]
[1]*สาขาวิศวกรรมแปรรูปผลิตผลเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี*
[2]*คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี*
[*]*ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: lcharun@exchange.rmutt.ac.th*

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของอุณหภูมิในกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยสารสกัดของเห็ดหลินจือที่มีผลต่อลักษณะทางกายภาพและปริมาณของสารพอลิแซ็คคาไรด์ในผงเห็ดหลินจือ ในการศึกษาจะมีการควบคุมความเข้มข้นของสารสกัดเห็ดหลินจือ ก่อนที่จะนำมาเข้าสู่กระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย 4% Brix และผสม 3% Maltodextrin โดยกำหนดอุณหภูมิขาเข้าอยู่ที่ 200 และ 220 °C อุณหภูมิลมร้อนขาออกที่ 100, 105 และ 110 °C ผงเห็ดหลินจือ นำมาวัดความชื้น ค่าสี ขนาดอนุภาคและปริมาณสารพอลิแซ็คคาไรด์ ปริมาณสารพอลิแซ็คคาไรด์ในผงเห็ดหลินจือที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย ทุกตัวอย่างในแต่ละอุณหภูมิไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อุณหภูมิทำแห้งจะมีผลต่อสี เมื่อเพิ่มอุณหภูมิมากขึ้นจะทำให้สีเข้มขึ้น ในขณะที่อุณหภูมิขาออกที่มากขึ้นทำให้ความชื้นของผงลดน้อยลง ส่วนขนาดอนุภาคของผงเห็ดหลินจือของตัวอย่างอุณหภูมิขาเข้าที่ 200 °C และอุณหภูมิลมร้อนขาออกที่ 100 °C มีขนาดเฉลี่ยเท่ากับ 114.07 µm

คำสำคัญ: *เห็ดหลินจือ, กระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย*

Abstract

Study on spray drying temperature of Lingzhi mushroom extract affect to physical and chemical properties, especially the polysaccharide contain in lingzhi powder. The concentration of the Lingzhi extract used in this study are found at 4% Brix solid content, to increase yield and carries the polysaccharide substrate by adding 3% maltodextrin. Drying temperature is controlled at 200 and 220 °C for the inlet air and for the outlet air at 100, 105 and 110 °C. After spray drying, the Lingzhi powder is collected and does qualities evaluation such as moisture content, color, particle size distribution and quantity of polysaccharide. The results show that the polysaccharide contains in Lingzhi powder samples are non-significantly difference in each level of temperature ($p>0.05$). However, the color of Lingzhi powder change to the darker color with increasing the inlet air drying temperature, while the moisture content of Lingzhi powder drop with increasing the outlet air temperature. The particle size of Lingzhi powder sample under the inlet air at 200 °C and the outlet air at 100 °C show the average size at 114.07 µm.

Keywords: *Lingzhi mushroom, spray drying*

บทนำ

ในปัจจุบันคนไทยมีความนิยมรับประทานอาหารเสริม เพราะรักสุขภาพ อาหารเสริมเป็นทางเลือกหนึ่งในการบำรุงร่างกาย เห็ดหลินจือเป็นเห็ดที่มีต้นกำเนิดมาจากประเทศจีน เชื่อกันว่าเป็นยาอายุวัฒนะ[(1)] มีลักษณะเป็นราขนาดใหญ่[(2)] สารสำคัญในเห็ดหลินจือมีสารพอลิแซ็คคาไรด์ที่สามารถป้องกันเนื้องอก นอกจากนี้ยังสามารถรักษาโรคภูมิแพ้ โรคความดัน โรค

กระเพาะ ลดน้ำตาลในเลือด และเพิ่มความต้านทาน[3] ปกติในร่างกายของคนเราจะเกิดเซลล์มะเร็งขึ้นเองตลอดเวลา แต่ในขณะเดียวกันร่างกายก็จะมีภูมิคุ้มกันกำจัดเซลล์มะเร็งได้เช่นกัน แต่ถ้าระดับภูมิคุ้มกันกำจัดเซลล์มะเร็งมีปัญหา ไม่สามารถกำจัดเซลล์มะเร็งลงได้ จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคมะเร็ง เห็ดหลินจือจัดว่าเป็นสมุนไพรที่ได้รับความสนใจในอันดับต้นๆ จากนักวิจัยทั่วโลก[4]

เห็ดหลินจือ เป็นสิ่งมีชีวิตที่จัดอยู่ในอาณาจักรของรามีลักษณะเป็นราขนาดใหญ่ ไม่มีคลอโรฟิลล์ จึงไม่สามารถสังเคราะห์อาหารจากแสงแดดได้เหมือนพืชทั่วไป มีสรรพคุณทางยาสูง[2] เห็ดหลินจือนิยมเก็บรักษาในสภาพแห้ง เนื่องจากเก็บไว้ได้นาน[5] เพราะเห็ดหลินจือมีลักษณะเหนียวแข็ง เคี้ยวไม่ได้ จึงบริโภคได้แต่ส่วนที่เป็นสารละลายหรือสารสกัดที่ออกมาเท่านั้น[2] การสกัดเป็นหน่วยปฏิบัติการที่ใช้ในอุตสาหกรรมเกษตรจำนวนมาก เพื่อแยกสารที่ต้องการออกมา เช่น สารสกัดพืชเพื่อแยกสี สารสกัดต้านอนุมูลอิสระจากสมุนไพร สารสกัดที่ได้จะนำมาบริโภคโดยตรงหรือนำมาทำแห้ง ก่อนนำมารับประทานก็ได้ การทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dryer) เป็นอีกวิธีหนึ่งในการทำแห้งสารสกัด

การทำแห้งแบบพ่นฝอย เป็นการทำให้วัสดุที่ต้องการอบแห้งมีลักษณะเป็นผง โดยใช้เครื่องพ่นละออง ทำให้อาหารเหลวเป็นละออง สัมผัสกับกระแสลมร้อนภายในห้องอบแห้ง ทำให้น้ำในอาหารระเหยออกไปอย่างรวดเร็ว ผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้มีลักษณะเป็นผงแห้ง อาหารผงที่ได้มีความชื้นต่ำ นิยมใช้ในการแปรรูปอาหารแห้งที่มีลักษณะเป็นผง[6] โดยที่อุณหภูมิในการอบแห้งมีผลต่อความชื้นของผงแห้ง อุณหภูมิขาเข้าจะมีผลโดยตรงต่ออัตราการลดความชื้นและผกผันกับคุณภาพ ส่วนอุณหภูมิขาออกจะมีผลต่อความชื้นของผงแห้ง ใช้ในการควบคุมค่าความชื้นผงแห้งที่ต้องการ

ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงสนใจในการศึกษาอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าและอุณหภูมิลมร้อนขาออก ในการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่จะส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพและปริมาณสารพอลิแซ็คคาไรด์ในผงเห็ดหลินจือ

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อปริมาณสารพอลิแซ็คคาไรด์ในเห็ดหลินจือที่ผ่านกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย
2. ศึกษาลักษณะทางกายภาพของเห็ดหลินจือที่ผ่านกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมสารสกัดเห็ดหลินจือ

ด้วยเห็ดหลินจือที่ลักษณะเป็นของแข็ง (เห็ดหลินจืออบแห้ง) การเตรียมสารสกัดเห็ดหลินจือ ด้วยกระบวนการต้มสกัดให้อยู่ในรูปของของเหลว แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากความเข้มข้นของสารสกัดที่ได้ต่ำมาก เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน จึงควรทำให้สารสกัดมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น โดยกระบวนการระเหย (Evaporation) ก่อนนำไปทำแห้งแบบพ่นฝอย

1.1 ขั้นตอนในการผลิตสารสกัดเห็ดหลินจือ:

1.1.1 ใช้น้ำทำบริสุทธิ์จากกระบวนการ Reverse osmosis (RO) ใส่ลงไปในหม้อต้มสกัดปริมาตร 1000 ลิตร ต้มน้ำให้เดือดและรักษาอุณหภูมิหม้อต้มในการสกัดที่ 60 °C

1.1.2 ชั่งเห็ดหลินจืออบแห้ง จำนวน 100 kg ใส่ลงไปในหม้อต้มที่มีน้ำเดือด

1.1.3 เปิดใบพายกวนเห็ดหลินจือในหม้อเพื่อเป็นการช่วยการสกัดใช้เวลาไม่น้อยกว่า 3 ชั่วโมง

1.1.4 จากนั้นเก็บสารสกัดเห็ดหลินจือครั้งที่ 1 ใช้ตะแกรงและผ้ากรองมาแยกกากชิ้นเล็กๆของเห็ดหลินจือที่ไหลออกมาจากหม้อต้มสกัด

1.1.5 หลังจากเปิดให้สารสกัดไหลออกมาจนหมด แล้วนั้นก็ทำการเปิดฝาหม้อและตักกากชิ้นใหญ่ออกจากหม้อให้หมด บีบกากเห็ดหลินจือที่มีขนาดใหญ่โดยใช้ถุงบีบและเครื่องบีบ นำเอาน้ำที่ตกค้างภายในกากของเห็ดหลินจือออก

1.1.6 นำสารสกัดที่ได้จากการบีบ และการต้มสกัดทั้งหมดมากรองเอาเศษอีกครั้งหนึ่ง จากนั้นตรวจสอบความเข้มข้นของสารสกัดเห็ดหลินจือโดยใช้เครื่อง Hand refractometer ในการวัดความเข้มข้นของสารสกัดเห็ดหลินจือ

1.1.7 กากที่ได้จากข้อ 5. นำมาทำการต้มสกัดอีก 2 ครั้ง โดยลดจำนวนน้ำลง เหลือปริมาตร 500 และ 400 ลิตร ตามลำดับ ท้ายที่สุดนำสารสกัดที่ได้มาทั้ง 3 รอบมารวมกันและนำไประเหยน้ำ ทำให้ความเข้มข้นเพิ่มขึ้น

1.2 ขั้นตอนในการระเหยสารสกัดเห็ดหลินจือ:

1.2.1 เติมสารสกัดเข้าไปในเครื่องระเหยน้ำ

1.2.2 เปิดเครื่องระเหย ให้ทำงานโดยจะเริ่มให้ความร้อนกับสารสกัดที่อุณหภูมิ 40 - 60 °C

1.2.3 วัดความเข้มข้นด้วยเครื่อง Hand refractometer เมื่อได้ความเข้มข้นที่ต้องการ 2 – 3 %Brix แล้วนำสารสกัดออก แล้วปิดเครื่องระเหย

1.2.4 ทำการกรองสารสกัดอีกครั้งเพื่อแยกตะกอนออกจากน้ำเห็ดหลินจือในกระบวนการนี้

2. การทำแห้งสารสกัดเห็ดหลินจือด้วยการพ่นฝอย

สารสกัดเห็ดหลินจือที่ได้มีความเข้มข้นประมาณ 2-3 %Brix นำสารสกัดมาผสมกับ Maltodextrin ประมาณ 3% จะได้สารสกัดเห็ดหลินจือที่ความเข้มข้นประมาณ 4 – 5 % Brix ก่อนทำการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิขาเข้า 2 ระดับคือ ที่ 200 °C และ 220 °C และอุณหภูมิลมร้อนขาออก 3 ระดับ ที่ 100 °C, 105 °C และ 110 °C

2.1 ขั้นตอนในการอบแห้งแบบพ่นฝอยเห็ดหลินจือ:

2.1.1 เปิดเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย

2.1.2 ปรับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้า อยู่ที่ 200 °C และ 220 °C และอุณหภูมิลมร้อนขาออก อยู่ที่ 100 °C, 105 °C และ 110 °C

2.1.3 เปิดฆ้อนลม เมื่ออุณหภูมิที่ตั้งไว้คงที่ ป้อนสารสกัดเห็ดหลินจือเข้าทางสายป้อนตัวอย่าง

2.1.4 เมื่อน้ำเห็ดหลินจือหมดแล้วเติมน้ำกรองเพื่อทำการไล่สารสกัดที่ติดค้างอยู่ที่สายยางป้อนให้หมด ปิดเครื่องโดยรอให้ทำการอบจนเสร็จ

2.1.5 เก็บตัวอย่างใส่ถุงฟลอยด์ รอการนำไปตรวจคุณภาพต่อไป

3. การวิเคราะห์คุณภาพ

3.1 การวิเคราะห์ความชื้น:

ทำการหาความชื้นผงเห็ดหลินจือโดยการอบไล่ความชื้นผงเห็ดหลินจือจำนวน 3 กรัม ด้วย Hot air oven จนน้ำหนักคงที่ หลังจากนั้นนำน้ำหนักก่อนอบและหลังอบ มาคำนวณหาความชื้น[7]

3.2 การวิเคราะห์สารพอลิแซ็คคาไรด์:

หาปริมาณของสารพอลิแซ็คคาไรด์ในผงเห็ดหลนจือที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอย ทำโดยวิธี Phenol sulfuric acid method เป็นการใช้สารเคมีในการทำปฏิกิริยากับสารพอลิแซ็คคาไรด์ และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ด้วยเครื่อง Spectrophotometer Model: Helios Alpha ใช้ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร เปรียบเทียบผลกับกราฟสารละลายมาตรฐานกลูโคส[8]

3.3 วิเคราะห์ค่าสี:

เครื่องวัดสีแบบ Colorimeter spectrometer Model: Hunter Lab โดยใช้โปรแกรม Hunter lab (L* a* b*) illuminate D65 TT (Total Transmission) ในการวัดค่าสีของผงเห็ดหลินจือที่ละลายน้ำ ด้วยอัตราส่วน ผงเห็ดหลินจือ 1 g และปริมาตรน้ำกลั่น 100 ml วิเคราะห์ค่า L* a* b*

3.4 วิเคราะห์ขนาดของอนุภาค:

วิเคราะห์ได้โดยวิธี Sieve analysis method เป็นการร่อนเพื่อหาขนาดของอนุภาคผงเห็ดหลินจือที่ได้ โดยการใช้ตะแกรงร่อนและเครื่องเขย่าตะแกรง เพื่อหาการกระจายของขนาดอนุภาคปริมาณ 100 กรัม โดยใช้ตะแกรงร่อนรวม 8 ชุดที่มีรู

เปิดขนาด 212 159 106 75 63 53 45 µm. และตะแกรงทึบหรือถาดรองทึบอยู่ล่างสุด เขย่า 20 นาที ตรวจปริมาณวัสดุผงคงเหลือในแต่ละชั้น นำไปคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ในแต่ละขนาดอนุภาคที่ตกค้าง [9]

3.5 วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ:

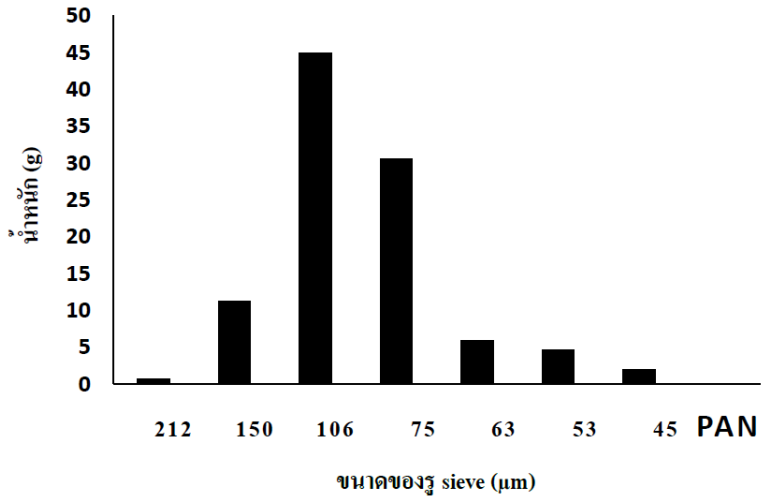
นำผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพไปทำการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยแบบ Analysis of variance และวิเคราะห์ความแตกต่างด้วย Least significant difference

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการทำการทดลองอุณหภูมิขาเข้าของการอบแห้งแบบพ่นฝอยกำหนดให้อยู่ที่ 200 ºC และ 220 ºC อุณหภูมิขาออกของการอบแห้งแบบพ่นฝอยกำหนดให้อยู่ที่ 100 ºC, 105 ºC และ 110 ºC นำตัวอย่างของผงเห็ดหลินจือที่ได้มาวิเคราะห์ความชื้น, ปริมาณสารพอลิแซ็คคาไรด์ และค่าสี ได้ผลการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้:

1. ผลของขนาดอนุภาค

ขนาดของผงเห็ดหลินจือที่หาได้จากการร่อนตะแกรง เป็น % ของผงเห็ดหลินจือที่ตกค้างอยู่ด้านบนของตะแกรงแต่ละอัน



ภาพที่ 1 กราฟแสดงการกระจายของขนาดผงเห็ดหลินจือตามขนาดต่างๆ ตะแกรง

จากภาพที่ 1 พบว่า 45% ของน้ำหนักผ่านตะแกรงที่มีขนาดช่องเปิด (opening size) 150 µm แต่ไม่ผ่านตะแกรงที่มีขนาดช่องเปิด 106 µm ดังนั้นขนาดของอนุภาคในส่วนนี้ซึ่งยังค้างอยู่บนตะแกรงขนาดช่องเปิด 106 µm จึงมีค่าระหว่างขนาด 150 µm ถึง 106 µm ในส่วนของอนุภาคอื่นๆ สามารถอธิบายได้ในลักษณะเดียวกัน

2. ผลของค่าสี

ค่าสีที่ได้จากการวัดแล้วจะนำค่า L* a* และ b* มาวิเคราะห์ โดยค่า L* ค่าความสว่างของสารละลาย ค่าที่สูงกว่าจะแสดงว่ามีความสว่างที่มากกว่า มีค่าตั้งแต่ 1 - 100 ค่า a* จะบอกถึงสีเขียวและสีแดง ซึ่งถ้าค่า a* เป็นบวกจะมีสีแดง แต่ถ้าเป็นลบจะมีสีเขียว ค่า b* บอกถึงสีน้ำเงินและ สี่เหลือง ค่า b* เป็นบวกจะมีสีเหลือง แต่ถ้าเป็นลบจะมีสีน้ำเงิน ดังตารางที่ 1

ตัวอย่างที่ใช้อุณหภูมิ 200/100 ºC และ 200/105 ºC มีค่าความสว่าง 89.37 และ 90.35 มีค่าความสว่างมากกว่า มีค่าสีแดง 1.47 และ 1.25 ค่าของสีแดงที่ต่ำกว่า มีค่าสีเหลือง 23.58 และ 21.53 ค่าสีเหลืองต่ำกว่าตัวอย่างที่ใช้อุณหภูมิมากกว่าตัวอื่น จึงทำให้มีค่าที่แตกต่างทางสถิติกับตัวอย่างอื่นอย่างเห็นได้ชัดแต่ตัวอย่างที่สองจะไม่มีค่าที่แตกต่างทางสถิติกัน ถ้ามองจากชุดอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ 220 ºC จะสามารถอธิบายได้เลยว่า อุณหภูมิลมร้อนขาออกที่มากขึ้นจะมีผลต่อสีทำให้มีสีเข้มขึ้นด้วย ตัวอย่างที่ใช้อุณหภูมิที่ 220/100 ºC จะมีความสว่างมากที่สุดมีค่าคือ 86.57 มีสีแดงอ่อนที่สุดมีค่าคือ 2.94 มีสีเหลืองอ่อนสุด

เช่นกันมีค่าคือ 29.37 ซึ่งมองโดยรวมแล้วดูจะสว่างที่สุดในชุดอุณหภูมิที่ใช้ลมร้อนขาเข้าที่ 220 ºC ตัวอย่างที่ใช้อุณหภูมิที่ 220/105 ºC จะมีความสว่างมีค่าคือ 84.86 มีสีแดงมีค่าคือ 3.79 มีสีเหลืองมีค่าคือ 31.82 ซึ่งอยู่ในระดับกลางเมื่อเทียบกับข้อมูลชุดนี้ ตัวที่มีค่าความเข้มที่มากที่สุดในข้อมูลชุดนี้คือตัวอย่าที่ใช้อุณหภูมิที่ 220/110 ºC มีค่าความสว่างอยู่ที่ 84.45 มีค่าสีแดงอยู่ที่ 3.96 มีค่าสีเหลืองอยู่ที่ 33.40 ในชุดตัวอย่างนี้ตัวอย่างที่ใช้อุณหภูมิลมร้อนขาออกทั้งสามชุดนั้น ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเนื่องจากมีค่าสีที่ไม่ค่อยแตกต่างกันมากนัก ส่วนในชุดตัวอย่างอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ 200 ºC อธิบายได้ว่าชุดตัวอย่างนี้ ตัวอย่างที่ใช้อุณหภูมิ 200/110 ºC มีค่าสว่างคือ 84.77 มีค่าสีแดงคือ 3.85 มีค่าสีเหลืองคือ 32.65 เข้มที่สุดในชุดตัวอย่างนี้ แตกต่างจากสองตัวอย่างในชุดเดียวกัน เพราะทั้งสองตัวอย่างในชุดตัวอย่างนี้ที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้วว่ามีค่าความสว่างที่สูงที่สุดสองตัวอย่างทำให้เกิดความแตกต่างทางสถิติได้อย่างชัดเจน ถ้าเปรียบเทียบตัวอย่างที่มีค่าสว่างที่สุด และตัวอย่างที่มีค่าเข้มที่สุด ดังนี้คือชุดอุณหภูมิ 200/105 ºC และ220/110 ºC ตามลำดับ และจะเห็นได้ว่าทั้งสองตัวอย่างมีค่าสีที่ไปในทิศทางเดียวกันแต่มีค่าสีที่ต่างระดับกัน เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้นั้นแตกต่างกันด้วย

ตารางที่ 1 ค่าความแตกต่างทางสถิติของค่าสี

ผลการทดลอง	ค่าสีของผงเห็ดหลินจือ					
	อุณหภูมิ 200/100°C	อุณหภูมิ 200/105°C	อุณหภูมิ 200/110°C	อุณหภูมิ 220/100°C	อุณหภูมิ 220/105°C	อุณหภูมิ 220/110°C
L*	89.37^{b}	90.35^{b}	84.77^{a}	86.57^{a}	84.86^{a}	84.45^{a}
a*	1.47^{a}	1.25^{a}	3.85^{b}	2.94^{b}	3.79^{b}	3.96^{b}
b*	23.58^{a}	21.53^{a}	32.65^{b}	29.37^{b}	31.82^{b}	33.40^{b}

หมายเหตุ ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตัวอย่างทั้งหมดนี้สีที่ได้จากการวิเคราะห์ มีค่า L* (ความสว่าง) เกิน 50 ซึ่งจะเป็นค่าที่ค่อนไปทางสว่าง มีค่า a* ที่เป็นค่าบวกค่าที่ได้จึงเป็นสีแดง มีค่า b* เป็นบวกซึ่งให้ค่าที่ได้เป็นสีเหลือง ตัวอย่างที่ใช้อุณหภูมิสูงกว่าทำให้สีที่ได้นั้นเข้มขึ้นตามไปด้วย

3. ผลของความชื้น

ผงเห็ดหลินจือเมื่อนำมาอบด้วยเครื่อง Hot air oven แล้วนั้น นำน้ำหนักมาคำนวณหาความชื้นเพื่อนำผลมาวิเคราะห์ความแตกต่างของแต่ละตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าความแตกต่างทางสถิติของความชื้น

ผลการทดลอง	ความชื้นของผงเห็ดหลินจือ					
	อุณหภูมิ 200/100°C	อุณหภูมิ 200/105°C	อุณหภูมิ 200/110°C	อุณหภูมิ 220/100°C	อุณหภูมิ 220/105°C	อุณหภูมิ 220/110°C
ค่าความชื้น (%)	7.3533^{b}	6.2467^{ab}	5.4833^{a}	6.4967^{ab}	6.1267^{a}	5.9833^{ab}

หมายเหตุ ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัย สำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตัวอย่างที่ใช้อุณหภูมิ 200/100 ºC มีความชื้น 7.3533% ซึ่งมีค่ามากที่สุดในตัวอย่างผงเห็ดหลินจือที่ใช้อุณหภูมิขาเข้า 200 ºC รองลงมาจะเป็นตัวอย่างที่ใช้อุณหภูมิ 200/105 ºC มีความชื้น 6.2467% และตัวอย่างที่ใช้อุณหภูมิ 200/110 ºC มี

ความชื้น 5.4833% ซึ่งมีค่าความชื้นน้อยที่สุดในตัวอย่างที่อุณหภูมิขาเข้าที่ 200°C ในตัวอย่างที่ใช้อุณหภูมิ 220/100 °C มีความชื้น 6.4967% มีค่ามากที่สุดในตัวอย่างผงเห็ดหลินจือที่ใช้อุณหภูมิขาเข้า 220 °C รองลงมาเป็นตัวอย่างที่ใช้อุณหภูมิ 220/105 °C มีความชื้น 6.1267% และตัวอย่างที่ใช้อุณหภูมิ 220/110 °C มีความชื้น 5.9833% ซึ่งมีความชื้นน้อยที่สุดในตัวอย่างที่ใช้อุณหภูมิขาเข้าที่ 220 °C ค่าความชื้นที่มากที่สุดในตัวอย่างผงเห็ดหลินจือทั้งหมดคือตัวอย่างที่ใช้อุณหภูมิ 200/100 °C มีค่าความชื้น 7.3533% และค่าความชื้นที่น้อยที่สุดในตัวอย่างผงเห็ดหลินจือ ทั้งหมดคือตัวอย่างที่ใช้อุณหภูมิ 200/110 °C มีค่าความชื้น 5.4833% ทั้งสองตัวอย่างมีความแตกต่างทางสถิติ

อย่างไรก็ตามความชื้นของตัวอย่างทั้งหมดอยู่ระหว่าง 5.4833% - 7.3533% ใกล้เคียงกับงานวิจัยผลของอุณหภูมิการอบแห้งและสารช่วยอบแห้งต่อคุณภาพของน้ำสับปะรดผง โดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย[10] และการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปริมาณความชื้นที่อนุญาตให้มีได้ในสมุนไพร โดยทั่วไปกำหนดให้มีปริมาณน้ำหรือความชื้นไม่เกิน 8% ซึ่งความชื้นที่ได้ไม่มีค่าเกิน 8% ตามที่ทั่วไปกำหนด ดังนั้นความชื้นที่ได้จากตัวอย่างผงเห็ดหลินจือทั้งหมดสามารถยอมรับได้โดยทั่วไปของสมุนไพรผง

4. ผลของปริมาณสารพอลิแซ็คคาไรด์

สารพอลิแซ็คคาไรด์ที่ได้จาการทำการทดลองโดยวิธีการใช้ Phenol sulfuric acid เพื่อวัดค่าการดูดกลืนแสงของการเกิดปฏิกิริยา ระหว่างสารละลายของผงเห็ดหลินจือที่ผ่านการอบแห้งแบบพ่นฝอยแล้วกับ สารเคมีที่นำมาวิเคราะห์ ได้ผลของปริมาณสารพอลิแซ็คคาไรด์ ดังตารางที่ 3

จากตารางที่ 3 อธิบายได้ว่าตัวอย่างที่ใช้อุณหภูมิ 200/100 °C มีปริมาณของสารพอลิแซ็คคาไรด์ 0.0857 มีปริมาณสารมากที่สุดจากการวิเคราะห์ของตัวอย่างที่ใช้อุณหภูมิขาเข้าที่ 200 ทั้งหมด ตัวอย่างที่ใช้อุณหภูมิ 200/105 °C จะมีปริมาณสารพอลิแซ็คคาไรด์รองลงมาคือ 0.0683 ตัวอย่างที่ใช้อุณหภูมิ 200/110 °C มีปริมาณของสารพอลิแซ็คคาไรด์ 0.0567 เป็นตัวอย่างที่มีปริมาณสารพอลิแซ็คคาไรด์น้อยที่สุดในตัวอย่างที่ใช้อุณหภูมิเริ่มต้นที่ 200 °C ในส่วนของตัวอย่างที่ใช้อุณหภูมิเริ่มต้นที่ 220 °C ตัวอย่างที่มีสารพอลิแซ็คคาไรด์มาที่สุดคือ 220/110 °C มีสารพอลิแซ็คคาไรด์ 0.0867 ตัวอย่างรองลงมาคือตัวอย่างที่ใช้อุณหภูมิ 220/105 °C มีสารพอลิแซ็คคาไรด์ 0.0693 ตัวอย่างที่มีปริมาณสารพอลิแซ็คคาไรด์น้อยที่สุดคือตัวอย่างที่ใช้อุณหภูมิ 220/100 °C มีสารพอลิแซ็คคาไรด์ 0.0513 ซึ่งน้อยที่สุดในตัวอย่างที่ใช้อุณหภูมิขาเข้าที่ 220 °C

ตารางที่ 3 ค่าความแตกต่างทางสถิติของปริมาณสารพอลิแซ็คคาไรด์

ผลการทดลอง	ปริมาณสารพอลิแซ็กกาไรด์ของผงเห็ดหลินจือ					
	อุณหภูมิ 200/100°C	อุณหภูมิ 200/105°C	อุณหภูมิ 200/110°C	อุณหภูมิ 220/100°C	อุณหภูมิ 220/105°C	อุณหภูมิ 220/110°C
พอลิแซ็กกาไรด์	0.0857[a]	0.0683[a]	0.0567[a]	0.0513[a]	0.0693[a]	0.0867[a]

หมายเหตุ ค่าที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างทั้งหมด ได้ตัวอย่างที่มีสารพอลิแซ็คคาไรด์มากที่สุดคือตัวอย่างที่ใช้อุณหภูมิ 220/110 °C มีสารพอลิแซ็คคาไรด์ 0.0867 ตัวอย่างที่มีปริมาณสารพอลิแซ็คคาไรด์น้อยที่สุดคือตัวอย่างที่ใช้อุณหภูมิ 220/100 °C มีสารพอลิแซ็คคาไรด์ 0.0513 ตัวอย่างทั้งสองมีปริมาณสารพอลิแซ็คคาไรด์ที่แตกต่างกัน 0.0347 เมื่อนำปริมาณสารพอลิแซ็คคาไรด์จากตัวอย่างทั้งหมดมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติแล้วพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เนื่องจากปริมาณของสารพอลิแซ็คคาไรด์ที่ได้มีค่าที่ใกล้เคียงกัน เพราะการทำแห้งแบบพ่นฝอยใช้ความร้อนสูง แต่น้ำเห็ดหลินจือถูกพ่นให้มีขนาดเล็กมากจึงใช้เวลาไม่นานกว่าน้ำในเม็ดผงเห็ดหลินจือจะระเหยออกอย่างรวดเร็ว สอดคล้องกับงานวิจัยของทามอน ฮาจิมิ[11] เนื่องจากเวลาในกระบวนการทำแห้งสั้นมาก แม้แต่วัสดุที่เสื่อมสภาพโดยความร้อนก็จะไม่สูญเสียคุณภาพ

สรุป

ความแตกต่างของค่าสีของสารละลายผงเห็ดหลินจือ ที่ผ่านกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย พบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นทำให้ได้ค่าสีที่เข้มขึ้น ความชื้นในผงเห็ดหลินจือที่ผ่านกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย พบว่าเมื่ออุณหภูมิลมร้อนขาออกเพิ่มมาก ความชื้นจะลดลง ผงเห็ดหลินจือในตัวอย่างที่ใช้อุณหภูมิทุกตัวอย่างมีความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ที่กำหนด คือ ความชื้นไม่เกิน 8% ของกลุ่มสมุนไพรผง ส่วนความแตกต่างของปริมาณสารพอลิแซ็คคาไรด์ในผงเห็ดหลินจือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) จากการที่ได้วิเคราะห์ผลทั้งหมด ตัวอย่างที่ใช้อุณหภูมิในการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่ดีที่สุดคือ อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ 200 °C และอุณหภูมิลมร้อนขาออกที่ 100 °C เป็นตัวอย่างที่ใช้อุณหภูมิลมร้อนทั้งขาเข้าและขาออกต่ำที่สุด ทำให้ลดพลังงานในการให้ความร้อนได้ มีค่าสีที่ไม่เสี่ยงกับการไหม้ของผงเห็ดหลินจือ มีความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ และมีปริมาณของสารพอลิแซ็คคาไรด์ที่ไม่แตกต่างจากตัวอย่างอื่น

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยในครั้งนี้เนื่องจากการวิเคราะห์ขนาดของผงเห็ดหลินจือ ต้องใช้ผงเห็ดหลินจือ ในปริมาณมาก และควรทำการทดลองในที่ที่มีความชื้นในอากาศต่ำ เพราะผงเห็ดหลินจือสามารถดูดความชื้นในอากาศได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ผงเห็ดหลินจือเกาะกันเป็นก้อนไม่สามารถผ่าน รูตะแกรงวัดขนาดได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัทเอชวีเอซี เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด โดยคุณครรชิต และคุณมันทณา แช่มภักดี ที่ให้ความอนุเคราะห์ สนับสนุนวัสดุและอุปกรณ์ รวมถึงสถานที่ในการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. สาธิต ไทยทัตกุล. (2538). เห็ดหลินจือ. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สานักพิมพ์วิชา จากัด.
2. สุรพล รักปทุม และชวลิต สันติกิจรุ่งเรือง. (2539). เห็ดหลินจือ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ที.พี.พริ้นท์ จำกัด.
3. อัญชลี จาละ. (2557). การผลิตเห็ดหลินจือโดยใช้เศษใบไม้และกิ่งไม้หมักเป็นส่วนผสมของขี้เลื่อยยางพาราสำหรับทำก้อนเชื้อในแนวเศรษฐกิจพอเพียง ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต.
4. สมศักดิ์ ชินกร. (2549). เห็ดหลินจือกับการรักษาโรค. กรุงเทพฯ : โฟร์ พริ้นติ้ง จากัด.
5. สมพงษ์ บัวแย้ม. (2555). เพาะเห็ดเศรษฐกิจ เห็ด 3 อย่างล้างพิษ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : พงษ์สาส์น จำกัด.
6. สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. (2540). การทำแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท. พิมพ์ครั้งที่ 7 กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
7. ขวัญชนก ชุมพลอโนมคุณ. (2553). การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตมะม่วงผงด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย. ปัญหาพิเศษภาควิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวและแปรสภาพ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
8. ศรีสุดา เคยอาษา. (2554). การศึกษาคุณลักษณะของเอนไซม์ฟรุกโตซิลทรานสเฟอเรสจากแก่นตะวันเพื่อนำไปผลิตฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยศิลปากร.
9. Mounir, S. and Allaf, K. (2008) Three-stage spray drying: new process involving instant controlled process drop. Drying Technology. 26,4 (2008): 452-463.
10. สโรบล สโรชวิกสิต และชัยรัตน์ ตั้งดวงดี. (2554). ผลของอุณหภูมิการอบแห้งและสารช่วยอบแห้งต่อคุณภาพของน้ำสับปะรดผงโดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย กรุงเทพฯ: วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. หน้า 203-215.
11. ทามอน ฮาจิมิ. (2548). เทคโนโลยีการอบแห้งในอุตสาหกรรมอาหาร. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

[AS-P12] ผลของสารให้ความคงตัวต่อลักษณะทางเคมีกายภาพและทางประสาทสัมผัสของสมูทตี้อกไก่

Effect of Stabilizers on the Physicochemical and Sensory Characteristics of Chicken Breast Smoothie

วิชชุดา สังข์แก้ว[*1], และ ภัชรี สิทธิกิจโยธิน[2]
Witchuda Sangkaeo[*1], and Patcharee Sittikityotin[2]
[1]*สาขาวิชาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย*
[2]*สาขาวิชาพื้นฐาน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย*
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: Witchuda_san@utcc.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารให้ความคงตัวต่อสมบัติทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของสมูทตี้อกไก่ โดยใช้สารให้ความคงตัว 2 ชนิด คือแซนแทนกัมและโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) โดยแปรปริมาณที่ใช้เป็นร้อยละ 0.02 และ 0.05 โดยน้ำหนักสูตร เปรียบเทียบกับสูตรควบคุมที่ไม่ใส่สารให้ความคงตัว ผลการทดลองพบว่าสารให้ความคงตัวไม่มีผลต่อค่าพีเอชของสมูทตี้อกไก่ ($p>0.05$) สูตรที่มีการเติมสารให้ความคงตัวมีลักษณะเนื้อสมูทตี้ที่คงตัวและมีความเนียนมากกว่าสูตรควบคุมและมีค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ต่ำกว่าสูตรควบคุม ($p\leq0.05$) สูตรที่เติมแซนแทนกัมร้อยละ 0.05 มีค่าความหนืดและได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้าน ลักษณะปรากฏ รสชาติและการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด หลังจากเก็บรักษาสมูทตี้ทุกสูตรไว้ 7 วัน โดยบรรจุในขวดพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส พบว่าสูตรที่เติมสารให้ความคงตัวในปริมาณที่สูงขึ้นทำให้สมูทตี้มีค่า sedimentation index เพิ่มมากขึ้นและพบว่าสมูทตี้อกไก่ที่เติมแซนแทนกัมร้อยละ 0.05 มีค่า sedimentation index สูงที่สุดและไม่มีการตกตะกอนระหว่างการเก็บรักษา

คำสาคัญ: *สมูทตี้อกไก่, แซนแทนกัม, โซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส, สารให้ความคงตัว*

Abstract

This research was aimed to study the effect of the stabilizers on the physicochemical and sensory properties of chicken breast smoothie. Xantan gum and sodium carboxymethylcellulose (CMC) were used as stabilizers at 0.02% and 0.05% (W/W) and compared with the control. Results indicated that the stabilizers no effect on pH ($p>0.05$). The sample with stabilizers were more stable texture and viscose than control and showed the color values of L* a* and b* were significantly lower than control ($p\leq0.05$).The sample with 0.05% xanthan gum showed the highest viscosity and received the highest score of appearance, taste and overall acceptability. After storage all sample in polyethylene terephthalate at 4±2 $^{\circ}$C for 7 days the results showed that the sedimentation index increased with increasing in stabilizers concentration and were found that the sample with 0.05% xanthan gum had the highest of sedimentation index ($p\leq0.05$) and no precipitate during storage.

Keywords: *chicken breast smoothie, xantan gum, sodium carboxymethylcellulose, stabilizer*

บนำ

พฤติกรรมการบริโภคของผู้บริโภคยุคใหม่ ให้ความสำคัญต่อการรับประทานอาหารที่ดีต่อสุขภาพควบคู่กับการออกกำลังกาย ปัจจุบันการออกกำลังกายโดยมุ่งเน้นการเสริมสร้างกล้ามเนื้อให้ดูแน่นเป็นมัดกล้ามเป็นที่นิยมมากขึ้น ซึ่งทำให้ผู้ออกกำลังกลุ่มนี้ต้องคำนึงถึงสารอาหารที่เกี่ยวข้องกับพลังงานและการสร้างกล้ามเนื้อ ซึ่งได้แก่สารอาหารจำพวกโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งโปรตีนมีบทบาทสำคัญในการสร้างกล้ามเนื้อและซ่อมแซมในส่วนที่สึกหรอ สำหรับคนปกติปริมาณโปรตีน

ที่ควรได้รับในแต่ละวันคือ 0.8 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม สำหรับผู้ที่ออกกำลังกายเพื่อสร้างกล้ามเนื้อ จำเป็นต้องได้รับโปรตีนในปริมาณที่มากกว่าคนปกติหลายเท่า ปริมาณที่แนะนำคือ 2-3 กรัม ต่อน้ำหนัก 1 กิโลกรัม หรือประมาณ 120 กรัมต่อวัน [(1)] เนื้อไก่เป็นอาหารที่ประกอบด้วยน้ำร้อยละ 74 มีโปรตีนสูงถึงร้อยละ 19 [(2)] ซึ่งโปรตีนของเนื้อไก่เป็นโปรตีนคุณภาพดี มีกรดอะมิโนชนิดจำเป็นที่ร่างกายสร้างเองไม่ได้ ปัจจุบันมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่มีการเสริมโปรตีนชนิดต่างๆ เพื่อเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคที่ต้องการบริโภคอาหารที่ต้องการสร้างกล้ามเนื้อให้สามารถบริโภคได้สะดวกมากขึ้น สมูทตี้เป็นเครื่องดื่มประเภทปั่น มีลักษณะเนื้อที่หนืดเป็นครีม ทำมาจากผลไม้สดหรือแช่แข็งอาจมีการเติมนม ช็อคโกแลต โยเกิร์ตหรือไอศกรีม เพื่อให้มีรสชาติน่ารับประทานมากขึ้น [(3)] สมูทตี้เป็นเครื่องดื่มที่ผู้รักสุขภาพนิยมบริโภค ดังนั้นการพัฒนาสมูทตี้สูตรที่มีอกไก่เป็นส่วนผสมเป็นผลิตภัณฑ์สมูทตี้ที่มีโปรตีนในปริมาณสูง จึงเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคที่ต้องการสร้างกล้ามเนื้อที่สามารถบริโภคโปรตีนในรูปแบบที่แตกต่างออกไปจากการบริโภคเนื้อสัตว์อย่างเดียว ลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสของสมูทตี้มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค เมื่อเก็บรักษาสมูทตี้ระหว่างรอการจำหน่ายในตู้แช่เย็น สมูทตี้จะเกิดการแยกชั้นของน้ำออกมาจากส่วนที่เป็นเนื้อสมูทตี้ทำให้เกิดลักษณะปรากฏที่ไม่น่ารับประทาน ซึ่งปัญหาดังกล่าวสามารถปรับปรุงได้โดยใช้สารให้ความคงตัว สารให้ความคงตัวมีหลายชนิด เช่น แซนแทนกัม (xanthan gum) โซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโล (sodium carboxymethylcellulose : CMC) เจลาติน (gelatin) โซเดียมอัลจิเนต (sodium alginate) และกัมอะราบิก (gum Arabic) สามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพของเครื่องดื่ม ไอศกรีม ซุป โดยช่วยเพิ่มความหนืดและความคงตัว ช่วยให้มีเนื้อสัมผัสที่เรียบเนียนและลดการเกิดการแยกชั้นของเนื้อและน้ำ ในระหว่างการเก็บรักษาหรือรอการจำหน่าย [(4)] ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารให้ความคงตัวที่มีต่อคุณภาพของสมูทตี้อกไก่ในด้านสมบัติทางเคมีกายภาพ ทางประสาทสัมผัส

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การผลิตสมูทตี้อกไก่

1.1 วัตถุดิบ

เนื้อส่วนอกไก่ตัดแต่งหนังออก (ซื้อจากฟู้ดแลนด์ซุปเปอร์มาร์เกต) นมพาสเจอไรส์รสจืดชนิดปราศจากแลคโตส (ตราเมจิ) น้ำเย็น มอลทิทอลไซรัป (ตรา Kontrol) กล้วยหอมสุก (เปลือกสีเหลืองเนื้อกล้วยมีความแข็งและไม่เละ) ผงโกโก้ (ตราโกโก้ดัทช์)

1.2 วิธีการทำสมูทตี้อกไก่

การผลิตสมูทตี้อกไก่โดยศึกษาผลของสารให้ความคงตัว 2 ชนิด ที่มีต่อคุณภาพของ สมูทตี้อกไก่ คือ แซนแทนกัม (xanthan gum) และโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (sodium carboxymethylcellulose : CMC) ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.02 และ 0.05 โดยน้ำหนักสูตรสมูทตี้อกไก่ เปรียบเทียบกับสมูทตี้อกไก่สูตรมาตรฐานที่ไม่ใช้สารให้ความคงตัว โดยสูตรมาตรฐานที่พัฒนามาจาก ไก่ปั่นเมนู 1 [(5)] มีส่วนผสมทั้งหมดประกอบด้วย เนื้อส่วนอกไก่ตัดแต่งหนังออก นมพาสเจอไรส์รสจืดชนิดปราศจากแลคโตส น้ำเย็น มอลทิทอลไซรัป กล้วยหอมสุก ผงโกโก้ ร้อยละ 26.01, 15.17, 50.57, 4.26, 2.89 และ 1.10 โดยน้ำหนักสูตร ตามลำดับ กระบวนการผลิตสมูทตี้อกไก่ ทำโดยนำอกไก่มาตัดแต่งหนังออก หั่นเป็นชิ้นขนาด 1 x 1 x 1 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร นำไปต้มในน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที นำมาแช่น้ำเย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสนาน 10 นาที ทำให้สะเด็ดน้ำและปั่นรวมกับส่วนผสมอื่นและสารให้ความคงตัว (ในสูตรที่เติมสารให้ความคงตัว) ในเครื่องปั่นตรา OTTO รุ่น BE-127A ความเร็วรอบในการปั่น 6,000 รอบต่อนาที ปั่นนาน 3 นาที บรรจุลงขวดพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วัน และนำมาศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพ คือค่าพีเอช ค่าความหนืด ค่าสี ทดสอบทางประสาทสัมผัส หาค่า Sedimentation index (%) ในวันที่ 1 3 และ 7 ของการเก็บรักษา

2. ศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของสมูทตี้อกไก่

นำสมูทตี้อกไก่ทั้ง 5 สูตร มาศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพ ดังนี้

2.1 วัดค่าความหนืดของสมูทตี้อกไก่ ด้วยเครื่อง Brookfield Digital Viscometer รุ่น RVTDV-II

2.2 วัดค่าสีของสมูทตี้อกไก่ โดยใช้เครื่อง Hunter Lab Mini Scan EZ Hand-Held Spectrophotometer

2.3 วัดค่าพีเอช โดยใช้ pH meter Hanna Model 211

2.4 หาค่า Sedimentation index (%) [6] โดยเก็บรักษาสมูทตี้อกไก่ที่บรรจุในขวดพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต ขนาด 350 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ สุ่มตัวอย่างมาหาค่า Sedimentation index (%) ในวันที่ 1 3 และ 7 ของการเก็บรักษา โดยวัดความสูงของสมูทตี้ที่บรรจุในขวดหลังจากบรรจุขวดทันที วัดระยะจากด้านบนสุดของเนื้อสมูทตี้จนถึงก้นขวด เมื่อเก็บไว้ 1 3 และ 7 วัน นำมาวัดความสูงของเนื้อสมูทตี้เฉพาะส่วนที่เป็นเนื้อ จากด้านบนสุดจนถึงก้นขวด (เนื่องจากสมูทตี้ในขวดบรรจุเกิดการแยกชั้นของน้ำออกมา) นำค่าที่วัดมาคำนวณโดยใช้สูตร

$$\text{Sedimentation index (\%)} = \frac{\text{ความสูงของเนื้อสมูทตี้เมื่อเก็บไว้ระยะเวลาหนึ่ง}}{\text{ความสูงของเนื้อสมูทตี้เริ่มต้นหลังบรรจุขวด}} \times 100$$

3. ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของสมูทตี้อกไก่

ประเมินผลความชอบทางประสาทสัมผัส ในด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติและการยอมรับโดยรวม ด้วยวิธี 9–point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 5 = เฉยๆ 9 = ชอบมากที่สุด) โดยใช้ผู้ทดสอบ 15 คน จากผู้ที่ออกกำลังกายเพื่อสร้างกล้ามเนื้อและนักกีฬาเพาะกาย จำนวน 15 คน

4. การประเมินผลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลการทดลองทางสถิติ แบบ Complete Randomized Design (CRD) ทดลอง 3 ซ้ำ สำหรับสมบัติทางเคมีกายภาพและแบบ Randomized Completed Block Design (RCBD) สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม SPSS version 23

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของสมูทตี้อกไก่ พบว่าสูตรที่เติมสารให้ความคงตัวมีลักษณะเนื้อของสมูทตี้ที่คงตัวเป็นเนื้อเดียวกันและมีความเนียนของเนื้อสมูทตี้มากกว่าสูตรควบคุม ผลการวัดค่าสี แสดงในตารางที่ 1 พบว่า สมูทตี้อกไก่ที่มีการเติมแซนแทนกัมและโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส มีค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเติมสารให้ความคงตัวทั้ง 2 ชนิดส่งผลให้สมูทตี้มีลักษณะเนื้อที่มีความคงตัวมากขึ้นซึ่งทำให้เนื้อเกาะตัวกันมากขึ้นจึงมีผลทำให้ค่าความสว่างลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม

ตารางที่ 1 ค่าสีของสมูทตี้อกไก่สูตรควบคุมและสูตรที่เติมแซนแทนกัมและโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส

สูตร	ค่าสี		
	L*	a*	b*
สูตรควบคุม	0.17 ± 0.07^{a}	1.32 ± 0.06^{a}	0.81 ± 0.11^{a}
สูตรที่เติมแซนแทนกัม ร้อยละ 0.02	0.05 ± 0.02^{b}	0.38 ± 0.02^{d}	0.10 ± 0.00^{c}
สูตรที่เติมแซนแทนกัม ร้อยละ 0.05	0.06 ± 0.02^{b}	0.78 ± 0.06^{c}	0.33 ± 0.03^{b}
สูตรที่เติมโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ร้อยละ 0.02	0.09 ± 0.05^{b}	0.77 ± 0.13^{c}	0.23 ± 0.02^{bc}
สูตรที่เติมโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ร้อยละ 0.05	0.02 ± 0.00^{b}	0.94 ± 0.13^{b}	0.68 ± 0.23^{a}

^{a,b,c,d} ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ความหนืดของสมูทตี้อกไก่ แสดงในตารางที่ 2 พบว่าสูตรที่เติมสารให้ความคงตัวทั้งสองชนิดมีค่าความหนืดสูงกว่าสูตรควบอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยสูตรที่เติมแซนแทนกัม มีค่าความหนืดสูงกว่าสูตรที่เติมโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และสูตรที่เติมแซนแทนกัมร้อยละ 0.05 มีค่าความหนืดสูงกว่าสูตรที่เติมแซนแทนกัม ร้อยละ 0.02 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องมาจากแซนแทนกัมมีโครงสร้างโมเลกุลที่เป็นสายยาวและสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลอื่นได้มากกว่าสูตรที่เติมโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Akkarachaneeyakorn [7] ที่พบว่าน้ำผลมัลเบอรี่ที่เติมแซนแทนกัมมีค่าความหนืดสูงกว่าน้ำมัลเบอรีที่เติม โซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในปริมาณที่เท่ากัน และพบว่าค่าพีเอชของสมูทตี้ทั้ง 5 สูตร ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 6.34-6.38 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนวพร [8] ที่พบว่าสารให้ความคงตัวต่างชนิดกันไม่มีผลต่อค่าพีเอชของไอศกรีมนมสด

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสมูทตี้อกไก่ ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติและการยอมรับโดยรวม แสดงในตารางที่ 3 พบว่าสมูทตี้อกไก่ทุกสูตรได้รับคะแนนการยอมรับด้าน สีและกลิ่น ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) และพบว่าสูตรที่เติมแซนแทนกัม ร้อยละ 0.05 และสูตรที่เติมโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ร้อยละ 0.05 ได้รับคะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ รสชาติและการยอมรับโดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) และมีค่าสูงกว่าสูตรควบคุมและสูตรที่เติมแซนแทนกัมและโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ร้อยละ 0.02 ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 2 ค่าความหนืดและพีเอชของสมูทตี้อกไก่สูตรควบคุมและสูตรที่เติมแซนแทนกัมและโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส

สูตร	ความหนืด ที่ 60 s^{-1} (cP)	ค่าพีเอช ^{ns}
สูตรควบคุม	164.67 ± 3.06^{d}	6.37 ± 0.02
สูตรที่เติมแซนแทนกัม ร้อยละ 0.02	333.33 ± 18.90^{b}	6.35 ± 0.05
สูตรที่เติมแซนแทนกัม ร้อยละ 0.05	412.00 ± 19.08^{a}	6.34 ± 0.01
สูตรที่เติมโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ร้อยละ 0.02	261.33 ± 8.08^{c}	6.38 ± 0.04
สูตรที่เติมโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ร้อยละ 0.05	290.00 ± 6.00^{c}	6.38 ± 0.01

^{a,b,c,d} ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสมูทตี้อกไก่สูตรควบคุมและสูตรที่เติมแซนแทนกัมและโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส

สูตร	ลักษณะปรากฏ	สี ^{ns}	กลิ่น ^{ns}	รสชาติ	การยอมรับโดยรวม
สูตรควบคุม	5.73 ± 0.80^{c}	7.53 ± 0.83	7.27 ± 1.67	6.33 ± 1.05^{d}	5.60 ± 1.05^{c}
สูตรที่เติมแซนแทนกัม ร้อยละ 0.02	6.73 ± 0.88^{ab}	7.13 ± 0.99	7.13 ± 1.55	6.67 ± 0.98^{cd}	6.53 ± 0.64^{b}
สูตรที่เติมแซนแทนกัม ร้อยละ 0.05	7.33 ± 0.82^{a}	7.20 ± 0.77	6.80 ± 1.32	7.53 ± 0.83^{a}	7.60 ± 0.98^{a}
สูตรที่เติมโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ร้อยละ 0.02	6.47 ± 0.74^{b}	7.40 ± 0.91	7.27 ± 0.96	6.93 ± 0.88^{bc}	6.53 ± 0.74^{b}
สูตรที่เติมโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ร้อยละ 0.05	7.13 ± 1.06^{ab}	7.27 ± 1.03	7.33 ± 1.18	7.47 ± 1.19^{ab}	7.20 ± 0.94^{a}

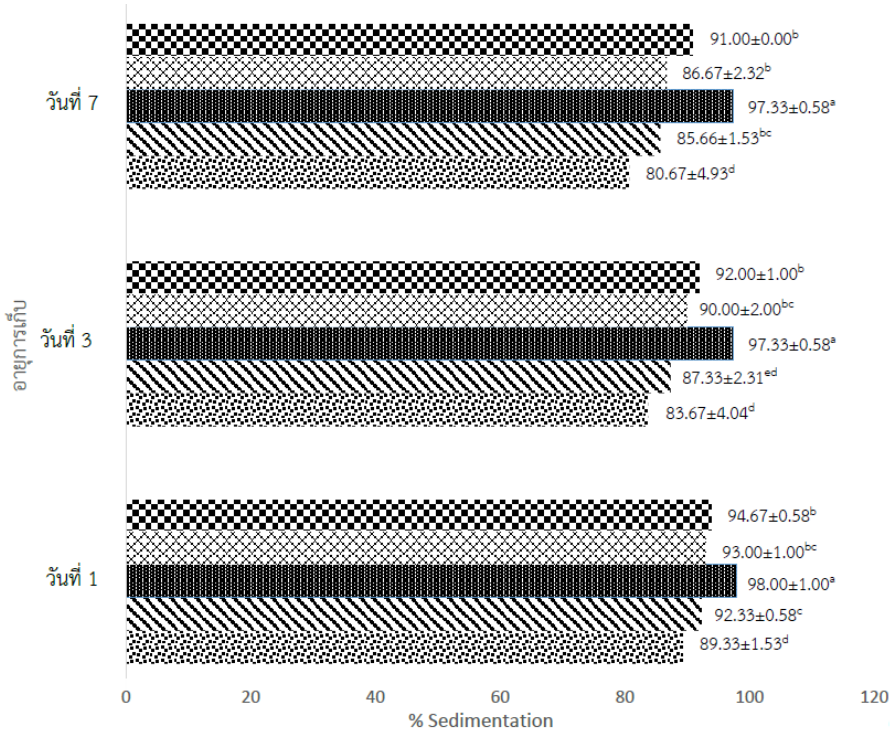
^{a,b,c,d} ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

การวิเคราะห์ค่า Sedimentation index ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความคงตัวของเนื้อสมูทตี้เมื่อเก็บรักษาไว้ระยะเวลาหนึ่ง สมูทตี้ที่มีความคงตัวสูงจะมีน้ำแยกชั้นออกมาน้อยและมีความสูงของเนื้อสมูทตี้ในขวดสูง จะให้ค่า Sedimentation index สูง ผลการวิเคราะห์ค่า Sedimentation index แสดงในกราฟรูปที่ 1พบว่า สูตรที่เติมสารให้ความคงตัวทั้งสองชนิดมีค่า Sedimentation index สูงกว่าสูตรควมคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องมาจากสารให้ความคงตัวทั้ง 2 ชนิด สามารถจับกับโมเลกุลของน้ำเกิดโครงสร้างเป็นเจลทำให้ลดการแยกตัวของน้ำออกมาจากเนื้อสมูทตี้ สูตรที่เติมสารให้ความคงตัวในปริมาณที่สูงขึ้นจะมีค่า Sedimentation index สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Abedi [6] ที่พบว่า น้ำราสเบอรี่ที่เติมสารให้ความคงตัวในปริมาณที่สูงขึ้นก็จะมีค่า Sedimentation index ที่สูงขึ้นเช่นเดียวกัน ในงานวิจัยนี้พบว่าสูตรที่เติมแซนแทนกัมมีค่า Sedimentation index สูงกว่าสูตรที่เติมโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสัมพันธ์กับค่าความหนืดที่พบว่าสูตรที่เติมแซนแทนกัม มีค่าความหนืดสูงกว่าสูตรที่เติมโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ทำให้สูตรที่เติมแซนแทนกัมสามารถจับโมเลกุลของน้ำไว้ได้ดีกว่าน้ำจึงแยกชั้นออกมาน้อย โดยสูตรที่เติมแซนแทนกัมร้อยละ 0.05 จะให้เนื้อสมูทตี้ที่คงตัวและมีน้ำแยกชั้นออกมาน้อยกว่าสูตรที่เติมแซนแทนกัมร้อยละ 0.02 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 7 วัน ส่งผลให้ลักษณะของสมูทตี้ที่บรรจุในขวดขณะเก็บรักษามีลักษณะปรากฏที่ดี

สรุป

ผลของการเติมสารให้ความคงตัว 2 ชนิด คือ แซนแทนกัมและโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ในปริมาณร้อยละ 0.02 และ 0.05 ในสูตรสมูทตี้อกไก่ เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม พบว่าสมูทตี้ที่มีการเติมสารให้ความคงตัวทั้ง 2 ชนิด มีลักษณะทางกายภาพที่ดีขึ้น โดยสมูทตี้มีความหนืดเพิ่มขึ้น มีลักษณะเนื้อที่เป็นเนื้อเดียวกันและมีความเนียนของเนื้อสมูทตี้มากกว่าสูตรที่ไม่เติมสารให้ความคงตัวหรือสูตรควบคุมและมีค่าความสว่าง (L*) ลดลงเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม สมูทตี้สูตรที่เติมแซนแทนกัมร้อยละ 0.05 มีค่าความหนืดสูงที่สุด คือ 412.00 ± 19.08 เซนติพอยส์ เมื่อนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ รสชาติและการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด คือ 7.33 ± 0.82 7.53 ± 0.83 และ 7.60 ± 0.98 ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 7 วันโดยบรรจุในขวดโพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต ที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส พบว่าสมูทตี้สูตรที่เติมแซนแทนกัมร้อยละ 0.05 มีค่า Sedimentation index สูงที่สุด เนื้อสมูทตี้มีความคงตัวสูงมีน้ำแยกชั้นออกมาน้อย ส่งผลให้สมูทตี้ในขวดขณะเก็บรักษามีลักษณะปรากฏที่ดีที่สุด สรุปโดยรวมสมูทตี้อกไก่สูตรที่เติมแซนแทนกัมร้อยละ 0.05 เป็นสูตรที่ดีที่สุดทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบในสูตรพื้นฐานที่เลือกมาใช้



ภาพที่ 1 ค่า Sedimentation index ของสมูทตี้อกไก่สูตรควบคุมและสูตรที่เติมแซนแทนกัมและโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส

เอกสารอ้างอิง

1. โภชนาการกับการเพิ่มกล้ามเนื้อ. [อินเตอร์เนท]. [เข้าถึงเมื่อ 10 ตุลาคม 2561] เข้าถึงได้จาก http://www.buildzburn.com
2. กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. ตารางแสดงชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในอาหารไทย. [อินเตอร์เนท]. [เข้าถึงเมื่อ 12 ตุลาคม 2561] เข้าถึงได้จาก http://nutrition.anamai.moph.go.th/images/file/
3. Wikipedia. Smoothies. [internet]. [cited 2018 October 9]. Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Smoothie
4. พิมเพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. สารที่ทำให้คงตัว.[อินเตอร์เนท]. [เข้าถึงเมื่อ 10 ตุลาคม 2561] เข้าถึงได้จาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1466/stabilizing-agent
5. ไก่ปั่น เมนู1 [อินเตอร์เนท]. [เข้าถึงเมื่อ 10 ตุลาคม 2561] เข้าถึงได้จาก https://youtu.be/rHWgUaN7Yuk
6. Abedi Fa, Mohammadi Ali Sani. Effect of some hydrocolloids blend on viscosity and sensory properties of raspberry juice-milk. J Food Sci Technol. 2014; 5: 2246-50.
7. Akkarachaneeyakorn Sut, Tinrat Siri. Effect of types and amounts of stabilizers on physical and sensory characteristics of cloudy ready-to-drink mulberry fruit juice. Food Sci Nutr. 2015; 213-20.
8. นวพร หงส์พันธุ์ และ จันทรสุดา อดุลยศักดิ์สกุล. ผลของแป้งกล้วยดัดแปรและสารให้ความคงตัวทางการค้าต่อสมบัติทางเคมีกายภาพและทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมนมสด. ว.วิทย์. กษ. 2556; 44 (พิเศษ) :217-20.

[AS-P13] การใช้เพคตินจากเปลือกมะกรูดเป็นสารให้ความคงตัวในการผลิตไอศกรีมจากน้ำมะกรูด

Utilization of Pectin from Kaffir Lime Peel as a Stabilizers in Kaffir Lime Juice Ice Cream

ทิพย์ธิดา หนูทรัพย์, ภัสราภรณ์ ขาวพุ่ม, อมรรัตน์ จันทร์แม้น, และปิยนุสร์ น้อยด้วง*
Tiptida Nusap, Passaraporn Kaopoom, Amornrat Chanman, and Piyanoot Noiduang*
ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: piyanoot.noi@siam.edu*

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ ศึกษาการใช้เพคตินที่สกัดได้จากเปลือกมะกรูดด้วยน้ำกลั่น และกรดซิตริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 มาใช้เป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมจากน้ำมะกรูดเปรียบเทียบกับเพคตินทางการค้า โดยแปรชนิดของเพคตินเป็น 4 สูตร คือ สูตรที่ 1 ไอศกรีมที่ใช้เพคตินทางการค้า สูตรที่ 2 ไอศกรีมที่ใช้เพคตินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น สูตรที่ 3 ไอศกรีมที่ใช้เพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 และสูตรที่ 4 ไอศกรีมที่ใช้เพคตินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นผสมกับเพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 (อัตราส่วน 1:1) ไอศกรีมทุกสูตรใช้เพคตินที่ความเข้มข้นเท่ากัน คือ ร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก พบว่าไอศกรีมสูตรที่ 3 มีค่าร้อยละการขึ้นฟูสูงที่สุด ในขณะที่สูตรที่ 2 มีร้อยละการขึ้นฟูต่ำที่สุด เมื่อวัดอัตราการละลาย พบว่าไอศกรีมสูตรที่ 2 ละลายเร็วที่สุด รองลงมา คือ สูตรที่ 1, 3 และ 4 ตามลำดับ เมื่อนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale พบว่าไอศกรีมทั้ง 4 สูตรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ในด้านกลิ่น และรสชาติ ส่วนด้านสี พบว่าสูตรที่ 2 มีคะแนนความชอบน้อยที่สุด ส่วนในด้านเนื้อสัมผัส และการละลายในปาก พบว่าสูตรที่ 3 ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด ในด้านความชอบโดยรวม พบว่าสูตรที่ 3 มีคะแนนความชอบไม่แตกต่างจากสูตรที่ 1 ที่เป็นสูตรควบคุม

คำสำคัญ: *เพคติน, สารให้ความคงตัว, มะกรูด, กรดซิตริก, ไอศกรีม*

Abstract

This research was to use pectin extracted from kaffir lime peel by distilled water and citric acid concentration of 20% (w/v) was used as a stabilizer in the production of kaffir lime juice ice cream compared with commercial pectin. The production of ice cream with four various types of pectin (formula 1: commercial pectin ice cream, formula 2: ice cream with pectin extracted with distilled water, formula 3: ice cream with pectin extracted with 20% (w/v) citric acid and formula 4: ice cream with the mixture of pectin extracted with distilled water and pectin extracted with 20% (w/v) citric acid at ratio of 1:1) was investigated. All sample of ice cream were formulated using the same pectin concentration of 1% (w/w). The results showed that the formula 3 has the highest %overrun, while formula 2 has the lowest. Melting rate of formula 2 was the fastest followed by formula 1, 3 and 4. The results of sensory evaluation with 9-point hedonic scale showed that four formula of ice cream had no significant differences ($p>0.05$) in odor and taste, while the color of formula 2 had the lowest scores. In term of melting in mouth, the formula 3 had the highest scores and overall acceptability of the formula 3 was no different from the formula 1, which was a control.

Keywords: *pectin, stabilizer, kaffir lime, citric acid, ice cream*

บทนำ

มะกรูด (*Citrus hystrix* DC.) เป็นไม้ต้นขนาดเล็กในสกุลส้ม สูง 2-8 เมตร ส่วนที่ใช้ประโยชน์ ได้แก่ ผล เป็นรูปทรงกลมหรือ รูปไข่ โคนผลเรียวเป็นจุก ผิวขรุขระ มีต่อมน้ำมัน ผลอ่อนสีเขียวแก่ สุกเป็นสีเหลือง มีรสเปรี้ยว ใบ เป็นใบประกอบที่มีใบย่อยใบเดี่ยว ออกเรียงสลับ ปลายใบและโคนใบมน ขอบใบเรียบ แผ่นใบเรียบเป็นมันสีเขียวเข้ม มีต่อมน้ำมันอยู่ตามผิวใบ มีกลิ่นหอมเฉพาะ ก้านใบมีปีกดูคล้ายใบ ดอก

ออกเป็นช่อตามซอกใบที่ปลายกิ่ง ดอกสีขาว กลีบเลี้ยงมี 5 กลีบ กลีบดอกมี 5 แฉก โคนกลีบดอกติดกัน จากสรรพคุณต่างๆ ที่มีอยู่มากมายในทุกส่วน ทั้งส่วนใบ, ผล, ผิว, เปลือก และน้ำของมะกรูด[1] จึงนิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องหอมและเครื่องสำอาง และใช้เป็นเครื่องปรุงแต่งกลิ่นในการประกอบอาหารบางชนิด และการแปรรูปเป็นมะกรูดแช่อิ่ม ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีการใช้อยู่ในวงจำกัด ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะนำมะกรูดที่เหลือทิ้งจากการนำผิวมะกรูดไปใช้ในการผลิตพริกแกงเชิงพาณิชย์มาใช้ โดยนำมะกรูดที่ได้มาคั้นน้ำเพื่อใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ไอศกรีม ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ขนมหวานแช่เยือกแข็งที่ได้รับความนิยมในการบริโภค และยังมีการนำส่วนที่เหลือทิ้งอย่างเปลือกของมะกรูดมาสกัดเพคติน (pectin) ซึ่งเพคตินเป็นสารประกอบโพลีแซคคาไรด์ที่พบได้ในเปลือกของผักและผลไม้ เช่น มะนาว มะกรูด กล้วย แอปเปิ้ล สตรอเบอร์รี่ สับปะรด เป็นต้น ซึ่งเพคตินจะทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความหนืด (thickener), การเกิดเจล (gelling agent), สารให้ความคงตัว (stabilizer), สารอิมัลซิไฟเออร์ และ cation-binding agent เป็นต้น ทำให้ทิพย์ธิดา หนูทรัพย์ และคณะ (2561)[2] ได้สนใจที่จะศึกษาการคุณสมบัติและประสิทธิภาพของเพคตินจากเปลือกมะกรูดที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและกรดซิตริก พบว่าเพคตินที่สกัดจากเปลือกมะกรูดด้วยน้ำกลั่นจะเป็นเพคตินชนิด high methoxyl pectin ส่วนเพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 จะเป็นเพคตินชนิด low methoxyl pectin ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Shaha และคณะ (2013)[3] และจากการศึกษาดังกล่าวทำให้ทางผู้วิจัยสนใจที่จะนำเพคตินที่สกัดได้มาใช้ประโยชน์ เพื่อใช้เป็นสารให้ความคงตัวในไอศกรีม เนื่องจากเพคตินเป็นสารที่มีการสั่งนำเข้าจากต่างประเทศเป็นจำนวนมาก เพื่อนำมาเป็นส่วนประกอบในการแปรรูปอาหาร และเพคตินที่นำเข้านี้มีราคาที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของการใช้เพคตินจากเปลือกมะกรูดที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและกรดซิตริกมาใช้เป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมจากน้ำมะกรูด

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมน้ำมะกรูด และเพคตินจากเปลือกมะกรูด และตรวจสอบสมบัติทางเคมี-กายภาพของเพคตินที่สกัดได้

นำมะกรูดที่เหลือใช้จากการทำพริกแกงเชิงพาณิชย์ทำการปอกเปลือกมะกรูดสีเขียวออก ล้างทำความสะอาด มาผ่าครึ่ง เอาเมล็ดออก แล้วคั้นน้ำเก็บไว้สำหรับการผลิตไอศกรีม ส่วนเปลือกนำมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง ขัดถูด้วยเกลือแกง และล้างน้ำออก จะได้เป็นส่วนเปลือกสีขาวกับส่วนเนื้อมะกรูด นำกากส่วนนี้มาล้างด้วยน้ำเปล่าและขยำด้วยเกลือแกง ทำสลับกันหลายๆ ครั้งหรือจนกว่าจะหมดรสขม ล้างด้วยน้ำให้สะอาด บีบน้ำออกให้หมด หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ประมาณ 1×1 เซนติเมตร นำเปลือกที่ได้ไปอบด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 3-4 ชั่วโมง เมื่อเปลือกมะกรูดแห้ง นำไปเก็บในโถดูดความชื้น[2]

ทำการสกัดเพคตินจากเปลือกมะกรูดโดยใช้น้ำกลั่น และกรดซิตริกที่ความเข้มข้น ร้อยละ 20 ซึ่งขั้นตอนการสกัดดังนี้ ชั่งเปลือกมะกรูดที่อบแห้ง 50 กรัม เติมตัวทำละลาย (น้ำกลั่น, กรดซิตริก ความเข้มข้นร้อยละ 20 (w/v)) ปริมาตร 700 มิลลิลิตร กวนในอ่างน้ำร้อน ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็น 15 นาที กรองด้วยผ้าขาวบาง เก็บส่วนน้ำที่ได้ วัดค่า pH นำส่วนน้ำที่ได้ไปตกตะกอน โดยเติม absolute ethanol (อัตราส่วน 1:3 โดยปริมาตร) คนให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที กรองด้วยกระชอน เก็บส่วนตะกอน อบตะกอนที่ได้ในตู้อบลมร้อน (Hot air oven) อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 6-8 ชั่วโมง หรือจนกว่าตะกอนจะแห้งดี ชั่งน้ำหนักหลังอบ และบดให้เป็นผง หาค่า %yield และตรวจสอบสมบัติทางเคมี-กายภาพของเพคตินที่สกัดได้ (การวิเคราะห์น้ำหนักสมมูล และ % methoxyl ดัดแปลงจาก ธนาวรรณ สุขเกษม, 2556[4] การวิเคราะห์ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก ดัดแปลงจาก องอาจ เด็ดดวง, 2553[5] และค่าสี โดยใช้เครื่อง Calorimeter ยี่ห้อ Color Flex รุ่น 45/0 (ประเทศสหรัฐอเมริกา) วัดตามระบบ CIE L* a* และ b*

2. ศึกษาการใช้เพคตินที่สกัดได้ในการผลิตไอศกรีมจากน้ำมะกรูด

2.1 ศึกษาการผลิตไอศกรีมจากน้ำมะกรูดสูตรควบคุม

การคัดเลือกสูตรควบคุมจากสูตรการผลิตไอศกรีมจากผลไม้ จำนวน 2 สูตร คือ โดยสูตรที่ 1 (เชอร์เบท) และ สูตรที่ 2 (ซอร์เบท) มีส่วนผสมดังตารางที่ 1 และทำการผลิตไอศกรีม ดัดแปลงตามวิธีของปิยนุสร์ น้อยด้วง และสาวิตรี พูลเดช (2552)[6] ดังนี้ นำส่วนผสมของแห้งผสมเข้าด้วยกันและส่วนของของเหลวผสมให้เข้ากัน แล้วนำของแห้งผสมกับของเหลว (ดังตารางที่ 1) อุ่นส่วนผสมต่อให้มีอุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส นำไปปั่นในเครื่องโฮโมจีไนเซชัน 5 นาที ที่ 11,000 รอบต่อนาที ให้ความร้อนหรือการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ทำให้เย็น (cooling) ลงทันทีที่อุณหภูมิน้อยกว่า 4 องศาเซลเซียส บ่ม (Aging) ที่ 3-4 องศาเซลเซียส นาน

18 ชั่วโมง นำไอศกรีมไปปั่นในเครื่องปั่นไอศกรีม (freezing) ปั่นนานประมาณ 30-40 นาที เก็บไว้ในตู้เย็นหรือตู้แช่เยือกแข็ง (-18 องศาเซลเซียส) (hardening) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไอศกรีมที่ผลิตได้มาทดสอบคุณลักษณะทางด้านเคมี-กายภาพ ได้แก่ การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยเครื่อง pH meter[7] ยี่ห้อ Eutech Instruments รุ่น 12-CHM-3206 (ประเทศมาเลเซีย) ค่าสี ด้วยระบบ CIE L* a* และ b* โดยใช้เครื่อง Calorimeter ยี่ห้อ Color Flex รุ่น 45/0 (ประเทศสหรัฐอเมริกา) การวัดความหนืด[8] ด้วยเครื่องวัดความหนืด Brookfield Viscometer รุ่น LVT (ประเทศสหรัฐอเมริกา) Spindle Set หัวเบอร์ 1 การวัดอัตราการละลาย (ตามวิธีของ Geilman และ Schmidt, 1992) [9] นำตัวอย่างไอศกรีมที่บรรจุถ้วยพลาสติกหลังผ่านการแช่เยือกแข็ง 24 ชั่วโมง วางตัวอย่างและปล่อยให้ละลายบนตะแกรงลวด และชั่งน้ำหนักของเหลวที่ละลายออกมาทุกๆ 10 นาที ที่อุณหภูมิ 30 ± 1 องศาเซลเซียส การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ด้วยเครื่องรีแฟรคโตมิเตอร์ (Refractometer) ยี่ห้อ ATAGO รุ่น S-28 (ประเทศญี่ปุ่น) และปริมาณกรดทั้งหมด (ตามวิธีของ AOAC, 2000)[7] การวัดค่าร้อยละการขึ้นฟู (% overruns) (ตามวิธีของวรรณาและวิบูลย์ศักดิ์, 2531)[10] และทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Paired preference test โดยใช้ผู้ทดสอบ คณะวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม จำนวน 35 คน และให้ผู้ทดสอบเลือกว่าชอบไอศกรีมสูตรใดมากที่สุดและวิเคราะห์ผล โดยใช้ตารางสถิติ Two-sample analysis ที่ df = 1, แบบ one-tailed ระดับนัยสำคัญที่ $p \leq 0.05$ แล้วจึงเลือกไอศกรีมสูตรควบคุมในการผลิตไอศกรีมในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 1 แสดงอัตราส่วนของส่วนผสมของไอศกรีมสูตรมาตรฐาน

ส่วนผสม	สูตรที่ 1: เชอร์เบท (ร้อยละ)	สูตรที่ 2: ซอร์เบท (ร้อยละ)
น้ำตาลทราย	13.00	20.00
นมสด	13.50	-
น้ำมะกรูด	20.00	20.00
น้ำ	49.70	58.70
ไข่ไก่ (ไข่ขาว)	3.00	-
สารให้ความคงตัว (เพคตินทางการค้า)	0.50	1.00

ที่มา: สูตรที่ 1 ดัดแปลงจาก มณีรัตน บุญญะมาลี. 2548[11] สูตรที่ 2 ดัดแปลงจาก เบญจพร มีเกาะ. 2549[12]

2.2 ศึกษาการใช้เพคตินที่สกัดได้ในการผลิตไอศกรีมจากน้ำมะกรูดเปรียบเทียบกับ เพคตินทางการค้า

สูตรไอศกรีมที่คัดเลือกได้จากการทดลองที่ 2.1 นำมาใช้เป็นสูตรควบคุมในการผลิตไอศกรีมจากน้ำมะกรูด โดยใช้เพคตินทางการค้า เพคตินที่สกัดได้จากน้ำกลั่น และกรดซิตริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 เป็นสารให้ความคงตัว จากนั้นตรวจสอบคุณภาพทางเคมี-กายภาพของไอศกรีมที่ผลิตได้ เช่นเดียวกับการทดลองที่ 2.1 และทดสอบทางประสาทสัมผัส เปรียบเทียบกับสูตรควบคุมที่ใช้เพคตินทางการค้า นำไอศกรีมที่ได้จากการศึกษาในข้างต้น มาทำการทดสอบด้านประสาทสัมผัสในช่วงเวลา 10:00-11:00 น. และ 14:00-15:00 น. โดยใช้ผู้ทดสอบเป็นนักศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม จำนวน 35 คน เสิร์ฟตัวอย่างที่อุณหภูมิ -15 องศาเซลเซียส หรือนำออกจากตู้แช่แข็งแล้วทิ้งไว้นาน 3-5 นาที ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส ในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส การละลายในปาก และความชอบโดยรวมโดย วิธี 9-point hedonic scale จากนั้นนำคะแนนมาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยหาค่าความแปรปรวน (ANOVA) และความแตกต่างระหว่าง สิ่งทดลองโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. การเตรียมน้ำมะกรูด และเพคตินจากเปลือกมะกรูด และตรวจสอบสมบัติทางเคมี-กายภาพของเพคตินที่สกัดได้

จากการสกัดเพคตินจากเปลือกมะกรูด โดยใช้น้ำกลั่น และกรดซิตริก ที่ความเข้มข้น ร้อยละ 20 (w/v) เป็นตัวทำละลายที่ใช้สกัด แสดงในตารางที่ 2 พบว่าเพคตินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น มีค่าน้ำหนักสมมูลสูงใกล้เคียงกับเพคตินทางการค้า ขณะที่เพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริกที่ความเข้มข้น ร้อยละ 20 พบว่ามีน้ำหนักสมมูลต่ำกว่า ทั้งนี้เนื่องจากกรดซิตริกที่ใช้ในการสกัด สามารถสลายพันธะไกลโคซิดิกได้เป็นเพคตินที่มีขนาดโมเลกุลเล็กลง ทำให้น้ำหนักสมมูลของสารลดลง ส่งผลให้มีค่าปริมาณหมู่เมทอกซิลน้อยลง[3,4] ซึ่งในเพคตินทางการค้าและเพคตินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น มีค่าน้ำหนักสมมูลสูง แสดงว่ามีหมู่เมทอกซิลสูง

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์น้ำหนักสมมูล, ร้อยละของเมทอกซิล (%methoxy), ระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชัน (%DE) และปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกของเพคตินจากเปลือกมะกรูดที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ เทียบกับเพคตินทางการค้า

เพคตินที่สกัดได้ (ตัวทำละลาย)	น้ำหนักสมมูล	ร้อยละของเมทอกซิล (%methoxyl)	ระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชัน (%DE)	กรดกาแลคทูโรนิค (μg/ml)
เพคตินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น	1,253.93±6.59[b]	16.45±0.51[a]	87.87±0.22[a]	67.56±1.01[b]
เพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริก ความเข้มข้นร้อยละ 20	284.68±6.02[c]	2.83±0.55[c]	21.87±1.82[c]	27.53±0.49[c]
เพคตินทางการค้า (Grade 150)	1,441.32±0.94[a]	14.29±0.71[b]	86.06±0.82[b]	86.74±0.66[a]

หมายเหตุ ค่า ± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

[a-f] ที่กำกับในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ส่วนค่า %methoxyl ของเพคตินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น มีค่า 16.45 และเมื่อนำมาหาค่า %DE พบว่ามีค่ามากกว่า 50 ซึ่งจัดเป็นเพคตินชนิด high methoxyl pectin ส่วนเพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 20 มีค่า %methoxyl เท่ากับ 2.83 และเมื่อนำมาหาค่า %DE พบว่ามีค่าน้อยกว่า 50 เป็นเพคตินชนิด low methoxyl pectin[13]

ส่วนค่าปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก แสดงถึงความบริสุทธิ์ของเพคติน ซึ่งเพคตินทางการค้ามีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกเท่ากับ 86.74 μg/ml เพคตินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นมีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก เท่ากับ 67.56 μg/ml ส่วนเพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 20 จะมีปริมาณกรดกาแลคทูโรนิกลดลง เท่ากับ 25.90 μg/ml เนื่องจากเพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริกมีปริมาณของหมู่เมทอกซิลอยู่น้อย เมื่อนำเพคตินที่ได้ไปทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริกและวัดค่าการดูดกลืนแสงค่าที่ได้ จึงลดลงตามความเข้มข้นของกรดซิตริกที่เพิ่มขึ้น[5]

2. ศึกษาการใช้เพคตินที่สกัดได้เป็นสารให้ความคงตัวในการผลิตไอศกรีมจากน้ำมะกรูด

2.1 การผลิตไอศกรีมจากน้ำมะกรูดสูตรควบคุม

จากการคัดเลือกสูตรเบื้องต้นจากสูตรไอศกรีมผลไม้ 2 สูตร คือ สูตรที่ 1 เป็นไอศกรีมเชอร์เบท และสูตรที่ 2 เป็นไอศกรีมซอร์เบท โดยใช้เพคตินทางการค้าเป็นสารให้ความคงตัวในการผลิตไอศกรีมจากน้ำมะกรูดสูตรควบคุม ดัดแปลงตามวิธีของปิยนุสร์ น้อยด้วง และสาวิตรี พูลเดช (2552)[6] จากการทดสอบคุณภาพด้านเคมี-กายภาพไอศกรีมจากน้ำมะกรูดสูตรเบื้องต้นทั้ง 2 สูตร พบว่าไอศกรีมจากน้ำมะกรูดสูตรที่ 1 (เชอร์เบท) มีค่าร้อยละการขึ้นฟู, ปริมาณกรด, ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS) และอัตราการละลาย มีค่าต่ำกว่าไอศกรีมสูตรที่ 2 (ซอร์เบท) ส่วนค่าความหนืดและความเป็นกรด-ด่าง (pH) สูงกว่าไอศกรีมสูตรที่ 2 (ซอร์เบท) แสดงผลการทดลองในตารางที่ 3 และภาพที่ 1

จากผลการทดลองในตารางที่ 3 พบว่าไอศกรีมซอร์เบทมีความหนืดสูงกว่าไอศกรีมเชอร์เบท ซึ่งอาจจะเกิดจากส่วนผสมที่แตกต่างกัน และปริมาณน้ำตาลและสารให้ความคงตัวที่ใช้ไม่เท่ากัน เนื่องจากในสูตรซอร์เบทมีปริมาณสารให้ความหวานปริมาณมากจึงทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดแก่ส่วนผสมเพิ่มขึ้น[14] จึงส่งผลทำให้ค่าร้อยละการขึ้นฟูของไอศกรีมซอร์เบทสูงกว่าไอศกรีมเชอร์เบท และไอศกรีมสูตรที่ 1 (เชอร์เบท) มีอัตราการละลายที่ต่ำกว่าและการกักเก็บอากาศได้ดีกว่าไอศกรีมสูตรที่ 2 (ซอร์เบท) แสดงในภาพที่ 1 ทั้งนี้เนื่องมาจากในส่วนผสมของสูตรไอศกรีมสูตรที่ 1 (เชอร์เบท) มีส่วนของปริมาณน้ำในส่วนผสมน้อยกว่าและมีส่วนของนมสดขาดมันเนย ซึ่งนมจะมีส่วนโปรตีนเคซีน เวย์โปรตีน ซึ่งมีหน้าที่เป็นสารให้ความคงตัวและเป็นอิมัลซิไฟเออร์ในไอศกรีม และการอุ้มน้ำของไอศกรีมทำให้ไอศกรีมมีเนื้อนุ่ม ละเอียด และมีความคงตัวของไอศกรีม มีอัตราการละลายที่ต่ำหรือช้ากว่า[14] ส่วนไอศกรีมสูตรที่ 2 (ซอร์เบท) ที่ไม่มีส่วนผสมของโปรตีนนมแต่จะมีส่วนของปริมาณของน้ำตาลมากกว่าในส่วนผสมส่งผลให้ไอศกรีมเนื้อแฉะ และจะละลายเร็ว[15] และพบว่าไอศกรีมสูตรที่ 1 (เชอร์เบท) มีค่าความสว่าง (L*) มากกว่า แต่มีค่าสีเขียว

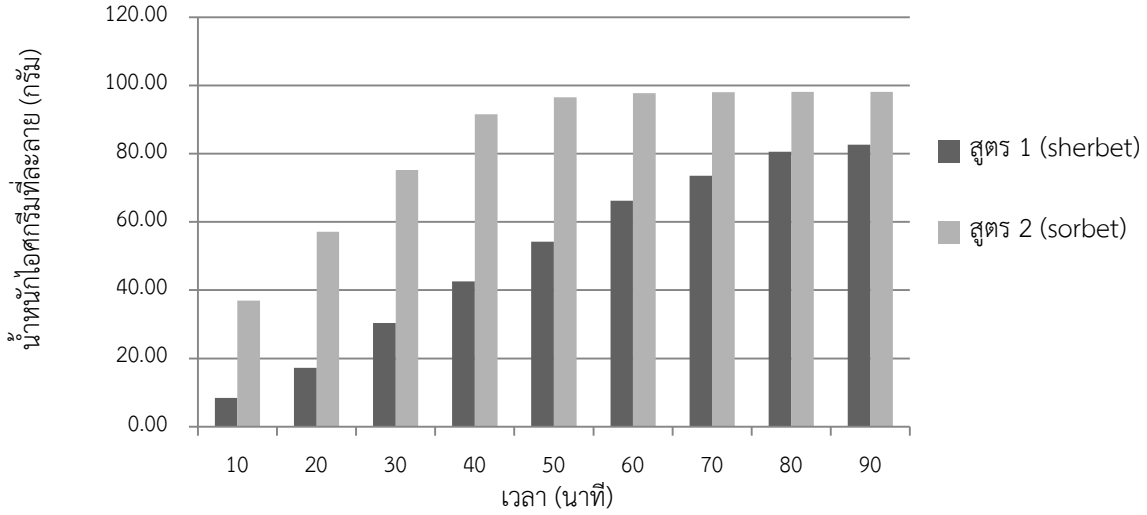
(a*) และสีเหลือง (b*) น้อยกว่าไอศกรีมสูตรที่ 2 (ซอร์เบท) ซึ่งไอศกรีมทั้งสองสูตร ให้สีของผลิตภัณฑ์คล้ายกัน โดยไอศกรีมเชอร์เบทจะสีอ่อนกว่าไอศกรีมซอร์เบทเล็กน้อย

ตารางที่ 3 คุณภาพทางด้านเคมี-กายภาพของไอศกรีมจากน้ำมะกรูดสูตรควบคุม

คุณภาพทางด้านเคมี-กายภาพ		สูตรไอศกรีม	
		สูตรที่ 1 : เชอร์เบท	สูตรที่ 2 : ซอร์เบท
ร้อยละการขึ้นฟู		38.83	53.13
ความหนืด (cP)		10.50 ± 3.54	82.00 ± 15.56
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)		2.87 ± 0.031	2.16 ± 0.027
ปริมาณกรด (%)		1.13 ± 0.035	1.22 ± 0.007
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (°Brix)		17.83 ± 0.58	29.00 ± 0.00
ค่าสี*	L* (ค่าความสว่าง)	77.60 ± 0.50	73.24 ± 0.59
	a* (ค่าสีเขียว)	-0.34 ± 0.10	-1.08 ± 0.10
	b* (ค่าสีเหลือง)	7.98 ± 0.25	8.17 ± 0.04

หมายเหตุ ค่า ± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

* ที่กำกับในแนวนอนเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



ภาพที่ 1 อัตราการละลายของไอศกรีมจากน้ำมะกรูดสูตรมาตรฐาน

การประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของไอศกรีมจากน้ำมะกรูดทั้ง 2 สูตร เพื่อหาสูตรเบื้องต้นที่เหมาะสมในการผลิตไอศกรีมจากน้ำมะกรูดต่อไป โดยนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Paired preference test โดยใช้ผู้ทดสอบเป็นนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม จำนวน 35 คน และให้ผู้ทดสอบเลือกว่าชอบไอศกรีมสูตรใดมากที่สุด ผลจากการทดสอบ Paired preference test ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากจำนวนผู้ทดสอบ 35 คน ต้องมีผู้ที่เลือกสูตรใดสูตรหนึ่งมากกว่าหรือเท่ากับ 24 คน พบว่ามีคนเลือกไอศกรีมสูตรเชอร์เบท จำนวน 11 คน และเลือกสูตรไอศกรีมซอร์เบท จำนวน 24 คน จากตาราง Two-sample analysis จึงสรุปได้ว่าไอศกรีมสูตรซอร์เบทได้รับความชอบมากกว่าไอศกรีมสูตรเชอร์เบท และเมื่อนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point hedonic scale พบว่า ไอศกรีมซอร์เบท มีคะแนนความชอบในทุกด้านมากกว่าไอศกรีมสูตรเชอร์เบท ดังแสดงผลในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมจากน้ำมะกรูด

สูตรไอศกรีม	ลักษณะคุณภาพ					
	สี*	กลิ่น*	รสชาติ*	เนื้อสัมผัส*	การละลายในปาก*	ความชอบโดยรวม*
สูตรที่ 1 (เชอร์เบท)	5.09 ± 1.56	5.77 ± 1.33	6.34 ± 1.59	6.20 ± 1.43	6.51 ± 1.20	6.37 ± 1.93
สูตรที่ 2 (ซอร์เบท)	7.11 ± 0.99	6.63 ± 1.17	7.17 ± 1.20	6.86 ± 1.09	6.94 ± 1.00	7.57 ± 0.85

หมายเหตุ ค่า ± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

* ที่กำกับในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

จากการทดสอบคุณภาพทางด้านเคมี-กายภาพ และทางประสาทสัมผัส พบว่าไอศกรีมสูตรที่ 2 (ซอร์เบท) เหมาะสมที่จะใช้เป็นสูตรควบคุม เนื่องจากเป็นสูตรที่มีค่าร้อยละการขึ้นฟูและความหนืดมากกว่าไอศกรีมสูตรที่ 1 (เชอร์เบท) และเมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Paired preference test และวิธี 9-Point hedonic scale พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนทั้ง 2 วิธีมากกว่าสูตรที่ 1 (เชอร์เบท) ดังนั้นจึงเลือกสูตรที่ 2 (ซอร์เบท) ในการผลิตไอศกรีมจากน้ำมะกรูดในขั้นตอนต่อไป

2.2 ศึกษาการใช้เพคตินที่สกัดได้ในการผลิตไอศกรีมจากน้ำมะกรูดเปรียบเทียบกับเพคตินทางการค้า

จากการทดลองการผลิตไอศกรีมจากน้ำมะกรูดสูตรควบคุม พบว่าสูตรที่เหมาะสม คือ สูตรไอศกรีมซอร์เบท จากนั้นจึงนำสูตรดังกล่าวมาศึกษาผลของชนิดของเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกมะกรูดมาใช้เป็นสารให้ความคงตัวในการผลิตไอศกรีมจากน้ำมะกรูดเปรียบเทียบกับเพคตินทางการค้า โดยแปรผันชนิดของเพคตินในการผลิตไอศกรีม จำนวน 4 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 คือ ไอศกรีมมะกรูดที่ใช้เพคตินทางการค้า สูตรที่ 2 คือ ไอศกรีมมะกรูดที่ใช้เพคตินสกัดด้วยน้ำกลั่น สูตรที่ 3 คือ ไอศกรีมมะกรูดที่ใช้เพคตินสกัดด้วยกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 20 และสูตรที่ 4 คือ ไอศกรีมมะกรูดที่ใช้เพคตินสกัดด้วยน้ำกลั่นผสมกับเพคตินสกัดด้วยกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 20 (อัตราส่วน 1 : 1) จากการทดสอบคุณภาพด้านเคมี-กายภาพของไอศกรีมจากน้ำมะกรูดทั้ง 4 สูตร พบว่าไอศกรีมสูตรที่ 3 ค่าร้อยละการขึ้นฟูสูงที่สุด เนื่องจากไอศกรีมที่ใช้เพคตินชนิด low methoxyl pectin มีขนาดโมเลกุลต่ำ และช่วง pH ของส่วนไอศกรีมที่ต่ำ และมีเกลือโซเดียมคลอไรด์เล็กน้อย จะทำให้ไอศกรีมมีความหนืดสูงขึ้น มีการอุ้มน้ำที่ดี และเกิดเกล็ดน้ำแข็งขนาดเล็ก และส่วนสูตรที่ใช้เป็นเพคตินชนิด high methoxyl pectin จะมีค่าร้อยละการขึ้นฟูและความหนืดต่ำกว่า เนื่องมาจากเพคตินที่ใช้มีขนาดโมเลกุลที่ยาวมากกว่าจะละลายและอุ้มน้ำได้ลดลง จึงทำให้มีความหนืดต่ำกว่า และร้อยละการขึ้นฟูลดลง[13,16] และเมื่อตรวจสอบค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) พบว่าสูตรที่ 3 มีค่าต่ำกว่าสูตรอื่นๆ และสอดคล้องกับปริมาณกรดที่สูตรที่ 3 มีค่าสูงกว่าสูตรอื่นๆ ทั้งนี้อาจจะเกิดจากเพคตินที่ใช้ในสูตรที่ 3 สกัดด้วยกรดซิตริกร้อยละ 20 ซึ่งอาจจะมีกรดที่ใช้ในการสกัดเพคตินปนมา ส่งผลให้มีค่า pH ลดลงเล็กน้อยหรือมีปริมาณกรดเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด พบว่ามีค่าใกล้เคียงอยู่ระหว่าง 27.00-30.00 องศาบริกซ์ แสดงผลในตารางที่ 5 ส่วนค่าสี พบว่าไอศกรีมสูตรที่ 4 มีค่าความสว่าง (L*) มากที่สุด รองลงมา คือ สูตรที่ 3, 1 และ 2 ตามลำดับ ในขณะที่ค่าสีเหลือง (b*) พบว่าสูตรที่ 2 มีค่าสูงกว่าสูตรอื่นๆ ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากเพคตินที่สกัดด้วยน้ำกลั่นมีสีเข้มแตกต่างจากเพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริก ซึ่งส่งผลทำให้ไอศกรีมที่ใช้เพคตินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น จะให้สีที่เข้มกว่าสูตรอื่นๆ ส่วนค่าอัตราการละลายของไอศกรีม พบว่าสูตรที่ 1 และ 2 จะมีค่าอัตราการละลายที่เร็วกว่าสูตรที่ 3 และ 4 แสดงในภาพที่ 4

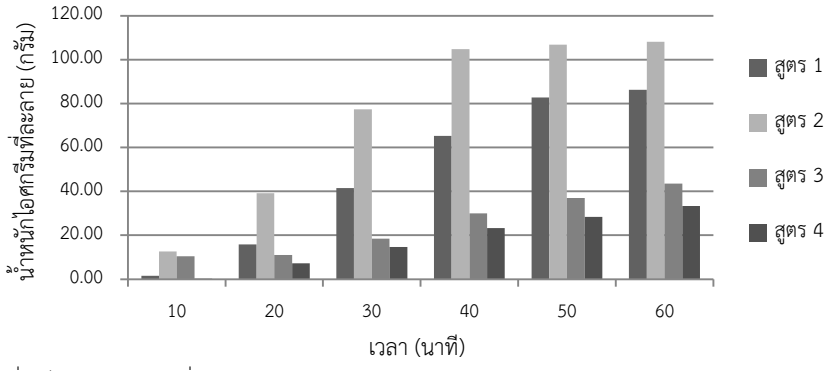
เมื่อนำไอศกรีมจากน้ำมะกรูดทั้ง 4 สูตร มาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale โดยให้ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในแต่ละด้าน พบว่าทั้ง 4 สูตรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ในด้านกลิ่นและรสชาติ ส่วนในด้านสี พบว่าสูตรที่ 2 มีความแตกต่างกับสูตรที่ 1, 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ทั้งนี้อาจจะเกิดจากสีของเพคตินที่ใช้ในการผลิตไอศกรีมที่เข้มมากกว่า จึงส่งผลทำให้คะแนนความชอบในด้านสีน้อยกว่าไอศกรีมสูตรอื่นๆ ส่วนในด้านเนื้อสัมผัสพบว่าไอศกรีมสูตรที่ 1, 3 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกัน แต่แตกต่างกับไอศกรีมสูตรที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ส่วนด้านการละลายในปาก พบว่าไอศกรีมสูตรที่ 3 ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) กับไอศกรีมสูตรที่ 2 ส่วนความชอบโดยรวม พบว่าไอศกรีมสูตรที่ 3 ได้รับคะแนนความชอบไม่แตกต่างจากสูตรที่ 1 แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) กับไอศกรีมสูตรที่ 2 และ 4 ดังแสดงผลในตารางที่ 6 ซึ่งจากผลการทดสอบทางด้านเคมีและกายภาพของเพคตินจากเปลือกมะกรูดที่สกัดด้วยน้ำกลั่นมีคุณสมบัติคล้ายกับเพคตินทางการค้า และ

แตกต่างจากเพคตินที่สกัดด้วยสารละลายกรดซิตริก แล้วเมื่อนำเพคตินทั้ง 3 ประเภทมาใช้ในการผลิตไอศกรีม จะเห็นได้ว่าไอศกรีมสูตรที่ 3 ที่ใช้เพคตินสกัดด้วยกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 20 ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด ทั้งนี้อาจจะเกิดจากเพคตินที่ใช้เป็น low methoxyl pectin ที่ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสและคุณภาพของไอศกรีม โดยเพคตินจะช่วยควบคุมขนาดผลึกน้ำแข็งในผลิตภัณฑ์[17] จึงทำให้มีคะแนนด้านเนื้อสัมผัสและการละลายในปากสูงที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบกับไอศกรีมสูตรที่ใช้เพคตินชนิด high methoxyl pectin เป็นสารให้ความคงตัว พบว่าไอศกรีมมีผลึกน้ำแข็ง และละลายได้เร็ว นอกจากนี้ยังพบว่าไอศกรีมสูตรที่ 2 ที่ใช้เพคตินสกัดด้วยน้ำกลั่นที่เป็นเพคตินชนิด high methoxyl pectin ได้คะแนนความชอบในด้านเนื้อสัมผัสและการละลายในปากน้อยที่สุด ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากการอบแห้งในขั้นตอนการผลิตเพคตินสกัดด้วยน้ำกลั่น และเพคตินที่สกัดได้มีขนาดโมเลกุลที่ยาวมากกว่าจะละลายและอุ้มน้ำได้ลดลง[13,16] จึงทำให้มีความหนืดต่ำกว่า จึงส่งผลให้ไอศกรีมที่ผลิตได้มีสี ลักษณะเนื้อสัมผัส และการละลายในปาก ซึ่งทำให้คะแนนความชอบต่ำกว่าสูตรอื่นๆ

ตารางที่ 5 คุณภาพด้านเคมี-กายภาพของไอศกรีมจากน้ำมะกรูดที่ใช้เพคตินที่สกัดจากเปลือกมะกรูดด้วยตัวทำละลายต่างๆ เป็นสารให้ความคงตัว เปรียบเทียบกับการใช้เพคตินทางการค้าเป็นสารให้ความคงตัว

คุณภาพทางด้านเคมี-กายภาพ		สูตรไอศกรีม			
		สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4
ร้อยละการขึ้นฟู		52.62	49.72	55.10	53.19
ความหนืด (cP)		83.33 ± 1.15^{c}	23.33 ± 0.58^{d}	115.67 ± 0.58^{b}	146.00 ± 1.00^{a}
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)		2.14 ± 0.031^{a}	2.15 ± 0.015^{a}	2.11 ± 0.025^{b}	2.17 ± 0.035^{a}
ปริมาณกรด (%)		1.27 ± 0.016^{b}	1.25 ± 0.012^{b}	1.47 ± 0.014^{a}	1.29 ± 0.016^{b}
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (°Brix)		27.25 ± 0.35^{b}	30.00 ± 0.00^{a}	27.00 ± 0.00^{b}	28.75 ± 0.35^{b}
ค่าสี	L* (ค่าความสว่าง)	78.19 ± 0.39^{b}	64.63 ± 0.08^{c}	82.35 ± 0.67^{a}	82.60 ± 1.18^{a}
	a* (ค่าสีเขียว)	-1.52 ± 0.08^{b}	-1.43 ± 0.04^{c}	-1.68 ± 0.03^{a}	-1.45 ± 0.01^{c}
	b* (ค่าสีเหลือง)	9.21 ± 0.11^{b}	20.84 ± 0.11^{a}	7.77 ± 0.27^{d}	8.41 ± 0.05^{c}

หมายเหตุ สูตรที่ 1: ไอศกรีมมะกรูดที่ใช้เพคตินทางการค้า
สูตรที่ 2: ไอศกรีมมะกรูดที่ใช้เพคตินสกัดด้วยน้ำกลั่น
สูตรที่ 3: ไอศกรีมมะกรูดที่ใช้เพคตินสกัดด้วยกรดซิตริก ความเข้มข้นร้อยละ 20
สูตรที่ 4: ไอศกรีมมะกรูดที่ใช้เพคตินสกัดด้วยน้ำกลั่นผสมกับเพคตินสกัดด้วยกรดซิตริกความเข้มข้น ร้อยละ 20 (อัตราส่วน 1 : 1)
ค่า ± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล



- สูตรที่ 1: ไอศกรีมมะกรูดที่ใช้เพคตินทางการค้า
- สูตรที่ 2: ไอศกรีมมะกรูดที่ใช้เพคตินสกัดด้วยน้ำกลั่น
- สูตรที่ 3: ไอศกรีมมะกรูดที่ใช้เพคตินสกัดด้วยกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 20
- สูตรที่ 4: ไอศกรีมมะกรูดที่ใช้เพคตินสกัดด้วยน้ำกลั่นผสมกับเพคตินสกัดด้วยกรดซิตริกความเข้มข้น ร้อยละ 20 (อัตราส่วน 1 : 1)

ภาพที่ 4 อัตราการละลายของไอศกรีมจากน้ำมะกรูดที่ใช้เพคตินที่สกัดจากเปลือกมะกรูดด้วยตัวทำละลายต่างๆ เป็นสารให้ความคงตัว เปรียบเทียบกับการใช้เพคตินทางการค้าเป็นสารให้ความคงตัว

ตารางที่ 6 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมจากน้ำมะกรูดที่ใช้เพคตินที่สกัดจากเปลือกมะกรูดด้วยตัวทำละลายต่างๆเป็นสารให้ความคงตัว เปรียบเทียบกับการใช้เพคตินทางการค้าเป็นสารให้ความคงตัวโดยวิธี 9-point hedonic scale

ลักษณะคุณภาพ	ระดับคะแนน			
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4
สี	7.00 ± 1.14[a]	3.80 ± 1.85[b]	7.40 ± 1.28[a]	7.33 ± 1.40[a]
กลิ่น	6.27 ± 1.20[a]	6.00 ± 1.39[a]	6.37 ± 1.54[a]	6.53 ± 1.14[a]
รสชาติ	6.87 ± 1.43[a]	6.60 ± 1.04[a]	6.70 ± 1.09[a]	6.43 ± 1.14[a]
เนื้อสัมผัส	6.77 ± 1.07[a]	5.73 ± 1.34[b]	7.10 ± 1.32[a]	6.40 ± 1.83[ab]
การละลายในปาก	6.67 ± 1.40[ab]	6.00 ± 1.58[b]	6.90 ± 1.42[a]	6.27 ± 1.74[ab]
ความชอบโดยรวม	7.37 ± 0.93[a]	5.90 ± 1.40[b]	6.97 ± 1.40[a]	6.13 ± 1.85[b]

หมายเหตุ สูตรที่ 1: ไอศกรีมมะกรูดที่ใช้เพคตินทางการค้า

สูตรที่ 2: ไอศกรีมมะกรูดที่ใช้เพคตินสกัดด้วยน้ำกลั่น

สูตรที่ 3: ไอศกรีมมะกรูดที่ใช้เพคตินสกัดด้วยกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 20

สูตรที่ 4: ไอศกรีมมะกรูดที่ใช้เพคตินสกัดด้วยน้ำกลั่นผสมกับเพคตินสกัดด้วยกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 20 (อัตราส่วน 1 : 1)

ค่า ± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

[a,b,c] ที่กำกับในแนวนอนเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สรุป

การผลิตไอศกรีมจากน้ำมะกรูดสูตรควบคุม พบว่าสูตรที่เหมาะสมในการผลิตไอศกรีม คือ สูตรไอศกรีมซอร์เบท จากนั้นจึงนำเพคตินที่สกัดจากเปลือกมะกรูดด้วยน้ำกลั่น ซึ่งจะได้เพคตินชนิด high methoxyl pectin ส่วนเพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 จะเป็นเพคตินชนิด low methoxyl pectin มาใช้เป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมจากน้ำมะกรูด จากการศึกษาผลของชนิดของเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกมะกรูดเปรียบเทียบกับการใช้เพคตินทางการค้า โดยไอศกรีมที่ผลิตขึ้น มีจำนวน 4 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 คือ ไอศกรีมมะกรูดที่ใช้เพคตินทางการค้า สูตรที่ 2 คือ ไอศกรีมมะกรูดที่ใช้เพคตินสกัดด้วยน้ำกลั่น สูตรที่ 3 คือ ไอศกรีมมะกรูดที่ใช้เพคตินสกัดด้วยกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 20 และสูตรที่ 4 คือ ไอศกรีมมะกรูดที่ใช้เพคตินสกัดด้วยน้ำกลั่นผสมกับเพคตินสกัดด้วยกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 20 (อัตราส่วน 1 : 1) พบว่า เพคตินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น เมื่อนำมาผลิตไอศกรีมจะส่งผลให้ไอศกรีมมีสีเข้มข้น เมื่อเปรียบเทียบกับไอศกรีมที่ใช้เพคตินทางการค้าและเพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริก และการใช้เพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริกในการผลิตไอศกรีมมีผลทำให้ความเปรี้ยวของไอศกรีมเพิ่มขึ้น ส่วนไอศกรีมที่ใช้เพคตินที่สกัดด้วยน้ำกลั่น พบว่ามีค่าร้อยละการขึ้นฟูและความหนืดต่ำกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องจากเพคตินที่ใช้เป็นชนิด high methoxyl pectin ที่มีขนาดโมเลกุลที่ยาวมากกว่าจะละลายและอุ้มน้ำได้ลดลง ส่วนไอศกรีมที่ใช้เพคตินชนิด low methoxyl pectin ที่มีขนาดโมเลกุลต่ำกว่า จะทำให้ไอศกรีมมีความหนืดสูงขึ้น มีการอุ้มน้ำที่ดี และเกิดเกล็ดน้ำแข็งขนาดเล็ก[13,16] และเมื่อนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9-point hedonic scale พบว่าทั้ง 4 สูตรไม่มีความแตกต่างในด้านกลิ่นและรสชาติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ส่วนในด้านสี พบว่าสูตรที่ 2 มีคะแนนความชอบน้อยที่สุด ทั้งนี้อาจจะเกิดจากสีของเพคตินที่ใช้ในการผลิตไอศกรีมที่เข้มมากกว่า จึงส่งผลทำให้คะแนนความชอบในด้านสีน้อยกว่าไอศกรีมสูตรอื่นๆ ส่วนในด้านเนื้อสัมผัสและการละลายในปาก พบว่าสูตรที่ 3 ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด ทั้งนี้อาจจะเกิดจากไอศกรีมที่ผลิตได้ละลายช้าและมีผลึกน้ำแข็งขนาดเล็ก ในขณะที่สูตรที่ 2 ได้คะแนนความชอบน้อยที่สุด ซึ่งไอศกรีมสูตรนี้จะมีผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่และละลายเร็วกว่าสูตรอื่นๆ ดังนั้นเพคตินที่เหมาะสมที่ใช้ในการผลิตไอศกรีมจากน้ำมะกรูด คือ เพคตินสกัดด้วยกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 20

เอกสารอ้างอิง

1. มะกรูด ประโยชน์ของมะกรูด สมุนไพรหลากสรรพคุณคู่ครัวไทย. [อินเตอรเน็ต]. 2558 [เขาถึงเมื่อ 19 มิ.ย. 2558]. เขาถึงได จาก: http://health. kapook.com/view97811.html.

2. ทิพย์ธิดา หนูทรัพย์, ภัสราภรณ์ ขาวพุ่ม, จิตติประภา พรมดี และปิยนุสร์ น้อยด้วง. คุณสมบัติและประสิทธิภาพของเพคตินจากเปลือกมะกรูดที่สกัดด้วยกรดซิตริก. ในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 6 วันที่ 6 มิถุนายน 2561, ณ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (พื้นที่ส่วนขยาย มฉก.2) จังหวัดสมุทรปราการ; 2561. หน้า 241-6.
3. Shaha, R.K. Punichelvana, Y.N.A.P. and Afandi A. Optimized Extraction Condition and Characterization of Pectin from Kaffir Lime (*Citrus hystrix*). Res. J. Agriculture & Forestry Sci. 2013; 1(2): 1-11.
4. ธนาวรรณ สุขเกษม. สารสกัดเพคตินจากกะหล่ำปลี (*Brassica oleracea* L. var capitata L.) ภูทับเบิก ตำบลวังบาล อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์. เพชรบูรณ์: มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ สถาบันวิจัยและพัฒนา; 2556.
5. องอาจ เด็ดดวง. การเปรียบเทียบเพคตินสกัดจากฝรั่งสามชนิดกับเพคตินมาตรฐาน. [สารนิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 2553.
6. ปิยนุสร์ น้อยด้วง และสาวิตรี พูลเดช. การใช้ซูคราโลสเป็นสารให้ความหวานในไอศกรีมจากตะลิงปลิงสูตรพลังงานต่ำ. ในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 35 วันที่ 15-17 ตุลาคม 2552, โรงแรมเดอะไทด์ รีสอร์ท จังหวัดชลบุรี; 2552, หน้า 264.
7. A.O.A.C. Official Method of Analysis. (17th ed.). The Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. 2000.
8. Goff, H.D. and Hartel. R.W. Ice cream and frozen desserts. In: Hui, Y.H. Cornillon, P. Legarretta, I.G. Lim, M.H. Murrell K.D. and Nip W.K., editors. Handbook of frozen foods. New York: Marcel Dekker Inc., 2004. p. 499-570.
9. Geilman, W.G. and Schmidt, D.E. Physical characteristics of frozen desserts made form ultrafiltered milk and various carbohydrates. J. Dairy Sci. 1992; 75(10): 2670-75.
10. วรรณา ตั้งเจริญชัย และวิบูลยศักดิ์ กาวิละ. นมและผลิตภัณฑนม. พิมพครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพโอเดียน สโตร.; 2531. 187 หนา.
11. มณีรัตน บุญญะมาลี. การพัฒนาไอศกรีมเชอรเบทโดยใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาล. ภาควิชาคหกรรมศาสตร คณะวิทยาศาสตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 2548.
12. เบญจพร มีเกาะ. 51 สูตรไอศกรีมยอดนิยม. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพไทยควอลิตี้บุคส์; 2549. 160 หนา
13. นิธิยา รัตนาปนนท์. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์; 2553. หน้า 181-5 และหน้า 324-33.
14. Marshall, R.T. and Arbuckle. W.S. Ice cream. 5th ed. New York: Chapman & Hall; 1996. 349 p.
15. Smith, K.E. and Bradley, R.L. Effects on Freezing Point of Carbohydrates Commonly Used in Frozen Desserts1983. J. Dairy Sci. 1983; 66: 2464-67.
16. Panda, H. The Complete Book on Gums and Stabilizers for Food Industry. Delhi: Asia Pacific Business Press Inc. 2010. 126-54.
17. Tyagi, V., Sharma, P.K. and Malviya R. Pectins and Their Role in Food and Pharmaceutical Industry: A Review. J. Chronother Drug Deliv. 2015; 6(3): 65-77.

[AS-P15] การพัฒนาแป้งหม้อแกงมันม่วงสำเร็จรูป

Development of Instant Purple Sweet Potato Thai Custard Powder

กมลทิพย์ เอกธรรมสุทธิ์[*1], และ วรัตมา เกษรสิทธิ์[2]
Kamontip Ekthamasut[*1], and Warattama Kasornsit[2]
[1]*สาขาวิชานวัตกรรมอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย*
[2]*สาขาวิชาคอมพิวเตอร์แอนิเมชั่น คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย*
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: kamontip_ekt@utcc.ac.th*

บทคัดย่อ

ขนมหม้อแกง เป็นขนมไทยที่มีเอกลักษณ์โดดเด่นด้วยรสชาติที่หวานมันและมีกลิ่นเฉพาะตัว ในขณะที่แป้งมันม่วงอุดมไปด้วยสารแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระโดยธรรมชาติ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรของแป้งหม้อแกงมันม่วงสำเร็จรูป ที่ให้ความสะดวกและรวดเร็วในการปรุง โดยแป้งสำเร็จรูปประกอบด้วย แป้งมันม่วงและกะทิผง 40% น้ำตาลทราย 59.5% และเกลือ 0.5% จากผลการทดลอง พบว่าอัตราส่วนของแป้งมันม่วงต่อกะทิผงมีผลต่อคุณภาพทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัสของขนมหม้อแกง โดยเมื่ออัตราส่วนของแป้งมันม่วงเพิ่มขึ้นขนมหม้อแกงจะมีค่าสี L* ลดลง แต่มีความแน่นเนื้อ (Firmness) เพิ่มสูงขึ้น และสูตรที่ใช้แป้งมันม่วง 12% และกะทิผง 28% ขนมหม้อแกงที่ได้จะได้รับคะแนนความชอบในทุกๆ ด้านสูงที่สุด ($p<0.05$) และองค์ประกอบด้านกลิ่นรสเป็นอิทธิพลที่มีผลต่อการตัดสินใจของผู้บริโภคมากที่สุด
คำสำคัญ: *ขนมหม้อแกง, แป้งมันม่วง*

Abstract

Thai bake custard (Khanom Moakang) is a Thai dessert outstanding in nutty sweet taste and individual flavor. While purple sweet potatoes (PSP) contain relatively high acylated anthocyanins that are natural antioxidants. The objective of this research is to development of the formula of instant PSP Thai baked custard powder for convenient and rapid to cooking. Instant powder contains the mixing of PSP flour and coconut milk powder 40%, sugar 59.5% and salt 0.5%. The results indicate that the ratio of PSP flour and coconut milk powder is effect on physical and sensory qualities of Thai baked custard. A high proportion of PSP flour results in a decrease of L* but increase of firmness. Thai baked custard containing PSP flour 12% and coconut milk powder 28% results in the highest scores for all the evaluated sensory attributes ($p<0.05$). Flavor composition is the most effect on consumer decision.
Keywords: *Thai baked custard, purple sweet potato flour*

บทนำ

ขนมไทยเป็นเอกลักษณ์อย่างหนึ่งของคนไทยที่มีมาอย่างช้านาน และจากข้อมูลของกองตรวจและประเมินผล สำนักงานปลัดกระทรวงวัฒนธรรม พบว่า ขนมไทยที่คนไทยนิยมทานมากที่สุดคือ ขนมหม้อแกง[(1)] ซึ่งขนมหม้อแกงมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าขนมกุมภมาศ มีส่วนประกอบหลักคือไข่ กะทิ น้ำตาลมะพร้าว นำมาผสมในสัดส่วนที่พอเหมาะและนำไปอบจนหน้าของขนมมีสีน้ำตาลทองและโรยหน้าด้วยหอมเจียว มีกลิ่นหอมหวานเฉพาะตัว ปัจจุบันนี้ขนมหม้อแกงได้มีการพัฒนาเพิ่มส่วนผสมต่างๆ ลงไป เช่น เผือก เม็ดบัว ถั่ว เพื่อเป็นการเพิ่มความหลากหลายและน่ารับประทานมากยิ่งขึ้น แต่เนื่องจากขนมหม้อแกงเป็นขนมที่มี

ความชื้นสูง เกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลลินทรีย์ได้ง่ายทำให้มีอายุการเก็บสั้น ซึ่งการพัฒนาขนมหม้อแกงในรูปแบบผงสำเร็จรูป (Instant powder) จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บที่ยาวนานขึ้น และสะดวกต่อการปรุงมากขึ้น

มันเทศสีม่วง (Purple sweet potato) เป็นพืชหัวที่นิยมปลูกในแถบเอเชีย เช่น ญี่ปุ่น เวียดนาม และประเทศไทย เนื้อมีสีม่วงเข้ม มีคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนสูง แต่ไขมันต่ำ[2] อีกทั้งยังอุดมไปด้วยสารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงมากมาย โดยเฉพาะ “แอนโทไซยานิน” (Anthocyanin) ซึ่งเป็นสารที่มีฤทธิ์ในการต่อต้านอนุมูลอิสระ มีส่วนช่วยในการชะลอความเสื่อมของเซลล์ ยับยั้งการกลายพันธุ์ ป้องกันการเกิดมะเร็ง ช่วยลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและเส้นเลือดอุดตันได้[3] นอกจากนั้นยังช่วยชะลอความเสื่อมของดวงตา และพบว่าสารชนิดนี้ช่วยยับยั้งเชื้ออีโคไลซึ่งเป็นสาเหตุของโรคท้องร่วงได้ ทำให้มีการพัฒนาใช้มันเทศสีม่วงในผลิตภัณฑ์หลากหลายประเภท เช่น ขนมปัง อาหารเส้น และแยม เป็นต้น[4] ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรแป้งขนมหม้อแกงมันม่วงผงสำเร็จรูป โดยศึกษาถึงอัตราส่วนของแป้งมันม่วงต่อกะทิผงในการทำแป้งขนมหม้อแกงสำเร็จรูปที่สามารถปรุงได้ง่าย ทำให้เกิดความแปลกใหม่ของขนมหม้อแกง เพื่อเป็นอีกหนึ่งทางเลือกหนึ่งให้กับผู้บริโภค

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัตถุดิบ

มันม่วง (Purple sweet potato) สายพันธุ์ มันเทศญี่ปุ่น *(Ipomoea batatas Lamk)* ซื้อจากซุปเปอร์มาร์เก็ต กะทิผง (ตราชาวไทย) น้ำตาลทรายขาว (ตราลิน) เกลือ (ปรุงทิพย์) และไขเป็ด

2. การทำแป้งมันม่วง

โดยการนำมันม่วงมาปอกเปลือกออกและล้างทำความสะอาด ฝานเป็นชิ้นบางความหนาประมาณ 2-3 mm. นำเข้าเตาอบลมร้อนแบบถาด อุณหภูมิ 50ºC เป็นเวลา 18 ชั่วโมง นำมาปั่นในเครื่องผสมอาหาร (MX-GX1561) ด้วยความเร็วสูงสุดเป็นเวลา 30 วินาที นำมาบดด้วยเครื่อง Rotor Beater Mill รุ่น 5657HAAN ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh ด้วยเครื่องร่อนแยกขนาด (Sieving Machine รุ่น AS200) ชั่งน้ำหนักและบรรจุถุง LDPE เก็บไว้จนกว่าจะใช้งาน

3. การทำแป้งขนมหม้อแกงมันม่วง

โดยการผสมส่วนผสมต่างๆ ดังตารางที่ 1 ด้วยการร่อนผ่านตะแกรง 2 รอบ และบรรจุถุงจนกว่าจะใช้งาน

4. การทำขนมหม้อแกง

นำแป้งขนมหม้อแกงมันม่วงทั้ง 5 สูตร 100 กรัม ผสมกับน้ำอุ่น 90 กรัม ตีให้ส่วนผสมทั้งหมดละลายเติมไข่เป็ดทั้งฟอง 90 กรัม และผสมตีให้เข้ากันทั้งหมด กรองส่วนผสม 1-2 รอบ เทส่วนผสมลงในถ้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ ขนาด 80*70*30 mm. นำเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 150-160ºC ประมาณ 10 นาที และอบหน้าขนมโดยใส่น้ำรองในถาดอุณหภูมิ 200-210ºC ประมาณ 5 นาทีหรือจนหน้าขนมสุก นำออกจากเตาอบและโรยด้วยหอมเจียวทอดกรอบพร้อมรับประทาน

ตารางที่ 1 ส่วนผสมของแป้งขนมหม้อแกงมันม่วงสูตรต่างๆ

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (กรัม)				
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5
แป้งมันม่วง	6	8	10	12	14
กะทิผง	34	32	30	28	26
น้ำตาลทราย	59.5	59.5	59.5	59.5	59.5
เกลือ	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

5. การทดสอบคุณภาพของขนมหม้อแกง

ค่าสีโดยใช้เครื่อง Hunter Lab รุ่น DF-9000 รายงานผลเป็น L* a* b* ค่า Chroma และค่า hue โดย L* คือ ความสว่าง a* คือ ค่าสีแดง/สีเขียว (+ = สีแดง , − = สีเขียว) b* คือ สีเหลือง/สีน้ำเงิน (+ = สีเหลือง , − = สีน้ำเงิน) Chroma = $(a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$ hue = $\tan^{-1}$ x (b*/a*)

เนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่อง Texture analyser รุ่น TA.XT plus โดยตัดตัวอย่างขนมหม้อแกงแป้งมันม่วงเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาด 3*3*3 cm ใช้หัวตัดขนาด 30 องศา และความเร็วของหัวตัดเท่ากับ 200 มิลลิเมตร/นาที บันทึกผลเป็นค่า Firmness และ Consistency

การทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ใช้แบบทดสอบความชอบ (9-point hedonic scale) ในด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

6. การวิเคราะห์ทางสถิติ

สำหรับการประเมินผลทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และค่าเฉลี่ยทรีทเมนท์ตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ส่วนการวิเคราะห์ทางด้านกายภาพใช้การวางแผนและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Completely Randomized Design (CRD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และทำการทดลองอย่างน้อย 3 ซ้ำ โดยใช้โปรแกรม SPSS version 24 และทำการวิเคราะห์ Principle component analysis (PCA) ด้วย R program

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

แป้งมันม่วงที่ผลิตได้มีปริมาณผลผลิตเท่ากับ 10.33% และมีปริมาณความชื้นเท่ากับ 8.65±0.21% และค่า a_w เท่ากับ 0.45±0.01 นอกจากนี้ยังมีค่าสี L* a* และ b* เท่ากับ 62.12±0.73 7.24±0.22 และ 2.52±0.23 ตามลำดับ เมื่อนำมาคำนวณค่า Chroma และ Hue จะได้เท่ากับ 11.48±0.32 และ 0.73±0.03 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าค่า Hue เข้าใกล้ 0 องศา แสดงว่าแป้งมันม่วงที่ได้มีสีม่วงแดง (Purple-rad) และมีความเข้มสีปานกลาง (Chroma = 11.48) ซึ่งแตกต่างจากจากผลการทดลองของ Jangchud และคณะ[5] เล็กน้อย ที่พบว่าแป้งมันม่วงที่ได้จากการอบแห้งมีค่าสี L* a* และ b* เท่ากับ 65.6 9.0 และ 7.7 ตามลำดับ เนื่องจากกรรมวิธีการผลิตที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 2 ค่าสีและเนื้อสัมผัสของขนมหม้อแกงมันม่วงสูตรต่างๆ

สูตร	L*	a*	b*	Chroma	Hue	Firmness	Consistency
1	45.79^{a}±0.73	3.39^{a}±0.22	10.16^{c}±0.41	11.64^{ab}±2.27	1.27^{a}±0.07	2.31^{c}±0.15	9.22^{b}±0.73
2	43.62^{b}±0.60	3.45^{a}±0.07	12.88^{b}±0.64	13.33^{a}±0.64	1.31^{a}±0.01	2.46^{ab}±0.14	9.83^{a}±1.56
3	42.15^{b}±1.99	3.10^{b}±0.02	13.69^{a}±0.28	10.65^{b}±0.35	1.26^{a}±0.03	2.53^{abc}±0.01	9.85^{a}±0.63
4	39.09^{c}±0.95	3.55^{a}±0.22	9.87^{c}±0.54	10.48^{b}±0.09	1.23^{a}±0.03	2.62^{ab}±0.11	9.92^{a}±1.17
5	38.39^{c}±0.79	3.52^{a}±0.02	9.86^{c}±0.52	10.47^{b}±0.03	1.23^{a}±.0.00	2.73^{a}±0.13	9.12^{b}±1.06

^{a}, ^{b} และ ^{c} ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

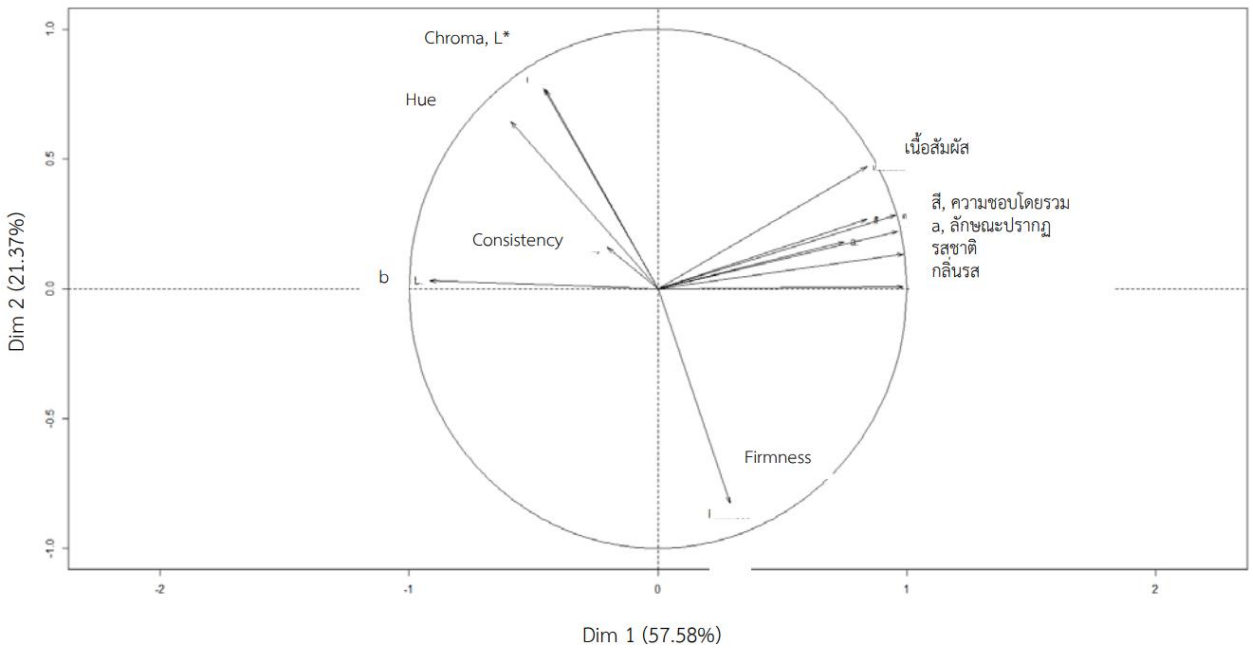
ตารางที่ 3 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมหม้อแกงแป้งมันม่วงสูตรต่างๆ

สูตร	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
1	7.07^{ab}±1.28	6.83^{b}±1.31	7.10^{abc}±1.29	7.13^{ab}±1.35	7.23^{ab}±1.27	7.27^{ab}±1.14
2	6.30^{c}±1.48	5.90^{c}±1.32	6.83^{bc}±1.26	6.97^{ab}±1.32	6.70^{bc}±1.29	6.80^{bc}±1.18
3	6.10^{c}±1.91	6.03^{c}±1.88	6.57^{c}±1.61	6.60^{b}±1.32	6.57^{c}±1.27	6.40^{c}±1.27
4	7.40^{a}±1.27	7.47^{a}±1.22	7.60^{a}±1.00	7.50^{a}±1.19	7.53^{a}±1.07	7.73^{a}±0.98
5	6.70^{bc}±1.41	6.03^{c}±1.65	7.23^{ab}±1.30	6.83^{b}±1.08	7.07^{abc}±1.20	7.00^{b}±1.20

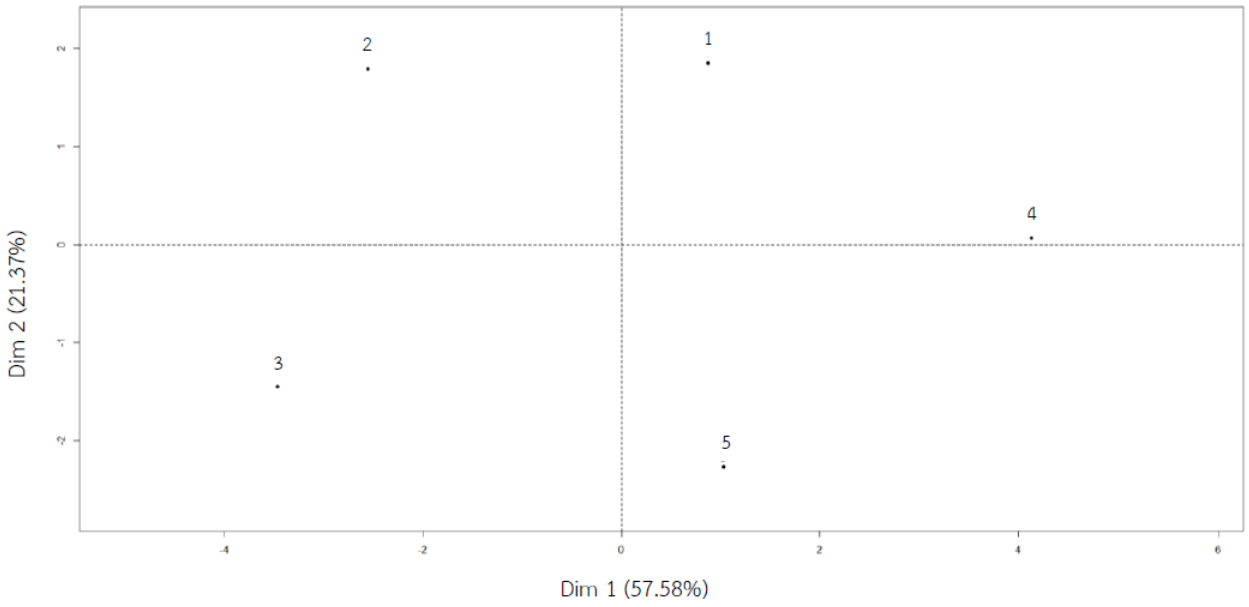
^{a}, ^{b} และ ^{c} ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 2 พบว่า เมื่อปริมาณสัดส่วนของแป้งมันม่วงเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า L* มีแนวโน้มลดต่ำลง ทั้งนี้เนื่องจากสีของแป้งมันม่วงเข้มกว่ากะทิผง[6] จึงส่งผลให้ขนมหม้อแกงมีความสว่างลดลง รวมถึงการเติมแป้งมันม่วงเพิ่มขึ้นทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Maillard reaction) มากขึ้น เนื่องจากโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตของแป้งมันม่วงสามารถเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้เมื่อได้รับความร้อนโดยการอบ[7] นอกจากนี้ยังพบว่าขนมหม้อแกงทุกสูตรมีค่า Hue ที่ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) และค่า Hue ที่ได้นั้นมีค่าเข้าใกล้กับ 0 องศาซึ่งแสดงว่าขนมหม้อแกงมีเฉดสีออกไปทางม่วงแดง (Purple-rad) และขนมหม้อแกงมีค่า Chroma อยู่ในช่วง 10.47-13.33 ซึ่งขนมหม้อแกงสูตรที่ 2 ที่มีปริมาณแป้งมันม่วง 8% และกะทิผง 32% จะมีค่า Chroma สูงที่สุด และเมื่อพิจารณาถึงค่าเนื้อสัมผัสของขนมหม้อแกง พบว่า เมื่ออัตราส่วนของแป้งมันม่วงเพิ่มสูงขึ้น ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) และความคงตัว (Consistency) ขนมหม้อแกงมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มปริมาณแป้งมันม่วงทำให้ขนมหม้อแกงมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้นทำให้เกิดความข้นหนืดและเกิดเจลได้มากขึ้น เนื้อของขนมจึงแน่นขึ้น[8] แต่อย่างไรก็ตามขนมหม้อแกงสูตรที่ 5 (แป้งมันม่วง 14% กะทิผง 26%) กลับมีค่าความคงตัวที่ลดต่ำลง ซึ่งอาจเกิดจากปริมาณแป้งที่มากเกินไปทำให้ปริมาณน้ำไม่เพียงพอต่อการเกิดเจลของแป้ง จึงทำให้เนื้อขนมหม้อแกงร่วนและไม่ยึดติดกัน

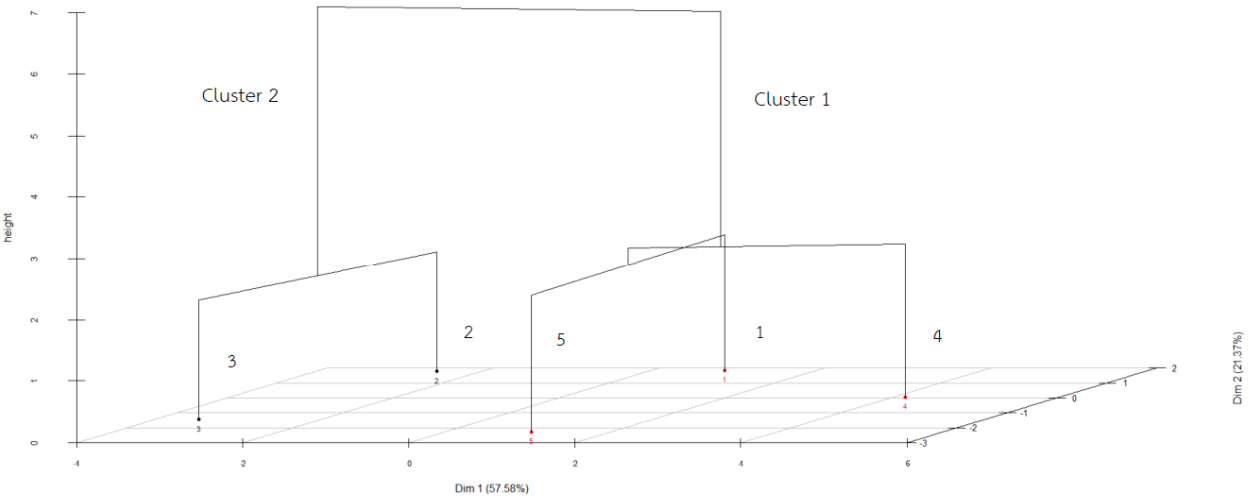
ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเป็นดังตารางที่ 3 ซึ่งพบว่า สูตรที่ 3 (แป้งมันม่วง 10% กะทิผง 30%) มีคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยต่ำที่สุด ในขณะที่สูตรที่ 4 (แป้งมันม่วง 12% กะทิผง 28%) มีคะแนนความชอบในทุกๆ ด้านสูงที่สุด ($p\leq0.05$) เมื่อนำผลจากตารางที่ 2 และ 3 มาวิเคราะห์ Principle component analysis (PCA) ด้วย R program พบว่าองค์ประกอบหลักที่มีอิทธิพลคิดเป็น 57.58% และองค์ประกอบรอง 21.37% (รูปที่ 1) ซึ่งในที่นี้ผู้บริโภคชอบขนมหม้อแกงสูตรที่ 4 มากที่สุด ซึ่งตรงกับองค์ประกอบด้านกลิ่นรส, รสชาติ, ลักษณะปรากฏ, ความชอบโดยรวม, สี, และเนื้อสัมผัส ตามลำดับ (รูปที่ 1 และ 2) นอกจากนี้ยังพบว่า ผลิตภัณฑ์ของขนมหม้อแกงสูตรต่างๆ สามารถจัดกลุ่มได้ 2 กลุ่ม คือ สูตร 4, 1, และ 5 ที่ผู้บริโภคชอบ กับสูตร 2 และ3 ที่ผู้บริโภคไม่ค่อยชอบ (รูปที่ 3)



รูปที่ 1 Variables factor Principle component analysis (PCA) ของขนมหม้อแกงสูตรต่างๆ



รูปที่ 2 Individuals factor map Principle component analysis (PCA) ของขนมหม้อแกงสูตรต่างๆ



รูปที่ 3 Hierarchical clustering on the factor map ของขนมหม้อแกงสูตรต่างๆ

สรุป

อัตราส่วนของแป้งมันม่วงต่อกะทิผงที่เหมาะสมในการทำขนมหม้อแกงมันม่วงสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดคือแป้งมันม่วง 12% ต่อกะทิผง 28% น้ำตาลทราย 59.5% และเกลือ 0.5% และองค์ประกอบหลักที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจของผู้บริโภคคือกลิ่นรส รสชาติ ลักษณะปรากฏ ความชอบโดยรวม สี และเนื้อสัมผัส ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

1. ภูริชา กรพุฒินันท์ และ ชุติมาวดี ทองจีน. พฤติกรรมการบริโภคขนมไทยของคนที่อาศัยอยู่ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร. วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ฉบับมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์. 2559, ปีที่ 8, 77-91.
2. ละอองศรี ศิริเกษร สุชาดา บุญเลิศนิรันดร์ และ วชิรญา เหลียวตระกูล. การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันเทศ 6 พันธุ์. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. 2561, ปีที่ 10, 411-423.

3. Ju, R., Zheng, S., Luo, H., Wang, C., Duan, L., Sheng, Y., Zhao, C., Xu, W., and Huang, K. Purple sweet potato attenuate weight gain in high fat diet induced obese mice. Journal of Food Science. 2017, vol 82, 787-793.
4. Santiago, D. M., Matsushita, K., Tsuboi, K., Yamada, D., Murayama, D., Kawakami, S., Shimada, K., Koaze, H., and Yamauchi, H. Texture and structure of bread supplemented with purple sweet potato powder and treated with enzymes. Food Science and Technology Research. 2015, vol. 21, 537-548.
5. Jangchud, K., Phimolsiripol, Y., and Haruthaithanasan, V. Physicochemical properties of sweet potato flour and starch as affected by blanching and processing. Starch/Stärke. 2003, vol 55, 258–264.
6. Santiago, D. M., Matsushita, K., Noda, T., Tsuboi, K., Yamada, D., Murayama, D., Koaze, H., and Yamauchi, H. Effect of purple sweet potato powder substitution and enzymatic treatments on bread making quality. Food Science and Technology Research. 2015, vol 21, 159-165.
7. He, X.L., Li, X.L., Lv, Y.P., and He, Q. Composition and color stability of anthocyanin-based extract from purple sweet potato. Food Science and Technology, Campinas. 2015, vol 35, 468-473.
8. Kapri, A., and Bhattacharya, S. Gelling behavior of rice flour dispersions at different concentration of solid and time of heating. Journal of Texture Studies. 2008, vol 39, 231–251.

[AS-P16] อิทธิผลของสารละลายเกลือแคลเซียมและเทคนิคซูวีดต่อคุณลักษณะของแครอทพร้อมบริโภคในระหว่างการเก็บรักษา

Effect of Calcium Salt Solution and Sous Vide Technique on the Characteristics of Ready-to-Eat Carrot during Storage

ณัฏฐิกา ศิลาลาย*, ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ, สุปรียา พรประไพ, และกันติกา เจิมกระแจะ
Nattiga Silalai*, Tunyaporn Sirilert, Supreya Pornprapai, and Kantika Joemkrajae
หลักสูตรเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: nattiga.silalai@gmail.com*

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาศึกษาอิทธิพลของสารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์ที่มีต่อสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแครอทพร้อมบริโภค โดยแช่ในสารละลายเกลือแคลเซียมออกเป็น 3 ระดับ คือ แคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0, 0.1 และ 0.2 โดยน้ำหนัก พบว่าค่า aw ความชื้น แรงกดทะลุ-เจาะ และแรงกดของแครอทที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือแคลเซียมที่มีความเข้มข้นที่ 0.1% และ 0.2% นั้นมีค่าใกล้เคียงกับแครอทสด ในขณะที่แครอทแช่ในสารละลายเกลือแคลเซียมเข้มข้น 0% ส่งผลให้มีค่า aw และความชื้นสูง แต่ส่งผลให้ค่าแรงกดทะลุ-เจาะ และแรงกดของแครอทต่ำ ในขณะที่การแช่สารละลายเกลือแคลเซียมเข้มข้น 0.2% ให้ค่าสี L*, a* และ b* ใกล้เคียงกับแครอทสดมากที่สุด เมื่อเก็บในบรรจุภัณฑ์ที่มีความดันสุญญากาศต่างกัน คือ 80 และ 100% Vacuum และผ่านการให้อุณหภูมิที่ต่างกัน คือ 70 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่าค่า aw ปริมาณความชื้น และแรงกดทะลุ-เจาะของตัวอย่างมีความแตกต่างกับแครอทสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่ ณ ความดันสุญญากาศเดียวกัน แรงกดทะลุ-เจาะและแรงตัดของแครอทที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีค่ามากกว่าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิเดียวกัน พบว่าค่าแรงกดทะลุ-เจาะ และแรงตัดของตัวอย่างอยู่ในภาชนะบรรจุที่มีความดันสุญญากาศ 80% ต่ำกว่าที่มีความดันสุญญากาศ 100% เมื่อนำมาตัวอย่างมาเก็บรักษาเป็นเวลา 16 วัน พบว่าทุกตัวอย่างแรงทะลุ-เจาะและแรงตัดลดลงเรื่อยๆตลอดการเก็บรักษา ในขณะที่ ตัวอย่างที่บรรจุด้วยความดัน 80% Vacuum และผ่านการให้ความร้อนที่ 80 องศาเซลเซียส มีแรงทะลุ-เจาะและแรงตัดที่ต่ำกว่าตัวอย่างอื่นๆ ตลอดการเก็บรักษา นอกจากนั้นแครอทที่แช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.2 และบรรจุในภาชนะบรรจุที่ความดัน 80% ผ่านการให้ความร้อนที่ 70 และ 80 องศาเซลเซียส มีเชื้อจุลินทรีย์เริ่มปรากฏขึ้นในวันที่ 16 ในขณะที่ความเข้มข้นของสารละลายเดียวกัน แต่เก็บในภาชนะบรรจุที่ความดัน 100% ผ่านการให้ความร้อนที่ 70 และ 80 องศาเซลเซียส ไม่ปรากฏเชื้อจุลินทรีย์ตลอดการเก็บรักษา

คำสำคัญ: *แคลเซียมคลอไรด์, ความดันสุญญากาศ, เทคนิคซูวีด, แครอทพร้อมบริโภค*

Abstract

The purpose of this study was to investigate the influence of calcium chloride solution on physical properties of ready-to-eat carrots. Calcium chloride solution was divided into 3 levels: 0, 0.1 and 0.2% (w/w) $CaCl_2$. Values of a_w, moisture content, penetration and cutting forces of carrots soaking in 0.1 and 0.2% $CaCl_2$ was closed to these values of fresh carrots. Carrots soaking in 0% $CaCl_2$ resulted in high values of a_w and moisture content, but low penetration and cutting forces. Color (L*, a* and b*) of carrots soaking in 0.2% $CaCl_2$ was similar to that of fresh carrots. The samples stored in different packing pressures (80 and 100% vacuum) and different heating temperatures (70 and 80 °C) showed that values of aw, moisture content, and penetration forces was significantly different from those of fresh carrots ($p<0.05$). At the same packing pressure, penetration and cutting forces of carrots heated at 70 °C was higher than those of carrots heated at 80 °C. At the same heating

temperature, the penetration and cutting forces of carrots under 80% vacuum pressure was higher than those of carrots under 100% vacuum pressure. During 16-day storage, penetration and cutting forces of all the samples decreased. However, the samples under 80% vacuum pressure and heated at 80 °C showed lower penetration and cutting forces compared to the other samples during storage. Moreover, microorganism of carrots soaking in 0.2% $CaCl_2$ and stored under 80% vacuum packages as well as heated at 70 and 80 °C was found at the day-16, while microorganism was not found in carrots soaking in 0.2% $CaCl_2$, stored under 100% vacuum packages and heated at 70 and 80 °C throughout 16-day storage.

Keywords: *calcium chloride, vacuum pressure, Sous vide technique, ready-to-eat carrot*

บทนำ

เนื่องจากผักเป็นแหล่งของวิตามินและแร่ธาตุในอาหาร การต้มและนึ่งจะสามารถทำให้เกิดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการไปกับน้ำในระหว่างกรรมวิธีการแปรรูปเหล่านี้ได้[1] นอกจากนั้นยังส่งผลต่อคุณลักษณะและเนื้อสัมผัสของผักด้วย ซึ่งการรักษาความแน่นเนื้อและเนื้อสัมผัสที่ดีของผักและผลไม้สามารถจะทำได้โดยการลดอุณหภูมิการลวกผักและผลไม้ เช่น ลวกที่อุณหภูมิ 70-82°C เป็นเวลา 3-15 นาที แทนที่จะลวกที่อุณหภูมิปกติ (88-100°C) เป็นเวลา 3 นาที ซึ่งช่วยให้ไม่ทำลายเอนไซม์เพกตินเมทิลเอสเทอเรส ซึ่งจะไฮโดรไลซ์หมู่เมทอกซิล ทำให้มีหมู่คาร์บอกซิลอิสระอยู่มากและมันละลายน้ำได้น้อยโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีแคลเซียมไอออนอยู่ ผลก็คือมันจะยังคงอยู่ในผนังเซลล์ระหว่างที่ต้มผักและผลไม้ ทำให้เนื้อสัมผัสของผักและผลไม้แน่นและกรอบกว่า โดยผลจากความร้อนมักจะทำให้ผักหรือผลไม้อ่อนนุ่มหรือเละเนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเซลล์ การที่เนื้อเยื่อจะยังคงดีสมบูรณ์ขึ้นกับการรักษาเซลล์ไว้และมีพันธะที่มั่นคงระหว่างองค์ประกอบของผนังเซลล์ สารประกอบเพกติน (Pectic substrances) มีส่วนช่วยให้โครงสร้างของผักและผลไม้อยู่ตัวโดยการเกิดครอสลิงค์ (Cross link) ระหว่างหมู่คาร์บอกซิลิกที่อิสระกับแคทไอออนที่มีวาเลนซีมากกว่าหนึ่ง เช่น แคลเซียม โดยใช้ในรูปสารละลายเข้มข้นร้อยละ 0.1-0.25 เพื่อให้ผักและผลไม้มีเนื้อแน่นและกรอบ เพราะวิธีนี้จะช่วยเพิ่มครอสลิงค์ และการเกิดแคลเซียมเพ็กติเนท (Calcium pectinate) และแคลเซียมเพ็กเตต (Calcium pectate) ที่ไม่ละลายน้ำ สารเหล่านี้ทำให้โครงสร้างของเซลล์มั่นคง และช่วยค้ำจุนเนื้อเยื่อทำให้อยู่ตัวแม้จะผ่านขบวนการความร้อน ซึ่งเกลือที่ใช้มากที่สุดคือ แคลเซียมคลอไรด์ แคลเซียมซิเตรต แคลเซียมซัลเฟต แคลเซียมแลกเตต และโมโนแคลเซียมฟอสเฟต อย่างไรก็ตามเกลือแคลเซียมส่วนใหญ่ละลายน้ำได้น้อยและบางชนิดยังมีรสขมด้วย[2] แต่ในปัจจุบันการเก็บรักษาอาหารหรือของสดต่างๆ เป็นไปได้ค่อนข้างยากที่จะทำให้อาหารนั้นคงความสดและมีคุณภาพอีกทั้งยังต้องมีเนื้อสัมผัสและสีที่ดี จึงได้มีการนำเอาเทคนิคการใช้สภาวะอุณหภูมิและความดันที่กำหนดร่วมกับการบรรจุสุญญากาศเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถถนอมอาหารให้คงคุณภาพและเนื้อสัมผัสที่ดีและลดจำนวนจุลินทรีย์ได้ซึ่งกระบวนการที่กล่าวมาก็คือกระบวนการปรุงอาหารที่เรียกว่า “ซูวีด” เป็นอีกกระบวนการหนึ่งที่สามารถปรับใช้ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ผักได้ทำให้คงคุณค่าทางโภชนาการและกลิ่นรสของผักได้

เทคนิคซูวีด (Sous vide technique) มาจากภาษาฝรั่งเศส แปลว่า Under Vacuum เป็นการประยุกต์ใช้กับความร้อนในระดับการพาสเจอร์ไรส์กับวัตถุดิบสด หรืออาหารกึ่งสุกกึ่งดิบ ในภาชนะบรรจุที่ทนความร้อนภายใต้สภาพสุญญากาศ[3] ก่อนจะนำไปผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำ และเก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิแช่เย็น 0-3 องศาเซลเซียส[4] ซึ่งในการเก็บรักษาแช่เย็นอาจจะต้องคำนึงถึงการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ก่อโรคในกลุ่มที่ไม่ต้องการอากาศ เช่น *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens*, *Listeria monocytogenes* เป็นต้น โดยภายใต้สภาวะดังกล่าวสามารถเก็บรักษาได้ 3-5 สัปดาห์ และต้องนำไปผ่านการให้ความร้อนอีกครั้งสำหรับการบริโภค[5] การผลิตอาหารด้วยเทคนิค Sous vide จะให้ผลดีในเรื่องของรสชาติ การเพิ่มความนุ่มและความชื้น การคงคุณภาพด้านสี ลดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ[6] และทำให้อายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น[5,7] ผลิตภัณฑ์ผักที่ผ่านกระบวนการผลิตด้วยเทคนิค Sous vide ทำให้ผักมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสดีที่สุดประมาณ 7 วัน[4] ซึ่งในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาความเข้มข้นของเกลือและภาวะสุญญากาศที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการแปรรูปแครอทด้วยเทคนิคซูวีด (Sous vide technique) เพื่อการบริโภคและเก็บรักษา

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาผลของสารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์ที่มีต่อสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแครอทพร้อมบริโภค โดยใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) เข้มข้นร้อยละ 0, 0.1 และ 0.2 โดยน้ำหนัก

การเตรียมตัวอย่าง: เตรียมแครอทหั่นเป็นชิ้นแต่ละชิ้นมีขนาดเท่ากันคือ (2×2×0.5 เซนติเมตร) จากนั้นแช่ในสารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0, 0.1 และ 0.2 เป็นเวลา 15 นาที ทิ้งไว้ให้แห้งประมาณ 10 นาที เมื่อครบกำหนดเวลานำแครอทที่ได้ไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมี ดังนี้ ปริมาณความชื้น (ตามมาตรฐาน AOAC, 2000) ค่า a_w ด้วยเครื่อง AquaLab (Aw CX3TE) ค่าสีด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab และความแข็งของแครอทด้วยเครื่อง Texture analyzer

2. ศึกษาผลของความดันและการให้ความร้อนในกระบวนการซูวีด (Sous Vide Technique) ต่อสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแครอท

การใช้เทคนิค Sous vide: ชุดการทดลอง Sous vide technique จะทำการปิดผนึกด้วยระบบสุญญากาศ 2 สภาวะ คือ ที่ความดันสุญญากาศ 80% และ 100% และนำไปให้ความร้อนระดับพาสเจอไรส์ 2 อุณหภูมิ คือ ที่ระดับ 70°C และ ที่ระดับ 80°C ด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) เป็นเวลา 15 นาที

ขั้นตอนการศึกษา คือ นำตัวอย่างที่เตรียมจากข้อที่ 1 มาบรรจุลงในถุงเพาช์ (ถุงพลาสติกทนร้อนโปร่งแสงชนิดไนลอนที่มีความหนาประมาณ 15 ไมครอน ขนาด 150x180 มิลลิเมตร) แล้วนำไปปิดผนึกด้วยเครื่องผนึกสุญญากาศ (ที่ 2 สภาวะ คือ 80% และ 100% Vacuum) จากนั้นเสียบเทอร์โมคอปเปิลที่จุดกึ่งกลางของชิ้นเนื้อแครอทที่อยู่ประมาณตรงกลางถุง (จุดที่ร้อนช้าที่สุด) โดยใช้ Silicone supporter ป้องกันการรั่ว แล้วต่อสายเข้าเครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Data logger) โดยวัดอุณหภูมิจากจุดกึ่งกลางของชิ้นเนื้อ (ที่ 2 ระดับ คือ 70°C และ 80°C) จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิประมาณ 5-10°C เป็นเวลานาน 2 อาทิตย์ จากนั้นนำมาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีและจุลินทรีย์ด้วยวิธีการ Total Plate Count (TPC) ในระหว่างการเก็บรักษา

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. อิทธิพลของสารละลายเกลือแคลเซียมที่มีต่อสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผักพร้อมบริโภค โดยใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) เข้มข้นร้อยละ 0, 0.1 และ 0.2 โดยน้ำหนัก

จากผลการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบค่า a_w ความชื้น แรงกดเจาะ และแรงตัดของแครอทที่แช่สารละลายเกลือแคลเซียมที่มีความเข้มข้นที่ 0%, 0.1% และ 0.2% $CaCl_2$ พบว่าค่า a_w ความชื้นและแรงตัดของแครอทที่แช่สารละลายเกลือแคลเซียมที่มีความเข้มข้น 0.02% มีค่าต่ำสุด ในขณะที่แรงกดทะลุ-เจาะมีค่าสูงสุด ซึ่งค่าเหล่านี้มีค่าใกล้เคียงกับแครอทสดที่ไม่ผ่านกระบวนการแช่สารละลายเกลือ (ตารางที่ 1) ที่การแช่ $CaCl_2$ ที่ความเข้มข้น 0% มีปริมาณความชื้นมากที่สุด คือ ร้อยละ 11.74 รองลงมาเป็นการแช่ $CaCl_2$ ที่ความเข้มข้น 0.1% และ 0.2% คือ ร้อยละ 9.09 และ 8.87 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าความเข้มข้นของ $CaCl_2$ ที่มากขึ้น ส่งผลให้มีค่า a_w และปริมาณความชื้นของแครอทลดลง ทั้งนี้เนื่องจากสารละลายเกลือส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระสูญเสียออกจากแครอทด้วยกระบวนการออสโมซิส จนกระทั่งสารละลายภายนอกเซลล์มีความเข้มข้นเท่ากับภายในเซลล์ โมเลกุลของน้ำทั้งเข้าและออกจากเซลล์จะอยู่ในสภาวะสมดุล อันเนื่องมาจากสมบัติของ isotonic solution[8] ดังนั้นจึงส่งผลให้มีความชื้นมีปริมาณรวมทั้งเนื้อสัมผัสมีค่าใกล้เคียงกับแครอทสด ในขณะที่แครอทที่แช่สารละลายเกลือ 0% $CaCl_2$ (น้ำปราศจากเกลือ) จะส่งผลให้น้ำเข้าไปอยู่ในโครงสร้างแครอทมากขึ้นเนื่องจากสารละลายภายนอกเซลล์มีความเข้มข้นต่ำกว่าในเซลล์ (hypotonic solution) น้ำจะเข้าสู่เซลล์ เซลล์จะบวมน้ำ และอาจทำให้เซลล์แตกได้ (hydrolysis) ถ้าสภาวะนี้เกิดอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นสารละลายเกลือที่สูงขึ้นจึงส่งผลให้ค่า a_w ลดลงนั่นเอง[9]

ตารางที่ 1 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแครอทสดและแครอทที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้นต่างๆ

ตัวอย่าง	a_w	ความชื้น (ร้อยละ)	แรงกดทะลุ-เจาะ (นิวตัน; N)	แรงตัด (นิวตัน; N)
แครอทสด	0.9654 ± 0.0016^{c}	8.80 ± 0.35^{b}	14.13 ± 0.81^{a}	316.63 ± 24.61^{a}
แช่ใน 0% $CaCl_2$ (น้ำปราศจากเกลือ)	0.9904 ± 0.0012^{a}	11.74 ± 0.08^{a}	10.99 ± 0.80^{b}	201.39 ± 44.54^{a}
แช่ใน 0.1% $CaCl_2$	0.9715 ± 0.0012^{b}	9.09 ± 0.25^{b}	11.47 ± 0.41^{b}	253.29 ± 62.65^{a}
แช่ใน 0.2% $CaCl_2$	0.9621 ± 0.0010^{c}	8.87 ± 0.08^{b}	14.60 ± 2.50^{a}	312.84 ± 62.60^{a}

หมายเหตุ ค่า ± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

$^{a-d}$ ที่กำกับในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เมื่อพิจารณาถึงแรงกดทะลุ-เจาะ พบว่า แรงกดทะลุ-เจาะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของ 0.2% $CaCl_2$ เพิ่มมากขึ้น ซึ่งมีค่ามากที่สุด คือ 14.60 N รองลงมาคือ 0.1% $CaCl_2$ และ 0% $CaCl_2$ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน คือ 10.99 และ 14.60 นิวตัน (N) ตามลำดับ ที่ความเข้มข้น 0.2% $CaCl_2$ มีแรงเจาะมากที่สุด เนื่องจากผักและผลไม้อยู่ตัวได้จากการเกิดการเชื่อมข้ามระหว่างหมู่คาร์บอกซิลิกที่อิสระของสารประกอบเพคตินกับแคทไอออนที่มีวาเลนซีมากกว่าหนึ่ง เช่น แคลเซียม โดยใช้ในรูปสารละลายเข้มข้นร้อยละ 0.1-0.25 เพื่อให้ผักและผลไม้มีเนื้อแน่นและกรอบ[2] จึงส่งผลให้มีค่าแรงกดทะลุ-เจาะมากกว่าที่ความเข้มข้น 0% และ 0.1% $CaCl_2$ ในขณะที่ความเข้มข้น 0% $CaCl_2$ นั้นมีค่าแรงกดทะลุ-เจาะที่น้อย เนื่องจากน้ำที่ออสโมซิสเข้าไปในแครอทส่งผลให้เนื้อสัมผัสของแครอทนิ่มลง ทำให้ใช้ในแรงเจาะ-ทะลุลดลงนั่นเอง

ส่วนค่าแรงตัดของแครอทเพิ่มขึ้นเช่นกัน เมื่อแช่ในสารละลายเกลือแคลเซียมเข้มข้นเพิ่มขึ้น โดยค่าแรงตัดของแครอทที่แช่ในสารละลายเกลือแคลเซียมเข้มข้น 0% $CaCl_2$ มีค่าน้อยสุด คือ 224.72 N ซึ่งผลจากการทดลองแสดงให้เห็นว่า เนื้อแครอทที่แช่ในสารละลายเกลือที่เข้มข้น 0.2% มีความแน่นและกรอบมาก สามารถทำให้ตัดได้ง่ายมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสารละลายเกลือที่มีความเข้มข้นต่ำ (0 - 0.1% $CaCl_2$) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Howard และคณะ[10] และทิพวรรณ ทองสุข (2553) ที่แสดงให้เห็นว่าเกลือแคลเซียมสามารถซึ่งวิธีนี้จะช่วยเพิ่มการเชื่อมข้ามและการเกิด calcium pectinate และ calcium pectate ที่ไม่ละลายน้ำ สารเหล่านี้ทำให้โครงสร้างของเซลล์มั่นคง และช่วยค้ำจุนเนื้อเยื่อทำให้อยู่ตัวแม้จะผ่านขบวนการความร้อน โดยผลไม้ เช่น มะเขือเทศ เบอร์รี่ และแอปเปิล ถูกตัดเป็นแว่นๆ ก่อนจะบรรจุกระป๋องหรือแช่แข็ง มะม่วงก่อนจะดองจะแช่ในเกลือแคลเซียมก่อน เกลือที่ใช้มากที่สุดคือ แคลเซียมคลอไรด์ แคลเซียมซิเตรต แคลเซียมซัลเฟต แคลเซียมแลกเตต และโมโนแคลเซียมฟอสเฟต ประกอบกับสมบัติการเป็น isotonic solution ที่ทำให้โมเลกุลของน้ำทั้งเข้าและออกจากเซลล์จะอยู่ในสภาวะสมดุล สารละลายภายนอกเซลล์มีความเข้มข้นเท่ากับภายในเซลล์ ดังที่กล่าวมาข้างต้น[8] จึงทำให้เนื้อสัมผัสทั้งทางด้านแรงกด-ทะลุและแรงตัดของแครอทมีค่าใกล้เคียงกับแครอทสด

ตารางที่ 2 ค่าสี (Color) ของแครอทสดและแครอทที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้นต่างๆ

ตัวอย่าง	L*	a*	b*
แครอทสด	35.76 ± 0.90^{b}	33.70 ± 3.66^{a}	44.32 ± 2.91^{a}
แช่ใน 0% $CaCl_2$ (น้ำปราศจากเกลือ)	49.66 ± 1.68^{a}	21.96 ± 3.92^{b}	22.27 ± 2.73^{c}
แช่ใน 0.1% $CaCl_2$	48.91 ± 0.43^{a}	28.14 ± 4.68^{c}	38.32 ± 5.21^{b}
แช่ใน 0.2% $CaCl_2$	36.25 ± 1.52^{b}	35.24 ± 4.36^{a}	41.66 ± 2.18^{a}

หมายเหตุ ค่า ± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล

$^{a-d}$ ที่กำกับในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ค่าสี (L* a* และ b*) ที่เป็นค่าที่นิยมในการประเมินลักษณะปรากฏของตัวอย่างที่ทำการศึกษา โดยค่า L* จะบรรยายถึงความสว่าง (lightness) ที่เข้าใกล้ 100 หมายถึง ตัวอย่างมีความสว่างมากจนเป็นสีขาวหรือสีจาง แต่ถ้าค่า L* เข้าใกล้ 0 หมายถึงตัวอย่างมีความสว่างน้อยลงจนเป็นสีคล้ำ ส่วนค่า a* ที่เป็นบวก จะบรรยายถึงค่าสีแดง แต่ค่า a* ที่เป็นลบ จะบรรยายค่าสีเขียว และในค่า b* ที่เป็นบวก จะบรรยายค่าสีเหลือง แต่ถ้าค่า b* เป็นลบ จะบรรยายค่าสีน้ำเงิน[11] จากผลการทดลองของตารางที่ 2 จะพบว่า ค่าสีของแครอทที่แช่ในสารละลายเกลือเข้มข้น 0.2% $CaCl_2$ มีค่าของ L*, a* และ b* มีค่าเท่ากับ 36.25, 35.24 และ 41.66 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสีใกล้เคียงกับแครอทสดที่ไม่ผ่านกระบวนแช่สารละลายเกลือ โดยแครอทที่แช่ในสารละลายเกลือเข้มข้น 0.2% $CaCl_2$ ให้ค่าความสว่างน้อยกว่าที่แช่ในสารละลายเกลือเข้มข้น 0 และ 0.1% $CaCl_2$ ซึ่งแครอทที่แช่ในสารละลายเกลือเข้มข้น 0% $CaCl_2$ ให้ค่าความสว่างมากที่สุด ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากการไหลซึมของน้ำออกจากเซลล์จากปฏิกิริยาออสโมซิส (Osmosis) จึงทำให้มีความสว่างลดลง ขณะเดียวกันค่า a* ของแครอทที่แช่ในสารละลายเกลือเข้มข้น 0.2% $CaCl_2$ มีค่าสีแดง (35.24) และค่าสีเหลือง (41.66) สูงที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีสีส้มเข้มที่สุด เมื่อเทียบกับแครอทที่แช่ในสารละลายเกลือเข้มข้น 0.1 และ 0% $CaCl_2$ เนื่องมาจากแคลเซียมไอออนสามารถจับกับหมู่ไฮดรอกซิลอิสระของแอนโทไซยานิน เกิด Metal complexion ช่วยเพิ่มความคงตัวของสี ทำให้มีสีที่เข้มขึ้น และความสว่างลดลง[12] ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการ pre-treatment ด้วยสารเคมีต่างความเข้มข้นกัน สามารถส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อสีของแครอทได้

2. ผลของความดันและการให้ความร้อนในกระบวนการซูวีด (Sous Vide Technique) ต่อสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแครอท

อิทธิพลของความเข้มข้นของสารละลายเกลือที่มีต่อคุณลักษณะและเนื้อสัมผัสของแครอท พบว่าแครอทที่แช่ในสารละลายเกลือเข้มข้น 0.2% $CaCl_2$ ให้สมบัติทางกายภาพและทางเคมี (สีและเนื้อสัมผัส) ที่ใกล้เคียงกับแครอทสดที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายเกลือ ดังนั้นแครอทที่ผ่านการแช่ในสารละลายเข้มข้น 0.2% $CaCl_2$ จะถูกนำมาใช้ในการศึกษาถึงอิทธิพลของกระบวนการ Sous vide ต่อสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแครอทพร้อมบริโภค จากผลการทดลอง (ตารางที่ 3) ค่า a_w ความชื้นและเนื้อสัมผัสของแครอทที่ผ่านการแช่ในแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) เข้มข้น 0.2% ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่มีความดันสุญญากาศต่างกัน คือ 80 และ 100% Vacuum ระหว่าง 2 อุณหภูมิ พบว่าค่า a_w อยู่ในช่วง 0.9870 – 0.9940 ขณะเดียวกันปริมาณความชื้นของตัวอย่างอยู่ในช่วงร้อยละ 11.07 – 12.58 ซึ่งสอดคล้องกับความชื้นที่พบในอาหารกลุ่มอาหารสดที่มีค่า a_w มากกว่า 0.85

เมื่อพิจารณาถึงสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแครอทสดกับแครอทที่ผ่านแช่ในแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) เข้มข้นร้อยละ 0.2 ในกระบวนการซูวีด พบว่า ค่า a_w ปริมาณความชื้น และแรงกดทะลุ-เจาะของตัวอย่างมีความแตกต่างกับแครอทสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่แครอทที่ผ่านกระบวนการซูวีดมีค่าแรงตัด (Cutting test) ใกล้เคียงกับแครอทสด ดังนั้นจึงใช้ค่าแรงตัดนี้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณา ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงค่าแรงกดทะลุ-เจาะและแรงตัด พบว่า ที่ความดันสุญญากาศเดียวกัน แรงกดทะลุ-เจาะและแรงตัดของแครอทที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีค่ามากกว่าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ทั้งใน 2 ความดัน อาจเป็นไปได้ว่าที่อุณหภูมิต่ำกว่า ช่วยให้โครงสร้างของเซลล์พืชถูกทำลายได้น้อยกว่าที่อุณหภูมิสูงกว่า และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างความดันสุญญากาศ ณ ที่อุณหภูมิเดียวกัน พบว่า ค่าแรงกดทะลุ-เจาะและแรงตัดของตัวอย่างที่บรรจุในภาชนะบรรจุที่มีความดันสุญญากาศ 80% ต่ำกว่าที่มีความดันสุญญากาศ 100% ทั้งใน 2 อุณหภูมิ ทั้งนี้เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนภายใต้สภาวะสุญญากาศเป็นกระบวนการทำแห้งวิธีหนึ่งที่ทำให้มีอัตราการทำแห้งสูงและเร็ว เพราะในกระบวนทำแห้งที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ ส่งผลให้ความดันไอน้ำในอากาศลดลง ผลต่างระหว่างความดันไอน้ำที่ผลิตภัณฑ์กับอากาศจึงมีมากขึ้น ทำให้อัตราการถ่ายเทน้ำจากภายในมาที่ผิวของผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นได้มากและง่าย[6] และอากาศที่เหลืออยู่ในถุงเพาช์จะขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน ทำให้ความชื้นนั้นถูกแปลงกลายเป็นไอด้วยการระเหิดนั่นเอง[13]

ดังนั้นการให้ความร้อน ณ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสแก่ตัวอย่างที่ใช้เวลาเท่ากันนั้น ส่งผลให้คงคุณลักษณะเนื้อสัมผัสได้ดีกว่าที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าเซลล์โครงสร้างผนังพืชที่แข็งแรง เช่น กลุ่มตระกูลถั่ว

(legumes) ส่วนใหญ่จะเริ่มอ่อนตัวเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 50 นาที แต่เมื่อใช้ความร้อนร่วมกับความดันสุญญากาศนั้น สามารถอุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนเหลือเพียง 80 – 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20-30 นาที[13,14] จากผลการทดลองพบว่า แครอทที่เก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศที่ 100% ร่วมกับการให้ความร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส จะให้ค่าแรงตัด (316.47 N) ที่ใกล้เคียงกับแครอทสดมากที่สุด คือ 316.63 N (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 สมบัติทางกายภาพเปรียบเทียบระหว่างแครอทสดกับแครอทที่ผ่านการแช่ใน 0.2% แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$)

สมบัติทางกายภาพ	Control	80% Vacuum		100% Vacuum	
		70°C	80°C	70°C	80°C
ค่า a_w	0.9654 ± 0.0015	0.9940 ± 0.0010$^{*, b}$	0.9890 ± 0.0006$^{*, c}$	0.9980 ± 0.0015$^{*, a}$	0.9870 ± 0.0010$^{*, d}$
ความชื้น (ร้อยละ)	8.80 ± 0.34	11.74 ± 0.07$^{*, a}$	11.85 ± 0.21$^{*, a}$	11.07 ± 0.03$^{*, b}$	11.98 ± 0.52$^{*, a}$
แรงกดทะลุ-เจาะ (N)	14.13 ± 0.80	61.71 ± 7.94$^{*, a}$	55.48 ± 10.58$^{*, a}$	62.87 ± 6.55$^{*, a}$	58.63 ± 11.13$^{*, a}$
แรงตัด (N)	316.63 ± 24.61	253.29 ± 62.65^{ns}	235.30 ± 46.22^{ns}	316.47 ± 66.07^{ns}	297.56 ± 24^{ns}

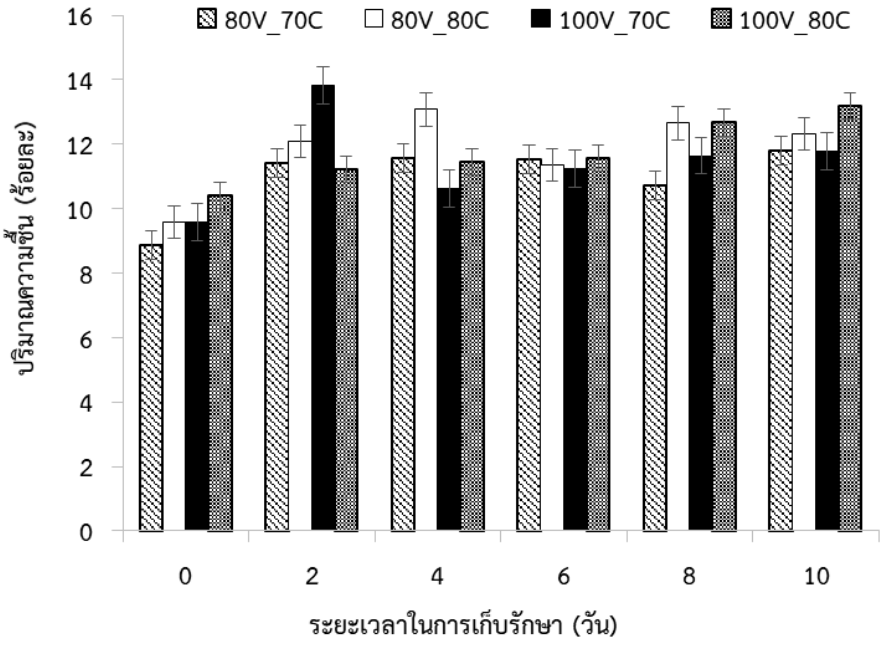
หมายเหตุ ns ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$)

* พบความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เปรียบเทียบกลุ่มสิ่งทดลองกับสิ่งทดลองควบคุม (Control)

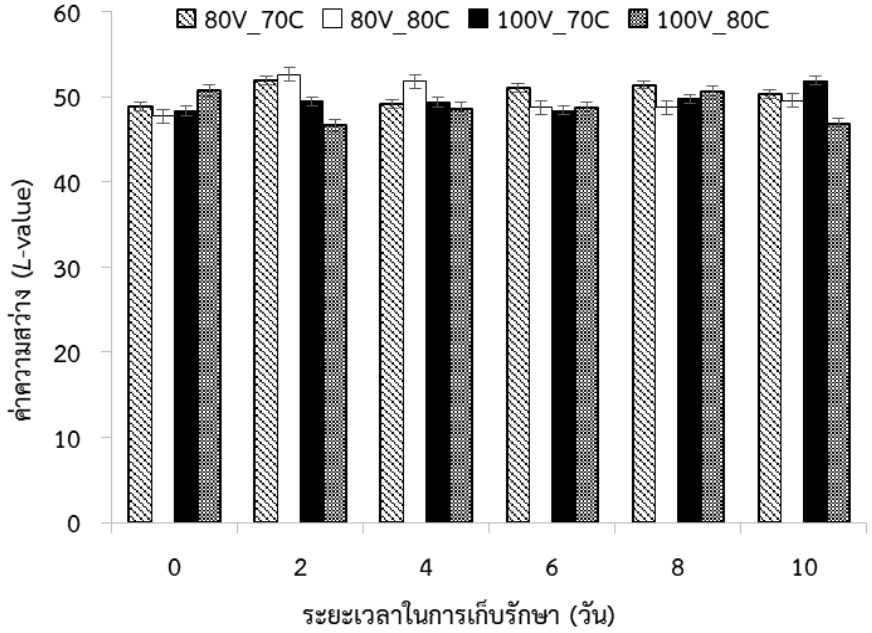
$^{a-b}$ ที่กำกับในแนวนอนเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากการศึกษาปริมาณความชื้นระหว่างการเก็บรักษา (รูปที่ 1) พบว่าในแต่ละช่วงเวลาในการเก็บรักษา ปริมาณความชื้นของแต่ละตัวอย่างไม่คงที่ ซึ่งปริมาณความชื้นในแต่ละตัวอย่างมีค่าอยู่ในช่วง ร้อยละ 9-14 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นเริ่มต้นของตัวอย่างที่ใช้ เนื่องจากตัวอย่างที่นำมาใช้ในการวิจัย มีความชื้นเริ่มต้นไม่เท่ากัน และในแต่ละภาชนะบรรจุก็มีความชื้นที่ต่างกันด้วย ซึ่งสอดคล้องกับค่า a_w คืออยู่ในช่วง 0.9880 – 0.9900 ของตัวอย่างในแต่ละภาชนะบรรจุที่มีค่าแตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตาม จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า ปริมาณความชื้นในทุกตัวอย่างส่วนใหญ่เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บ ทั้งอาจเป็นไปได้ว่าปริมาณเกลือแคลเซียมที่ใช้แช่ตัวอย่างอาจจะส่งผลให้ปริมาณน้ำชนิด Capillary water ที่อยู่ในโครงสร้างของเซลล์พืชถูกดึงออกมาเป็นน้ำอิสระ (Free water) ขึ้นนั่นเอง[2]

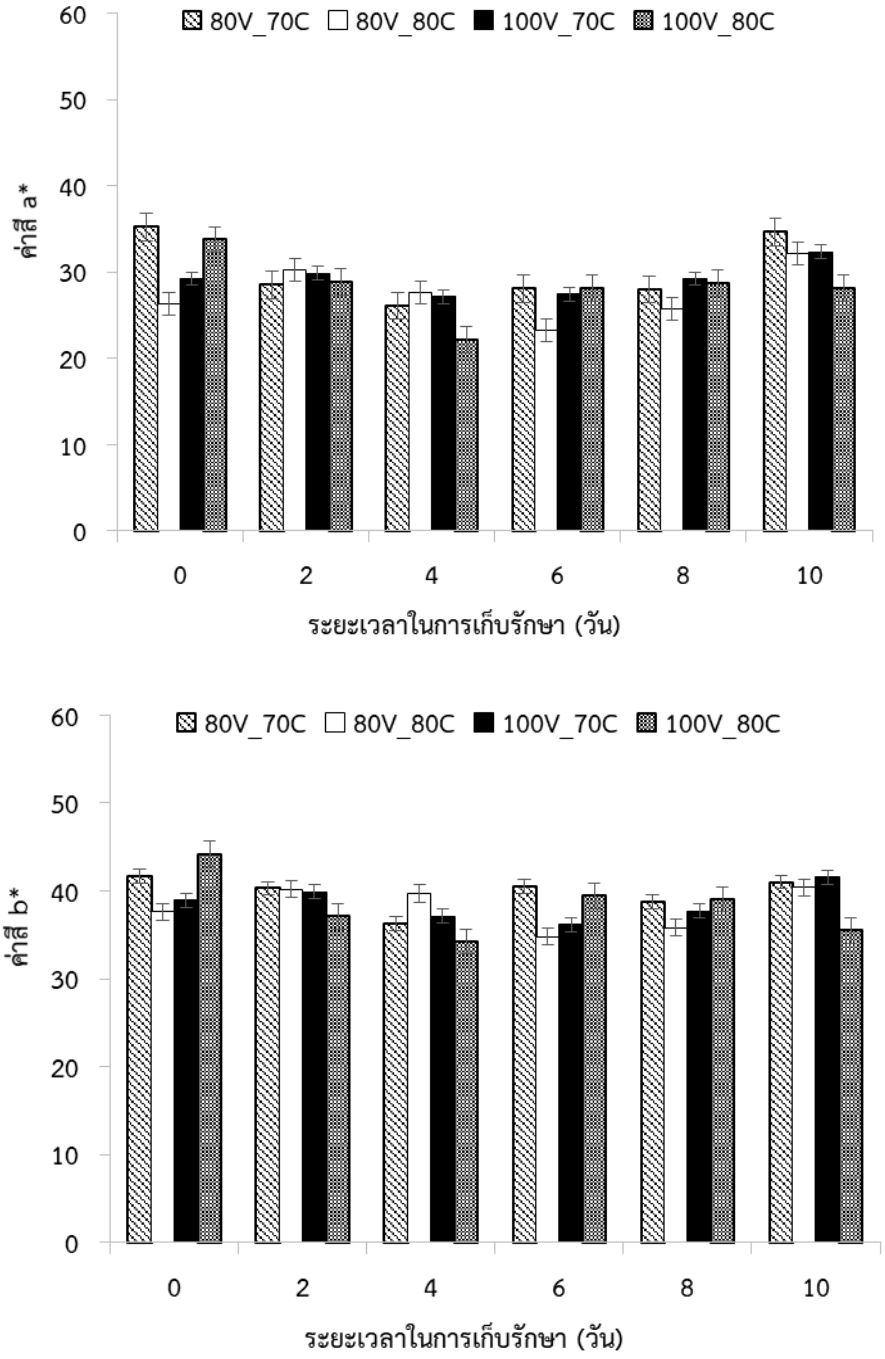
จากการเปรียบค่าสีและค่าความสว่างของแครอทที่ผ่านการแช่ใน $CaCl_2$ เข้มข้นร้อยละ 0.2 อุณหภูมิ 5-10 °C เป็นเวลา 10 วัน (รูปที่ 2 - 3) พบว่า ค่าความสว่าง (*L*-value) ของตัวอย่างแครอทที่บรรจุภาชนะปิดสนิทในสภาวะที่แตกต่างกัน ไม่พบความแตกต่างกัน คือให้ความสว่างอยู่ในช่วง 46-54 ในขณะที่ค่า a มีค่าอยู่ในช่วง 28-35 ซึ่งให้ค่าที่เป็นสีแดง และค่า b มีค่าอยู่ในช่วง 35-42 ซึ่งให้ค่าที่เป็นสีเหลือง ซึ่งเมื่อพิจารณาทั้ง 2 ค่า (a* และ b*) ดูเหมือนว่าค่าสีแดงจะน้อยกว่าค่าสีเหลืองในระหว่างการเก็บในแต่ละวันของทุกๆตัวอย่าง อาจจะเนื่องมาจากรงควัตถุต่างๆในแครอท ซึ่งมีทั้งที่เป็นกลุ่มละลายน้ำ เช่น แอนโธไซยานิน (แดงส้ม) และไม่ละลายน้ำ เช่น แคโรทีนอยด์ (สีเหลือง) ดังนั้นกลุ่มที่เป็นรงควัตถุที่ไม่ละลายน้ำในแครอทยังคงอยู่ในเซลล์พืช ในขณะที่กลุ่มที่ละลายน้ำหลุดออกมากับน้ำ เนื่องจากความร้อนและสารละลายเกลือแคลเซียมที่ทำให้เซลล์พืชอ่อนตัวและแตก[14] จึงส่งผลให้สีที่แสดงออกมาจึงมีลักษณะค่อนไปทางสีเหลืองส้มและสว่างเล็กน้อย



ภาพที่ 1 ปริมาณความชื้นของแครอทที่ผ่านการแช่ในแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) เข้มข้นร้อยละ 0.2 ณ อุณหภูมิ 5-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 วัน



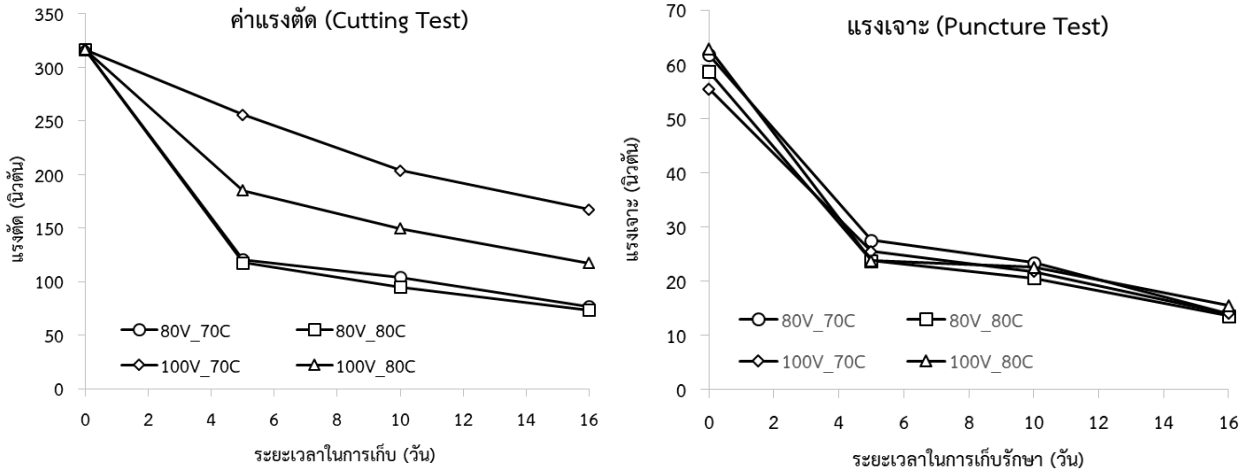
ภาพที่ 2 ค่าความสว่าง (*L*-value) ของแครอทที่ผ่านการแช่ในแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) เข้มข้นร้อยละ 0.2 ณ อุณหภูมิ 5-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 วัน



ภาพที่ 3 ค่าสี a* (บน) และค่าสี b* (ล่าง) ของแครอทที่ผ่านการแช่ในแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) เข้มข้นร้อยละ 0.2 ณ อุณหภูมิ 5-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 วัน

เมื่อพิจารณาจากลักษณะเนื้อสัมผัส (ค่าแรงเจาะและแรงตัด) ของแครอทที่เก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน พบว่าค่าเฉลี่ยลดลงเรื่อยๆ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5-10 °C เป็นเวลา 16 วัน (รูปที่ 4) ชี้ให้เห็นว่าความกรอบและความแน่นเนื้อของแครอทลดลงระหว่างการเก็บรักษา โดยค่าแรงเจาะของแครอทที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ที่มีความดันสุญญากาศ 100% Vacuum จะลดลงน้อยกว่าที่สภาวะความดัน 80% ในแต่ละวันของการเก็บรักษา ทั้งนี้เนื่องจากการการถ่ายเทความร้อนภายใต้ความดันสุญญากาศจะให้อัตราการถ่ายเทความร้อนที่เร็วกว่าที่ภายใต้บรรยากาศ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น[15] ดังนั้นจึงส่งผลให้โครงสร้างของแครอทที่สภาวะนี้ถูกทำลายได้น้อยกว่าที่สภาวะอื่นๆ อีกทั้งอุณหภูมิในการให้ความร้อนที่ระหว่าง 70 และ 80 องศา

เซลเซียส ก็ให้ผลที่ต่างกันคือ ค่าแรงตัดของแครอทที่บรรจุในภาชนะที่ปิดสนิทความดัน 100% และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีความแน่นเนื้อมากกว่าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส อันเนื่องจากความร้อนที่ทำให้โครงสร้างของผนังเซลล์ถูกทำลายได้มากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sterling[16] ที่แสดงให้เห็นว่าการใช้ความร้อนสูงจะส่งผลต่อการทำลายโครงสร้างเนื้อเยื่อของพืช ในขณะที่แรงเจาะของแครอทในสภาวะต่างๆมีแนวโน้มเหมือนกัน คือช่วง 5 วันแรกของการเก็บรักษาจะมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว และค่อยลดลงอย่างช้าๆ จนถึงวันที่ 16 ของการเก็บรักษา (รูปที่ 4 ขวา)การเปรียบเทียบจากกราฟรูปที่ 4 ลักษณะเนื้อสัมผัสของแครอทที่ผ่านการแช่ $CaCl_2$ เข้มข้นร้อยละ 0.2 อุณหภูมิ 5-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 วัน พบว่าค่าเฉลี่ยลดลงเรื่อยๆ เนื่องจากความกรอบความแน่นเนื้อของแครอทเพิ่มมากขึ้น ทำให้แรงเจาะและแรงตัดง่ายมากขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างต่างๆจะเห็นว่าที่ 80% Vacuum อุณหภูมิ 80 °C มีแรงเจาะและแรงตัดที่ง่ายกว่าตัวอย่างอื่นๆ



ภาพที่ 4 ลักษณะเนื้อสัมผัส (ค่าแรงตัดและค่าแรงเจาะ) ของแครอทที่ผ่านการแช่ในแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) เข้มข้นร้อยละ 0.2 ณ อุณหภูมิ 5-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 16 วัน

3. ผลของกระบวนการซูวีด (Sous Vide Technique) ต่อการเจริญของจุลินทรีย์ในแครอทระหว่างการเก็บรักษา ณ อุณหภูมิประมาณ 5-10 องศาเซลเซียส

จากการพิจารณาการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในแครอทที่สภาวะต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษา แสดงในตารางที่ 4 – 6 พบว่าแครอทที่แช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0 ในภาชนะบรรจุที่ความดัน 80% และให้ความร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส มีเชื้อจุลินทรีย์เริ่มปรากฏขึ้นในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา มีจำนวน 4.0 x 10^2 CFU ในขณะที่แครอทที่แช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0 ในภาชนะบรรจุที่ความดัน 80% และให้ความร้อนที่ 80 องศาเซลเซียส เริ่มปรากฏในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา มีจำนวน 2.2 x 10^4 CFU ส่วนแครอทที่แช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0 ในภาชนะบรรจุที่ความดัน 100% และให้ความร้อนที่ 70 และ 80 องศาเซลเซียส เริ่มปรากฏในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา มีจำนวน 2.1 x 10^4 และ 3.5 x 10^2 CFU ตามลำดับ โดยจำนวนจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นของสภาวะที่ 100% Vacuum ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีน้อยกว่าที่สภาวะ 100% Vacuum ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 4) ซึ่งมาตรฐานที่ยอมรับได้ จะต้องมีเชื้อจุลินทรีย์ไม่เกิน 1 x 10^4 CFU ในตัวอย่างแครอท 1 มิลลิลิตร[17]

ในขณะที่แครอทที่แช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.1 ในภาชนะบรรจุที่ความดัน 80% และให้ความร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส มีเชื้อจุลินทรีย์เริ่มปรากฏขึ้นในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา มีจำนวน 3.7 x 10^3 CFU ในขณะที่แครอทที่แช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.1 ในภาชนะบรรจุที่ความดัน 80% และให้ความร้อนที่ 80 องศาเซลเซียส เริ่มปรากฏในวันที่ 16 ของการเก็บรักษา มีจำนวน 3.2 x 10^3 CFU ส่วนแครอทที่แช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์

เข้มข้นร้อยละ 0.1 ในภาชนะบรรจุที่ความดัน 100% และให้ความร้อนที่ 70 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่า ไม่ปรากฏเชื้อจุลินทรีย์ในการเก็บรักษาเลย (ตารางที่ 5)

ในขณะที่แครอทที่แช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.2 ในภาชนะบรรจุที่ความดัน 80% และให้ความร้อนที่ 70 และ 80 องศาเซลเซียส มีเชื้อจุลินทรีย์เริ่มปรากฏขึ้นในวันที่ 16 ของการเก็บรักษา มีจำนวน 3.3×10^2 และ 5.1×10^3 CFU ตามลำดับ ในขณะที่แครอทที่แช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.2 ส่วนแครอทที่แช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.2 ในภาชนะบรรจุที่ความดัน 100% และให้ความร้อนที่ 70 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่าไม่ปรากฏเชื้อจุลินทรีย์ในการเก็บรักษาเลย (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 4 ผลการประเมินการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในแครอทที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0 ในการเก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 5-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 วัน

ระยะเวลาในการเก็บ (วัน)	80% Vacuum		100% Vacuum	
	70°C (CFU)	80°C (CFU)	70°C (CFU)	80°C (CFU)
0	ND	ND	ND	ND
2	ND	ND	ND	ND
4	ND	ND	ND	ND
6	ND	ND	ND	ND
8	ND	ND	ND	ND
10	4.0×10^2	ND	ND	ND
12	2.7×10^3	2.2×10^4	ND	ND
14	-	-	2.1×10^4	3.5×10^2
16	-	-	-	-

หมายเหตุ ND คือ not detected (ไม่พบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์) วิเคราะห์โดยวิธีการ Total Plate Count

ตารางที่ 5 ผลการประเมินการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในแครอทที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.1 ในการเก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 5-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 วัน

ระยะเวลาในการเก็บ (วัน)	80% Vacuum		100% Vacuum	
	70°C (CFU)	80°C (CFU)	70°C (CFU)	80°C (CFU)
0	ND	ND	ND	ND
2	ND	ND	ND	ND
4	ND	ND	ND	ND
6	ND	ND	ND	ND
8	ND	ND	ND	ND
10	ND	ND	ND	ND
12	ND	ND	ND	ND
14	3.7×10^3	ND	ND	ND
16	-	3.2×10^3	ND	ND

หมายเหตุ ND คือ not detected (ไม่พบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์) วิเคราะห์โดยวิธีการ Total Plate Count

ตารางที่ 6 ผลการประเมินการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในแครอทที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.2 ในการเก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 5-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 วัน

ระยะเวลาในการเก็บ (วัน)	80% Vacuum		100% Vacuum	
	70°C (CFU)	80°C (CFU)	70°C (CFU)	80°C (CFU)
0	ND	ND	ND	ND
2	ND	ND	ND	ND
4	ND	ND	ND	ND
6	ND	ND	ND	ND
8	ND	ND	ND	ND
10	ND	ND	ND	ND
12	ND	ND	ND	ND
14	ND	ND	ND	ND
16	3.3×10^2	5.1×10^3	ND	ND

หมายเหตุ ND คือ not detected (ไม่พบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์) วิเคราะห์โดยวิธีการ Total Plate Count

ซึ่งจากการพิจารณาสภาวะในการเก็บรักษาแครอททีบรรจุในภาชนะปิดสนิทโดยอาศัยหลักการ Sous vide technique พบว่า สภาวะที่ความดัน 100% และให้ความร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นสภาวะที่เหมาะสมแก่การนำไปใช้ในการผลิตแครอทพร้อมบริโภค เนื่องจากเป็นสภาวะที่ให้คุณสมบัติและลักษณะทางกายภาพที่ดีและเหมาะสมที่สุด รวมทั้งยืดอายุการเก็บรักษาไว้ได้ค่อนข้างนาน

สรุป

จากผลการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบค่า aw ความชื้น แรงกดเจาะ และแรงตัดของแครอทที่แช่สารละลายเกลือแคลเซียมที่มีความเข้มข้นที่ 0%, 0.1% และ 0.2% CaCl2 พบว่าค่า a_w และปริมาณความชื้นของแครอทที่แช่สารละลายเกลือแคลเซียมที่มีความเข้มข้น 0.2% มีค่าต่ำสุด ในขณะที่แรงกดทะลุ-เจาะและแรงตัดจะมีค่าสูงสุด (ตารางที่ 4.1) ที่มีการแช่ CaCl2 ที่ความเข้มข้น 0% มีปริมาณความชื้นมากที่สุด รองลงมาเป็นการแช่ CaCl2 ที่ความเข้มข้น 0.1% และ 0.2% แรงกดทะลุ-เจาะและแรงตัด พบว่า แรงกดทะลุ-เจาะและแรงตัดเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของ 0.2% CaCl2 เพิ่มมากขึ้น ซึ่งมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ 0.1% CaCl2 และ 0% CaCl2 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน ที่ความเข้มข้น 0.2% CaCl2 มีแรงเจาะและแรงตัดมากที่สุด ค่าสี (L* a* และ b*) พบว่า ค่าสีของแครอทที่แช่ในสารละลายเกลือเข้มข้น 0.2% CaCl2 มีค่าของ *L*, a** และ *b** น้อยที่สุด

จากผลการทดลอง ค่า a_w ความชื้นและเนื้อสัมผัสของแครอทที่ผ่านการแช่ในแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) เข้มข้นร้อยละ 0.2 ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่มีความดันสุญญากาศต่างกัน คือ 80 และ 100% Vacuum ระหว่าง 2 อุณหภูมิ พบว่า ที่ความดันสุญญากาศเดียวกัน แรงกดทะลุ-เจาะและแรงตัดของตัวอย่างที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีค่ามากกว่าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ทั้งใน 2 ความดัน อาจเป็นไปได้ว่าที่อุณหภูมิต่ำกว่า ช่วยให้โครงสร้างของเซลล์พืชถูกทำลายได้น้อยกว่าที่อุณหภูมิสูงกว่า เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนภายใต้สภาวะสุญญากาศเป็นกระบวนการทำแห้งวิธีหนึ่งที่ทำให้มีอัตราการทำแห้งสูงและเร็ว เพราะในกระบวนทำแห้งที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ ส่งผลให้ความดันไอน้ำในอากาศลดลง ผลต่างระหว่างความดันไอน้ำที่ผลิตภัณฑ์กับอากาศจึงมีมากขึ้น ทำให้อัตราการถ่ายเทน้ำจากภายในมาที่ผิวของผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นได้มากและง่ายยิ่งขึ้น

การเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในแครอทที่สภาวะต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าแครอทที่แช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0 ในภาชนะบรรจุที่ความดัน 80% และให้ความร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส มีเชื้อจุลินทรีย์เริ่มปรากฏขึ้นในวันที่ 10 ของการเก็บรักษาในขณะที่แครอทที่แช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0 ในภาชนะบรรจุที่ความดัน 80% และให้ความร้อนที่ 80 องศา

เซลเซียส เริ่มปรากฏในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา ส่วนแครอทที่แช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0 ในภาชนะบรรจุที่ความดัน 100% และให้ความร้อนที่ 70 และ 80 องศาเซลเซียส เริ่มปรากฏในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา โดยจำนวนจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นของสภาวะที่ 100% Vacuum ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีน้อยกว่าที่สภาวะ 100% Vacuum ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ซึ่งจากการพิจารณาสภาวะในการเก็บรักษาแครอททีบรรจุในภาชนะปิดสนิทโดยอาศัยหลักการ Sous vide technique พบว่า สภาวะที่ความดัน 100% และให้ความร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นสภาวะที่เหมาะสมแก่การนำไปใช้ในการผลิตแครอทพร้อมบริโภค เนื่องจากเป็นสภาวะที่ให้คุณสมบัติและลักษณะทางกายภาพที่ดีและเหมาะสมที่สุด รวมทั้งยืดอายุการเก็บรักษาไว้ได้ค่อนข้างนาน

เอกสารอ้างอิง

1. Charley H, Weaver C. *Foods: A Scientific Approach*. 3rd ed. New Jersey: Prentice-Hall, Inc; 1998.
2. ทิพวรรณ ทองสุข. ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสและเทคนิคการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ผักผลไม้แปรรูป. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.* 2553;29(4): 456-469.
3. Hauben K. Sous vide cooking: State of art. In: European Symposium on Sous Vide (3rd ed). *Proceedings of the Third European Symposium on sous vide. 25-26 March, 1999, Leuven, Belgium*; Leuven: Katholieke Universiteit, 1999. p.11-72.
4. Gillian AA, McIlveen H. Effects of prolong storage on the sensory quality and consumer acceptance of sous vide meat-based recipe dishes. *Food Quality and Preference.* 2000;11: 377-385.
5. Vaudagna SR, Sanchez G, Neira MS, Insani EM, Picallo AB, Gallinger MM, Lasta JA. Sous vide cooked beef muscles: Effects of low temperature-long time (LT-LT) treatments on their quality characteristics and storage stability. *International Journal of Food Science and Technology.* 2002;37: 425–441.
6. Creed PG. Sensory and nutritional aspects for sous vide processed foods. In: Ghazala S. (ed.), *Sous Vide and Cook-Chill Processing for the Food Industry*, Gaitherburg, MD: Aspen; 1998. p.57-88.
7. Church IJ, Parsons AL. The sensory quality of chicken and potato products prepared using cook-chill and sous vide methods. *International Journal of Food Science and Technology*. 2000;35: 155–162.
8. Kim C, Katheria AC, Mercer JS, Stonestreet, BS. Fluid distribution in the fetus neonate. *Fetal and Neonatal Physiology*. 2017;2: 1081-1089.
9. Lewicki PL. Measurement of water activity of saturated salt solutions with the vapour pressure manometer. *Journal of Food Engineering.* 1989;10(1): 39-55.
10. Howard L, Burma P, Wagner A. Firmness and cell wall characteristics of Jalapeno pepper rings as affected by calcium chloride and acetic acid. *Journal Food Science.* 1994;59: 1184–1186.
11. สุนทรี สมแสง. การเปรียบเทียบการเปลี่ยนสีของลิ้นจี่ (พันธุ์กวางเจา) ที่ถนอมด้วยความดันสูงยิ่งและความร้อน. เชียงใหม่:วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2550.
12. Cavalcanti RN, Santos DT, Meireles MAA. Nonthermal stabilization mechanisms of anthocyanins in model and food systems – an overview. *Food Research International*. 2011;44(2): 499-509.
13. Baldwin D.E. Sous vide cooking: A review. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 2012;1:15–30.
14. García-Linares MC, Gonzalez-Fandos E, García-Fernández MC, García-Arias MT. Microbiological and nutritional quality of sous vide or traditionally processed fish: influence of fat content. *Journal of Food Quality*. 2004;27: 371–387.
15. Zhao Q, Zhang W, Wu Y, Ouyang J. Extraction techniques and stability of carotenoprotein from carrot (*Daucus carota* L.) root. *Journal of Food Engineering.* 2015;38(3): 290-298.
16. Sterling C. Effect of moisture and high temperature on cell walls in plant tissues. *Journal of Food Science.* 1955;20(5): 474-479.
17. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำแครอท (มผช. 277/2554). กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม; 2554.

[AS-P17] ผลของน้ำตาลซูโครส แซนแทนกัม และ pH ต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของบีดจากการทำ Reverse Spherification

Effect of Sucrose, Xanthan Gum and pH on Physio-chemical Properties of Bead from Reverse Spherification

เหมือนหมาย อภินทนาพงศ์*, วันดี แซ่ลัก, และ น้ำฟ้า ภาคมฤกษ์
Muanmai Apintanapong*, Wandee Saeluk, and Namfaa Pakmarueg
สาขาวิชาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: muanmai_api@utcc.ac.th*

บทคัดย่อ

เทคนิค reverse spherification เป็นวิธีการสร้างสรรค์เมนูอาหารสมัยใหม่ โดยการสร้างบีดทรงกลมที่มีเยื่อบางหุ้มของเหลวอยู่ภายใน เมื่อรับประทานบีดที่มีของเหลวภายในจะแตกในปาก อย่างไรก็ตามส่วนผสมในผลิตภัณฑ์และสภาวะในการผลิตมีผลกับการเกิดขึ้นรูปของบีดทรงกลม งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของน้ำตาลซูโครส แซนแทนกัม และ pH ต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของบีดจากการทำ reverse spherification ผลการทดลองพบว่า ปริมาณของน้ำตาลซูโครสทำให้ของเหลวมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น และมีผลต่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและ aspect ratio ของบีด โดยความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความหนาแน่นและทางลบกับ aspect ratio อย่างมาก ด้วยค่า correlation coefficient เท่ากับ 0.941 และ -0.401 ตามลำดับ ($p \leq 0.01$) เมื่อใช้แซนแทนกัมร่วมกับการใช้น้ำตาลซูโครส พบว่า aspect ratio มีแนวโน้มลดลงเข้าใกล้ 1 แสดงว่าบีดมีความกลมมากขึ้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแซนแทนกัม ความเข้มข้นของน้ำตาลและแซนแทนกัมมีความสัมพันธ์ทางลบอย่างมากกับ aspect ratio ($p \leq 0.01$) ด้วยค่า correlation coefficient เท่ากับ -0.330 และ -0.410 ตามลำดับ สำหรับผลของค่า pH ของสารละลาย พบว่ามีความสัมพันธ์ทางลบกับความหนาแน่น (correlation coefficient เท่ากับ -0.375) และ pH มีความสัมพันธ์กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและ aspect ratio ของบีดน้อยมาก ดังนั้น pH ของสารละลายจึงมีผลน้อยมากกับการเกิด reverse spherification

คำสำคัญ: *Reverse spherification Molecular gastronomy โซเดียมอัลจิเนท แคลเซียมแลคเตท*

Abstract

Reverse spherification is a modern cuisine technique that involves creating spherical beads with thin membranes and liquid inside. During eating, a burst-in-the-mouth effect is achieved with the liquid. However, the product ingredients and processing conditions directly affect the bead formation. This research aims to study the effect of sucrose, xanthan gum and pH on physicochemical properties of beads from reverse spherification. The results reveal that the solution density increased with the addition of sucrose and sucrose directly affected on diameter and aspect ratio of beads. Evaluation of the relationship between sucrose concentration and density, strongly positive correlation was found with the correlation coefficient equal to 0.941. For sucrose concentration and aspect ratio, the correlation found to be strongly negative with correlation coefficient equal to -0.401. Using xanthan gum and sucrose, the aspect ratio of beads tended to decrease to 1 (more spherical in shape) when the amount of xanthan gum increased. Sucrose and xanthan gum concentration had high negative correlation with aspect ratio ($p \leq 0.01$) and correlation coefficient equal to -0.330 and -0.410, respectively. For the effect of pH, it was negatively correlated with density and the correlation coefficient was -0.375. The pH of solution was not related to bead diameter and aspect ratio. This can be explained that pH of solution had no effect on reverse spherification.

Keywords: *Reverse spherification, Molecular gastronomy, Sodium alginate, Calcium lactate*

บทนำ

ศาสตร์ด้าน molecular gastronomy เป็น science-based cooking และศาสตร์หนึ่งในด้านวิทยาศาสตร์การอาหาร ซึ่งประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ เพื่อทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของส่วนประกอบของอาหารในระหว่างการปรุง ทำให้อาหารเกิดรสชาติ กลิ่น เนื้อสัมผัส หรือรูปลักษณ์ที่ชวนรับประทาน[1,2] เทคนิคหนึ่งของ molecular gastronomy คือ การทำ spherification ซึ่งเป็นการบรรจุของเหลวให้อยู่ในเม็ดบีดทรงกลม โดยมักใช้โซเดียมอัลจิเนท (sodium alginate), แคลเซียมคลอไรด์ (calcium chloride) หรือ แคลเซียมแลคเตท (calcium lactate) โดยเม็ดบีดทรงกลมที่ได้จะมีขนาดต่าง ๆ และมีลักษณะเหมือนไข่ปลาหรือไข่มุก[2]

เทคนิค spherification ถูกนำมาใช้ในปี 2003 ที่ El Bulli [3] โดยการทำให้ของเหลวเกิดเม็ดเจลหรือบีด (bead) รูปทรงกลมเมื่อหยดลงในอ่างของเหลว ซึ่งสามารถทำให้เกิดบีดได้หลากหลายขนาด การเกิดบีดทรงกลมนั้น เป็นการเกิดเจลที่ผิว ลักษณะเหมือนเยื่อหุ้มบาง ๆ ด้านในบรรจุด้วยของเหลวที่มีกลิ่นรสต่าง ๆ ตามสูตรในการปรุงแต่ง เมื่อรับประทาน เม็ดบีดจะแตกในปาก ของเหลวจะระเบิดออกมาจากเยื่อหุ้ม ให้รสชาติและเนื้อสัมผัสที่แปลกใหม่ เทคนิดการทำ spherification มี 2 ประเภทหลัก และแต่ละเทคนิคมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไป ประเภทที่ 1 คือ เทคนิคแบบพื้นฐาน (basic spherification) ประกอบไปด้วยการแช่หรือหยดของเหลวที่ผสมด้วยโซเดียมอัลจิเนท ลงในอ่างที่มีสารละลายแคลเซียม ประเภทที่ 2 คือ เทคนิค reverse spherification เป็นการหยดของเหลวที่มีแคลเซียมลงในอ่างที่มี โซเดียมอัลจิเนท ทำให้เกิดเยื่อเจลบาง ๆ ล้อมรอบหยดของเหลวจากการเกิดปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมและโซเดียมอัลจิเนท ในการสร้างสรรค์เมนูใหม่ ๆ นั้น เทคนิค reverse spherification เป็นที่สนใจของผู้บริโภคมากขึ้น เนื่องจากทำให้เกิดบีดทรงกลมที่ผิว และภายในห่อหุ้มของเหลวที่มีรสชาติแปลกใหม่และระเบิดแตกในปาก ขณะรับประทาน เช่น Yoghurt Spheres, Liquid Mozzarella Spheres และ Spherical Olives เป็นต้น [2]

กลไกในการทำให้เจล ใช้ส่วนผสมที่สำคัญ 2 ชนิด คือ 1) อัลจิเนท (alginates) ซึ่งผลิตจากสาหร่ายทะเลสีน้ำตาล จัดเป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ที่ละลายน้ำได้และมีโมเลกุลขนาดใหญ่ เป็นสารที่ให้ความข้นหนืด [4] อัลจิเนทเป็น unbranched copolymers ของ 1,4-linked-β-D-mannuronic acid และ α-L-guluronicacid [5] ในการทำให้เกิดเจล เป็นผลมาจากสมบัติของอัลจิเนทที่สามารถเกิดการเชื่อมต่อพันธะกับ divalent ions เกิดเป็น divalent salt bridges และความแข็งแรงของเจลมีความสัมพันธ์โดยตรงกับสัดส่วนและความยาวของ guluronic acid blocks ใน polymeric chains [6] 2) แหล่งของแคลเซียม (calcium source) ได้จาก แคลเซียมคลอไรด์ (calcium chloride) แคลเซียมแลคเตท (calcium lactate) หรือ แคลเซียมกลูโคโนแลคเตท (calcium gluconolactate) โดยสารดังกล่าวเมื่อละลายจะให้ Ca^{2+} ที่ทำให้เกิดเจลจากการเกิด cross-linking กับ polymer chain ของโซเดียมอัลจิเนท [2]

อย่างไรก็ตาม การแปรรูปโดยใช้เทคนิค reverse spherification ผู้ประกอบการยังมีความต้องการข้อมูลผลของปริมาณน้ำตาล และสารเจือปนอาหารประเภทต่าง ๆ ต่อการขึ้นรูปเม็ดบีด เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้วยวัตถุดิบที่หลากหลาย ดังนั้นโครงการนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปริมาณน้ำตาลซูโครส แซนแทนกัม และ pH ต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของสารละลายที่ใช้และบีดที่ได้จากเทคนิค reverse spherification รวมทั้งทำการวิเคราะห์ผลด้วย correlation analysis เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำตาลซูโครส แซนแทนกัม และ pH และสมบัติทางเคมีกายภาพของเม็ดบีด

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมสารละลายส่วนที่ 1[2]

เตรียมสารละลายส่วนที่ 1 คือ สารละลาบโซเดียมอัลจิเนท ความเข้มข้น 0.5 % โดยน้ำหนัก ด้วยน้ำ reverse osmosis ทำให้เป็นสารละลายเนื้อเดียวกันด้วยการปั่นด้วยเครื่องปั่น จากนั้นทิ้งไว้ในตู้เย็นเป็นเวลา 10 นาที สุ่มตัวอย่างสารละลายไปวิเคราะห์ pH ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด และความหนาแน่น

2. การสร้างบีดทรงกลม ด้วยเทคนิค reverse spherification[2]

เตรียมสารละลายส่วนที่ 2 ตามความเข้มข้นในการศึกษาแต่ละหัวข้อ และหยดสีผสมอาหาร 2 หยด เพื่อให้สามารถวัดขนาดได้ชัดเจนขึ้น จากนั้นใช้กระบอกฉีดยาขนาด 60 มิลลิลิตร มีรูเปิดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.35 มิลลิเมตร ดูดสารละลายส่วนที่ 2 มาหยดทีละหยดในสารละลายส่วนที่ 1 คนสารละลายตลอดเวลาเพื่อไม่ให้บีดเกาะตัวกันและนอนก้นเป็นเวลา 2 นาที นำตะแกรงช้อนบีดใส่ในน้ำเย็น คนตลอดเวลาเพื่อไม่ให้บีดเกาะตัวกันเป็นเวลา 1 นาที จากนั้นสะเด็ดน้ำ นำไปวิเคราะห์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง และ aspect ratio

3. ศึกษาผลของความเข้มข้นของน้ำตาลต่อการเกิด reverse spherification

เตรียมสารละลายส่วนที่ 2 โดยใช้น้ำตาลซูโครส แปรความเข้มข้น 10 – 35 % โดยน้ำหนัก และเติมแคลเซียมแลคเตทให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 1% โดยน้ำหนัก สุ่มตัวอย่างสารละลายไปวิเคราะห์ pH ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด และความหนาแน่น จากนั้นนำไปสร้างบีดด้วยเทคนิค reverse spherification และทำการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

4. ศึกษาผลของแซนแทนกัมต่อการเกิด reverse spherification

เตรียมสารละลายส่วนที่ 2 โดยใช้น้ำตาลซูโครส ความเข้มข้น 15 และ 30 % โดยน้ำหนัก นำมาแปรปริมาณแซนแทนกัมที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.25 และ 0.5 % โดยน้ำหนัก และเติมแคลเซียมแลคเตทให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 1% โดยน้ำหนัก สุ่มตัวอย่างสารละลายไปวิเคราะห์ pH ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดและความหนาแน่น จากนั้นนำไปสร้างบีดด้วยเทคนิค reverse spherification และทำการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

5. ศึกษาผลของ pH ต่อการเกิด reverse spherification

เตรียมสารละลายส่วนที่ 2 โดยใช้น้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 30 % โดยน้ำหนัก โดยใช้น้ำที่ปรับให้มี pH ระหว่าง 3 - 7 ด้วยกรดอะซิติค นำแปรปริมาณแซนแทนกัมให้มีความเข้มข้น 0 และ 0.5 % โดยน้ำหนัก จากนั้นเติมแคลเซียมแลคเตทให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 1% โดยน้ำหนัก สุ่มตัวอย่างสารละลายไปวิเคราะห์ pH ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด และความหนาแน่น จากนั้นนำไปสร้างบีดด้วยเทคนิค reverse spherification และทำการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

6. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพของสารละลายและบีด

นำสารละลายส่วนที่ 2 ก่อนการสร้างบีดมาทำการวัดค่า pH ด้วย Microprocessor pH Meter (HANNA instruments pH 211) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solid) ของสารละลายด้วย Refractometer ยี่ห้อ ATAGO รายงานผลเป็น °Brix และ วัดความหนาแน่นของสารละลาย ด้วย pycnometer ขนาด 10 ml (witeg Labortechnik) รายงานผลเป็น g/ml โดยใช้สูตรคำนวณ ดังนี้

น้ำหนักขวด pycnometer = A g

น้ำหนักขวด pycnometer และสารละลาย = B g

น้ำหนักสารละลาย = B - A g

$$\text{ความหนาแน่นสารละลาย} = \frac{\mathbf{B-A}}{\text{ปริมาตรของ } \mathbf{pycnometer}} \text{ g / ml} \qquad \text{.....(1)}$$

นำบีดที่ได้จากการเกิด reverse spherification มาวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (diameter) และวิเคราะห์รูปร่างของบีดในรูปของค่า aspect ratio (หากใกล้เคียงกับทรงกลมจะมีค่าเข้าใกล้ 1) โดยนำบีดที่ได้มาทำการวิเคราะห์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตัวอย่างละ 3 ด้าน ด้วยการถ่ายภาพและวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ImageJ คำนวณค่า aspect ratio ด้วยสูตรคำนวณ ดังนี้

$$\text{aspect ratio} = \frac{\text{เส้นผ่านศูนย์กลางด้านที่ยาวที่สุด}}{\text{เส้นผ่านศูยน์กลางด้านที่สั้นที่สุด}} \qquad \text{.....(2)}$$

7. การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

ผลจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ ยกเว้นการวิเคราะห์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและ aspect ratio ใช้ผลจากการวิเคราะห์ 10 ซ้ำ นำมาหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance - ANOVA) แบบ One way ANOVA ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple's Range test (DMRT) ที่ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) และวิเคราะห์ correlation analysis ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในการเตรียมสารละลายเพื่อทำ reverse spherification มีการเตรียมสารละลาย 2 ส่วน ส่วนที่ 1 คือ สารละลายโซเดียมอัลจิเนทความเข้มข้น 0.5 % โดยน้ำหนัก ซึ่งวิเคราะห์ได้ค่า pH และความหนาแน่นเท่ากับ 8.18 ± 0.04 และ 1.001 ± 0.004 g/ml ตามลำดับ ส่วนที่ 2 คือสารละลายที่มีส่วนผสมของแคลเซียมแลคแตท 1 % โดยน้ำหนักเพื่อให้เกิด reverse spherification นำมาศึกษาผลของน้ำตาลซูโครส แซนแทนกัม และ pH ต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของบีดจากการทำ reverse spherification ผลจากการทดลองมีดังนี้

1. ผลของความเข้มข้นของน้ำตาลต่อการเกิด reverse spherification

ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 1 และภาพที่ 1 พบว่า สารละลายแคลเซียมแลคเตท 1% ที่แปรปริมาณน้ำตาลซูโครสให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ระหว่าง 12.20 - 35.47 °Brix มี pH อยู่ในช่วง 7.27-7.48 และความหนาแน่น 1.036-1.131 g/ml ในการทำ reverse spherification พบว่าปริมาณของน้ำตาลซูโครสมีผลต่อขนาดและ aspect ratio ของบีด เมื่อเพิ่มความเข้มข้นน้ำตาลมีผลทำให้ความหนาแน่นของสารละลายเพิ่มขึ้น ($P \leq 0.05$) บีดที่ได้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 6.10-6.95 mm และ aspect ratio มีแนวโน้มลดลงตามความเข้มข้นของน้ำตาลที่เพิ่มขึ้น ($P \leq 0.05$) สอดคล้องกับรายงานของ Sen (2017) [(2)] ที่อธิบายว่าน้ำตาลช่วยเพิ่มความหนาแน่นและความหนืด ทำให้การเกิด reverse spherification ได้บีดที่มีความกลมมากขึ้น เมื่อนำมาวิเคราะห์ correlation analysis (ตารางที่ 2 และ 3) พบว่า ความเข้มข้นของน้ำตาลมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความหนาแน่นและทางลบ aspect ratio อย่างมาก ด้วยค่า correlation coefficient เท่ากับ 0.941 และ -0.401 ตามลำดับ ($P \leq 0.01$) ส่วนความเข้มข้นของน้ำตาลมีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่า pH และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยมาก

ตารางที่ 1 ผลของปริมาณน้ำตาลซูโครสที่แสดงในรูปของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solid, TSS) ต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของสารละลายส่วนที่ 2 และบีดจากการทำ reverse spherification

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (°Brix)	pH	ความหนาแน่น (density, g/ml)	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (diameter, mm)	aspect ratio
12.20	7.27 ± 0.06^{b}	1.036 ± 0.003^{e}	6.95 ± 0.49^{c}	1.496 ± 0.155^{a}
17.07	7.45 ± 0.02^{a}	1.055 ± 0.002^{d}	6.10 ± 0.66^{bc}	1.432 ± 0.199^{ab}
22.27	7.46 ± 0.03^{a}	1.078 ± 0.001^{c}	6.32 ± 0.51^{abc}	1.413 ± 0.264^{ab}
26.67	7.48 ± 0.11^{a}	1.096 ± 0.006^{b}	6.64 ± 0.43^{ab}	1.305 ± 0.185^{b}
30.67	7.48 ± 0.02^{a}	1.131 ± 0.010^{a}	6.44 ± 0.51^{a}	1.302 ± 0.170^{b}
35.47	7.38 ± 0.03^{a}	1.121 ± 0.019^{a}	6.85 ± 0.51^{a}	1.274 ± 0.133^{b}

หมายเหตุ ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทำการทดลอง 3 ซ้ำ ยกเว้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและ Aspect ratio ทำการทดลอง 10 ซ้ำ

^{a,b,c} ค่าที่แสดงในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

^{ns} ค่าที่แสดงในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)


(ก) TSS 12.20°Brix


(ข) TSS 17.07°Brix


(ค) TSS 22.27°Brix


(ง) TSS 26.67°Brix


(จ) TSS 30.67°Brix


(ฉ) TSS 35.47°Brix

ภาพที่ 1 ขนาดและรูปร่างของบีดจากการทำ reverse spherification ด้วยสารละลายน้ำตาลซูโครสที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด 12.20 - 35.47 °Brix

ตารางที่ 2 ค่า correlation coefficient ระหว่างความเข้มข้นของน้ำตาล pH และความหนาแน่นของสารละลายส่วนที่ 2 ในการทำ reverse spherification

ปัจจัย	X1	X2	X3
ความเข้มข้นของน้ำตาล (X1)	1.000	0.375	0.941**
pH (X2)		1.000	0.434
ความหนาแน่น (X3)			1.000

* P ≤ 0.05 และ ** P ≤ 0.01

ตารางที่ 3 ค่า correlation coefficient ระหว่าง ความเข้มข้นของน้ำตาล ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง และ aspect ratio ของบีดในการทำ reverse spherification

ปัจจัย	X1	X2	X3
ความเข้มข้นของน้ำตาล (X1)	1.000	0.054	-0.401**
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (X2)		1.000	0.451**
aspect ratio (X3)			1.000

* P ≤ 0.05 และ ** P ≤ 0.01

2. ผลของแซนแทนกัมต่อการเกิด reverse spherification

ในการทดลองใช้การแปรปริมาณแซนแทนกัมที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.25 และ 0.5 % โดยน้ำหนัก ในสารละลายน้ำตาลซูโครส 15 และ 30 % โดยน้ำหนัก เพื่อศึกษาผลของสารเจือปนอาหารต่อการเกิด reverse spherification เนื่องจากในอุตสาหกรรมอาหารนิยมนำแซนแทนกัมมาใช้เป็นสารเพิ่มความข้นหนืดและใช้ปรับความหนืดของอาหาร โดยนิยมใช้ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 0.05-1% โดยแซนแทนกัมมีความเสถียรและคงตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ นอกจากนี้ยังมีความสามารถในการละลายที่ดีและคงตัวทั้งในสภาพที่สารละลายเป็นกรดและด่าง และยังเสถียรต่อเกลือและต้านทานต่อเอนไซม์ทั่วไป แซนแทนกัมเป็น polysaccharide ที่สกัดได้จากสาหร่ายทะเลและจุลินทรีย์บางประเภท เช่น *Xanthomonas compestris* เป็นต้น ถูกค้นพบในปี 1963 โดย Northern Regional Research Center (ปัจจุบัน คือ The National Center for Agricultural Utilization Research) ของ United States Department of Agriculture (USDA) [7,8]

จากผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4 และ ภาพที่ 2 พบว่าแซนแทนกัมมีผลต่อสมบัติของสารละลายและบีดที่ได้จาก reverse spherification โดยสารละลายน้ำตาลทั้งที่ความเข้มข้น 15 และ 30 % จะมีความหนาแน่นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และ

มีค่ามากขึ้นเมื่อมีความเข้มข้นของแซนแทนกัมเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 0 - 0.5 % ($P \leq 0.05$) เมื่อสร้างบีดจาก reverse spherification พบว่าได้บีดที่มีขนาดเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) แต่บีดมี aspect ratio แตกต่างกัน ($P \leq 0.05$) โดย aspect ratio มีแนวโน้มลดลงเมื่อมีความเข้มข้นของแซนแทนกัมเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 0 - 0.5 % และค่าความหนาแน่นและ aspect ratio ของบีดจากสารละลายน้ำตาล 30 % จะมีความหนาแน่นและ aspect ratio มากกว่าบีดจากสารละลายน้ำตาล 15 % ทั้งนี้การเติมสารเจือปนอาหารประเภทแป้ง หรือ แซนแทนกัม มีผลให้ความหนืดและความหนาแน่นมากขึ้น จึงทำให้เกิดบีดได้ดีกว่า [(2)] เมื่อนำมาวิเคราะห์ correlation analysis (ตารางที่ 5 และ 6) พบว่า ความเข้มข้นของน้ำตาลมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความหนาแน่น (correlation coefficient เท่ากับ 0.893) โดยทั้งความเข้มข้นของน้ำตาลและแซนแทนกัมมีความสัมพันธ์ทางลบกับ aspect ratio อย่างมาก ($P \leq 0.01$) ด้วยค่า correlation coefficient เท่ากับ -0.330 และ -0.410 ตามลำดับ แสดงว่าน้ำตาลซูโครสและแซนแทนกัมสามารถใช้เพิ่มความหนาแน่นและความข้นหนืดเพื่อทำให้บีดมี aspect ratio ลดลง หรือมีความกลมมากขึ้นได้

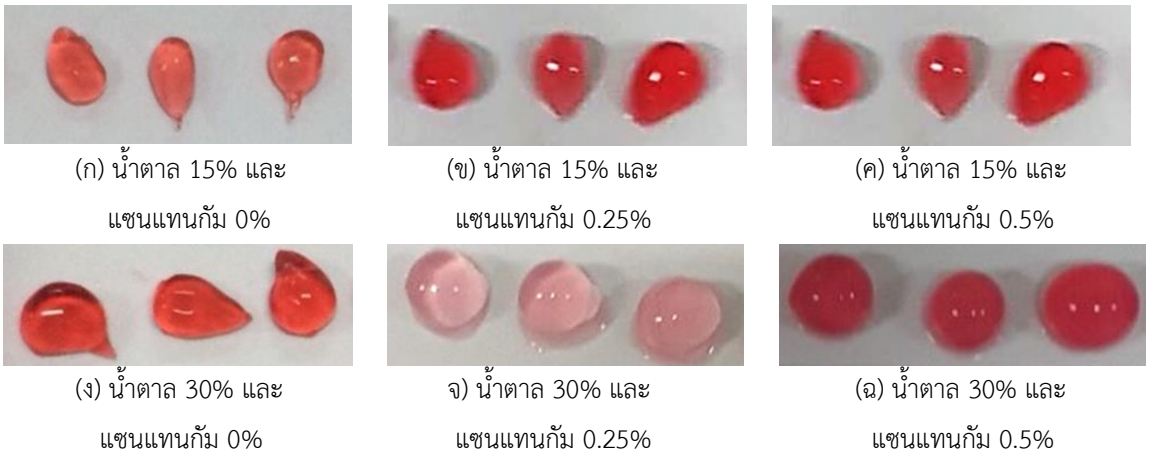
ตารางที่ 4 ผลของความเข้มข้นของแซนแทนกัม ต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของสารละลายส่วนที่ 2 และบีดจากการทำ reverse spherification

ปริมาณน้ำตาล (% w/w)	ปริมาณแซนแทนกัม (% w/w)	ความหนาแน่น (density, g/ml)	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (diameter, mm)^{ns}	aspect ratio
15	0.00	1.055± 0.002^{e}	6.10 ± 0.66	1.432 ± 0.198^{a}
	0.25	1.063 ± 0.002^{d}	5.77 ± 0.66	1.221 ± 0.057^{bc}
	0.50	1.079 ± 0.001^{c}	6.15 ± 0.80	1.294 ± 0.209^{ab}
30	0.00	1.096 ± 0.006^{b}	6.44 ± 0.51	1.302 ± 0.170^{ab}
	0.25	1.126 ± 0.001^{a}	6.31 ± 0.66	1.198 ± 0.117^{bc}
	0.50	1.129 ± 0.004^{a}	5.97 ± 0.39	1.092 ± 0.076^{c}

หมายเหตุ ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทำการทดลอง 3 ซ้ำ ยกเว้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและ Aspect ratio ทำการทดลอง 10 ซ้ำ

^{a,b,c} ค่าที่แสดงในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

^{ns} ค่าที่แสดงในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)



(ก) น้ำตาล 15% และแซนแทนกัม 0% (ข) น้ำตาล 15% และแซนแทนกัม 0.25% (ค) น้ำตาล 15% และแซนแทนกัม 0.5%

(ง) น้ำตาล 30% และแซนแทนกัม 0% จ) น้ำตาล 30% และแซนแทนกัม 0.25% (ฉ) น้ำตาล 30% และแซนแทนกัม 0.5%

ภาพที่ 2 ขนาดและรูปร่างของบีดจากการเกิด reverse spherification จากสารละลายน้ำตาล 15% และ 30% แปรความเข้มข้นของแซนแทนกัม เท่ากับ 0, 0.25 และ 0.5%

ตารางที่ 5 ค่า correlation coefficient ระหว่าง ความเข้มข้นของน้ำตาล ความเข้มข้นของแซนแทนกัม pH และความหนาแน่น ของสารละลายส่วนที่ 2 ในการทำ reverse spherification

ปัจจัย	X1	X2	X3	X4
ความเข้มข้นของน้ำตาล (X1)	1.000	0.000	0.297	0.893**
ความเข้มข้นของ แซนแทนกัม (X2)		1.000	0.205	0.403
pH (X3)			1.000	0.293
ความหนาแน่น (X4)				1.000

* P ≤ 0.05 และ ** P ≤ 0.01

ตารางที่ 6 ค่า correlation coefficient ระหว่าง ความเข้มข้นของน้ำตาล ความเข้มข้นของแซนแทนกัม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง และ aspect ratio ของบีดในการทำ reverse spherification

ปัจจัย	X1	X2	X3	X4
ความเข้มข้นของน้ำตาล (X1)	1.000	0.000	0.150	-0.330**
ความเข้มข้นของ แซนแทนกัม (X2)		1.000	-0.170	-0.410**
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (X3)			1.000	0.178
aspect ratio (X4)				1.000

* P ≤ 0.05 และ ** P ≤ 0.01

3. ผลของ pH ต่อการเกิด reverse spherification

จากบทความของ Sen (2017) อธิบายว่าการทำ basic spherification จะไม่เกิดบีดหากใช้สารละลายที่มี pH ต่ำกว่า 3.6 ดังนั้นการวิจัยนี้ จึงทำการศึกษาผลของ pH ต่อการเกิด reverse spherification โดยในการทดลองเลือกใช้สารละลายที่เติมน้ำตาล 30 % ที่เติมแซนแทนกัมเท่ากับ 0 และ 0.5% และเติม แคลเซียมแลคเตท 1 % ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 7 และภาพที่ 3 โดยพบว่าเมื่อใช้น้ำ RO ที่มี pH ระหว่าง 2 - 7 ค่า pH ของสารละลายหลังผสม มีการเปลี่ยนแปลง โดยมีค่า pH เพิ่มสูงขึ้น ยกเว้นเมื่อใช้แซนแทนกัม 0.5 % พบว่าน้ำที่ใช้มี pH > 6 หลังการผสมน้ำตาล แซนแทนกัม และ แคลเซียมแลคเตท แล้วให้ค่า pH ต่ำกว่า 6 น้ำ RO ที่ปรับ pH 5.0 และผสมน้ำตาล 30% พบว่ามีค่า aspect ratio ต่ำที่สุด คือ 1.230 ± 0.049 ส่วนน้ำ RO ที่ปรับ pH 4.00 ผสมน้ำตาล 30% และ แซนแทนกัม 0.5% พบว่ามีค่า aspect ratio ต่ำที่สุด คือ 1.091 ± 0.061 โดย aspect ratio ต่ำกว่าสูตรที่ไม่เติมแซนแทนกัม แสดงว่าเมื่อใช้แซนแทนกัมจะช่วยทำให้บีดมีความกลมมากขึ้น

เมื่อนำมาวิเคราะห์ correlation analysis (ตารางที่ 8 และ 9) พบว่า ค่า pH ของสารละลายมีความสัมพันธ์ทางลบกับความหนาแน่น (correlation coefficient เท่ากับ -0.375) (P ≤ 0.01) แต่ pH มีความสัมพันธ์กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและ aspect ratio น้อยมาก ในขณะที่แซนแทนกัมมีความสัมพันธ์ทางลบกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของบีด และ aspect ratio อย่างมีนัยสำคัญ (P ≤ 0.01) ด้วยค่า correlation coefficient เท่ากับ -0.559 และ -0.469 ตามลำดับ ดังนั้นผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า pH มีผลน้อยมากกับการเกิด reverse spherification

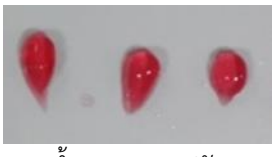
ตารางที่ 7 ผลของ pH ต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของสารละลายส่วนที่ 2 และบีดจากการทำ reverse spherification

ความเข้มข้น	pH ก่อนผสม	pH หลังผสม	ความหนาแน่น (density, g/ml) ^{ns}	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (diameter, mm)	aspect ratio
น้ำตาล 30%	7.00	7.26	1.096 ± 0.102	7.40 ± 0.55 ^{bcd}	1.261 ± 0.136 ^{b}
	6.00	6.60	1.106 ± 0.004	7.53 ± 0.64 ^{bc}	1.276 ± 0.145 ^{ab}
	5.00	5.92	1.1095 ± 0.025	7.49 ± 0.58 ^{abc}	1.230 ± 0.049 ^{b}
	4.50	5.45	1.094 ± 0.021	7.70 ± 0.78 ^{b}	1.241 ± 0.132 ^{b}
	4.00	5.15	1.093 ± 0.024	6.74 ± 0.30 ^{efg}	1.241 ± 0.121 ^{b}
	3.50	4.83	1.094 ± 0.023	7.09 ± 0.64 ^{cde}	1.269 ± 0.146 ^{b}
	3.00	4.37	1.094 ± 0.019	7.46 ± 0.33 ^{bcd}	1.291 ± 0.083 ^{ab}
	2.50	3.81	1.122 ± 0.008	7.77 ± 0.61 ^{ab}	1.371 ± 0.173 ^{a}
	2.00	2.93	1.142 ± 0.028	8.25 ± 1.18 ^{a}	1.261 ± 0.073 ^{b}
น้ำตาล 30% ผสม แซนแทนกัม 0.5%	7.00	5.81	1.109 ± 0.002	6.60 ± 0.20 ^{efgh}	1.114 ± 0.068 ^{de}
	6.00	5.46	1.112 ± 0.003	6.56 ± 0.43 ^{efgh}	1.203 ± 0.114 ^{bcd}
	5.00	5.26	1.112 ± 0.003	6.91 ± 0.56 ^{def}	1.100 ± 0.034 ^{de}
	4.50	5.15	1.120± 0.002	6.32 ± 0.16 ^{gh}	1.099 ± 0.046 ^{de}
	4.00	5.02	1.120 ± 0.005	6.10 ± 0.33 ^{h}	1.091 ± 0.061 ^{e}
	3.50	4.82	1.116 ± 0.003	6.56 ± 0.29 ^{efgh}	1.127 ± 0.071 ^{cde}
	3.00	4.40	1.131 ± 0.011	6.45 ± 0.48 ^{fgh}	1.191 ± 0.110 ^{bcde}
	2.50	3.88	1.125 ± 0.009	6.69 ± 0.64 ^{efg}	1.219 ± 0.094 ^{bc}
	2.00	3.00	1.126 ± 0.008	7.32 ± 0.48 ^{bcd}	1.241 ± 0.099 ^{C}

หมายเหตุ ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทำการทดลอง 3 ซ้ำ ยกเว้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและ Aspect ratio ทำการทดลอง 10 ซ้ำ

^{a,b,c} ค่าที่แสดงในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

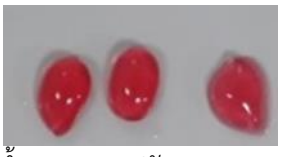
^{ns} ค่าที่แสดงในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)



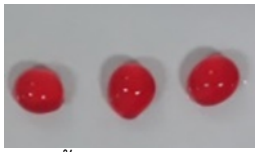
(ก) น้ำตาล 30% ปรับ pH 4.3



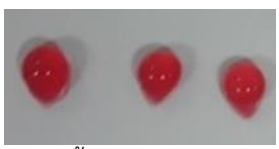
(ข) น้ำตาล 30% ปรับ pH 3.81



(ค) น้ำตาล 30% ปรับ pH 2.93



(ง) น้ำตาล 30% ผสม แซนแทนกัม 0.5% ปรับ pH 4.40



(จ) น้ำตาล 30% ผสม แซนแทนกัม 0.5% ปรับ pH 3.88



(ฉ) น้ำตาล 30% ผสม แซนแทนกัม 0.5% ปรับ pH 3.00

ภาพที่ 3 ขนาดและรูปร่างของบีดจากการเกิด reverse spherification จากสารละลายน้ำตาล 30% แปรความเข้มข้นของแซนแทนกัม เท่ากับ 0 และ 0.5% ที่ pH ต่างๆ

ตารางที่ 8 ค่า correlation coefficient ระหว่าง ความเข้มข้นของ แซนแทนกัม pH และความหนาแน่นของสารละลายน้ำตาล 30 % ในการทำ reverse spherification

ปัจจัย	X1	X2	X3
ความเข้มข้นของ แซนแทนกัม (X1)	1.000	-0.168	0.252
pH (X2)		1.000	-0.375**
ความหนาแน่น (X3)			1.000

* P ≤ 0.05 และ ** P ≤ 0.01

ตารางที่ 9 ค่า correlation coefficient ระหว่าง ความเข้มข้นของ แซนแทนกัม pH ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง และ aspect ratio ของบีดจากสารละลายน้ำตาล 30% ในการทำ reverse spherification

ปัจจัย	X1	X2	X3	X4
ความเข้มข้นของ แซนแทนกัม (X1)	1.000	-0.179*	-0.559**	-0.469**
pH (X2)		1.000	-0.119	-0.111
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (X3)			1.000	0.496**
aspect ratio (X4)				1.000

* P ≤ 0.05 และ ** P ≤ 0.01

สรุป

ในการทำ reverse spherification หากต้องการขึ้นรูปให้ได้บีดรูปทรงกลม จำเป็นต้องใส่สารเจือปนอาหารบางชนิดในสารละลายที่ต้องการขึ้นรูป เพื่อเพิ่มความหนาแน่นให้มากกว่าสารละลายโซเดียมอัลจิเนท ในงานวิจัยนี้พบว่า การเพิ่มความเข้มข้นน้ำตาลซูโครสและแซนแทนกัม มีผลทำให้ความหนาแน่นของสารละลายเพิ่มขึ้น และทำให้บีดมี aspect ratio ลดลง คือมีความกลมมากขึ้น ในการศึกษาผลของ pH เมื่อแปร pH ของสารละลายให้มีความเป็นกรดมากขึ้น พบว่าสามารถทำให้เกิดบีดได้ ในช่วง pH 3 - 7 โดย pH ไม่มีผลกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและ aspect ratio หรือความกลมของบีด และในการแปร pH พบว่าเมื่อมีการเพิ่มแซนแทนกัม 0.5% ในสารละลาย พบว่า แซนแทนกัมมีผลทำให้บีดมีความกลมมากขึ้นได้ โดยพบว่า aspect ratio ของบีดลดลง (P≤0.01) แม้ว่าความหนาแน่นของสารละลายไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

เอกสารอ้างอิง

1. Lee P, Rogers MA. Effect of calcium source and exposure-time on basic caviar spherification using sodium alginate. Int J Gastron Food Sci 2012;96–100. DOI: 10.1016/j.ijgfs.2013.06.003
2. Sen DJ. Cross linking of calcium ion in alginate produce spherification in molecular gastronomy by pseudoplastic flow. World J Pharm Sci 2017;5(1):1-10. http://www.wjpsonline.org/
3. Vega C, Castells P. Spherification. 1st ed. Vega C, Ubbink J, van der Linden E: The Kitchen as the Laboratory: Columbia University Press, New York; 2012.
4. Vilgis TA. Hydrocolloids between soft matter and taste: culinary polymer physics. Int J Gastron Food Sci 2012; 46–53. doi:10.1016/j.ijgfs.2011.11.012
5. Chrastil J. Gelation of calcium alginate. Influence of rice starch or rice flour on the gelation kinetics and on the final gel structure. J Agric Food Chem 1991;39,874–876. DOI: 10.1021/jf00005a012

6. Mancini F, McHugh TH. Fruit-alginate interactions in novel restructured products. Nahrung 2000;44(3),152–157. DOI: 10.1002/1521-3803(20000501)44:3<152::AID-FOOD152>3.0.CO;2-8
7. Galindo E. Aspects of the process for xanthan production. Trans. I. Chem. E 1994;72:227-237.
8. Margaritis A, Zajic JE. Biotechnology review: mixing mass transfer and scale-up of polysaccharide fermentations. Biotechnol Bioeng 1978;20,939–1001. https://doi.org/10.1002/bit.260200702

[AS-P18] การปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสของไส้อั่วปลานิลโดยใช้แป้งบุก

Improving Nil Fish (*Tilapia nilotica*) Sai-Ua Texture Quality by Konjac Flour

นันท์ปภัทร์ ทองคำ*, วัฒนี บุญวิทยา, หรรษา เวียงวะลัย, อารดา ดาวลอย, และ ณัฐวรา ใจเอื้อเฟื้อ
Nunpaphat Tongcom*, Wattanee Boonwittaya, Hansa Wiangwalai, Arada Dowloy, and Natwara Jaiuefue
หลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: nunpaphat@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้แป้งบุกปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสของไส้อั่วปลานิล โดยการศึกษาแปรปริมาณแป้งบุกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ 0, 0.5, 1, และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักเนื้อปลานิล ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับทางด้าน สี กลิ่น และรสชาติไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ส่วนเนื้อสัมผัสและความชอบรวมของไส้อั่วปลานิลที่แปรปริมาณแป้งบุก 1 เปอร์เซ็นต์ได้รับการยอมรับมากที่สุด ($p\leq0.05$) ซึ่งคะแนนอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก เมื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพด้านเนื้อสัมผัสระหว่างสูตรควบคุมกับสูตรที่แปรปริมาณใช้แป้งบุก 1 % พบว่า พบว่าค่าความแข็ง ความยืดหยุ่น ค่าการยึดเกาะ การยึดติด และความแน่นเนื้อ สูตรที่มีการเติมแป้งบุก 1 % มีแนวโน้มมากกว่าสูตรควบคุม ($p>0.05$) และเมื่อนำมาศึกษาองค์ประกอบทางเคมี พบว่า โปรตีน เถ้า เส้นใย และคาร์โบไฮเดรตมีค่าสูงกว่าสูตรควบคุม ส่วนความชื้น พลังงานและปริมาณน้ำอิสระ (a_w) มีค่าน้อยกว่าสูตรควบคุม
คำสำคัญ: *ไส้อั่วปลา, ปลานิล, แป้งบุก*

Abstract

The research aim was to study of using konjac flour to improve texture quality of nil fish Sai-Ua by varying konjac flour at 4 levels: 0, 0.5, 1 and 1.5% by fish weight. Sensory evaluations revealed that panelists accepted color, odor, and taste with no significant difference ($p>0.05$); however texture and overall liking of Sai-Ua with 1% konjac flour was most preferred ($p\leq0.05$); i.e. moderately liking to highly liking on hedonic scale. Textural parameters i.e. hardness, springiness, adhesiveness, cohesiveness, and firmness of 1% konjac flour Sai-Ua were higher than control ($p>0.05$) and its chemical composition (protein, ash, fiber, carbohydrate) were show to be higher than control as well. Moisture, energy and water activity were less than control.
Keywords: *fish Sai-Ua, Nil fish, konjac flour*

บทนำ

ไส้อั่วปลา หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเนื้อปลามาบดให้ละเอียดอาจเติมมันสัตว์ เช่น มันหมู มันไก่ ปรุงรสด้วยเครื่องปรุงรสและเครื่องเทศหรือสมุนไพร เช่น เกลือ น้ำตาล ซีอิ๊วขาว พริกแห้ง ตะไคร้ กระเทียม หอมแดง ใบมะกรูด ขมิ้น และกะปิ นำมาบดหรือโขลกผสมให้เข้ากันบรรจุในไส้หมูที่ล้างสะอาดแล้ว หรือไส้ชนิดอื่นที่บริโภคได้ จากนั้นนำไปนึ่ง ปิ้ง ทอด หรือย่างให้สุก ก่อนบริโภคควรนำไปให้ความร้อนอีกครั้ง[1] ซึ่งไส้อั่วปลาถือเป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับผู้บริโภคที่ไม่บริโภคเนื้อหมู และต้องการลดการบริโภคอาหารที่มีไขมันสูง มีงานวิจัยจำนวนมากมีการนำเจลแป้งบุกมาใช้เพื่อลดปริมาณไขมันให้พลังงานต่ำ และเป็นตัวช่วยเพิ่มเส้นใยในผลิตภัณฑ์ให้มากขึ้น ซึ่งให้ผลที่ดีในด้านคุณลักษณะการยอมรับทางประสาทสัมผัส ทั้งในด้านเนื้อสัมผัสและลักษณะปรากฏ เช่น ความเหนียว ความยืดหยุ่น รวมทั้งกลิ่นและรสชาติ แป้งบุกเป็นพอลิแซกคาไรด์ประกอบด้วย D-glucose และ D-mannose ในบุกมีสัดส่วนของโมเลกุลกลูโคสต่อแมนโนสในอนุกรมหนึ่ง ๆ เท่ากับ 5 ต่อ 8 โมเลกุล ทุกๆ 19 โมเลกุลของน้ำตาลในสายจะพบหมู่อะซิติล 1 กลุ่ม และทุก ๆ 50-60 โมเลกุลของน้ำตาลจะพบการแตกแขนงโครงสร้างดังกล่าวเมื่อละลายในน้ำทำให้มีความข้นหนืดหรือมีสภาพเป็นเจลได้ และมีสารสำคัญคือกลูโคแมน

แนน เป็นสารประเภทคาร์โบไฮเดรตจัดเป็นเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) ซึ่งประกอบด้วยกลูโคส แมนโนสและฟรุคโตส มีลักษณะข้นหนืดเป็นใยอาหาร (dietary fiber) มีน้ำหนักโมเลกุลสูงมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้ดีมาก มีความหนืดมากที่สุดในกลุ่มใยอาหาร เป็นสารที่ทำให้เกิดเจล สามารถทำให้เกิดเจลที่คงตัวต่อความร้อนได้ (thermo irreversible gel) มีความเหนียวและความคงตัวสูงมาก ด้วยลักษณะของเนื้อปลาเมื่อผ่านความร้อนจนสุกอาจทำให้เกิดลักษณะที่แห้งและด้านก่อให้เกิดลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ในผลิตภัณฑ์ไส้อั่วปลาที่มีการปรับปรุงสูตรโดยที่ไม่ใส่มันหมู จากคุณสมบัติของของแป้งบุกหลายประการที่เหมาะสมที่จะทำหน้าที่ในบางส่วนของไขมันและการนำมาช่วยพัฒนาคุณภาพของไส้อั่วปลานิลทางด้านเนื้อสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการ[2] การใช้กลูโคแมนแนนเพื่อเป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) มีหน้าที่ดังนี้คือ สารทำให้เกิดเจล (gelling agent) อิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) สารให้ความข้นหนืด (thickening agent) สารทำให้เกิดฟิล์ม (film forming agent) สารทำให้คงตัว (stabilizing agent) และเป็นแหล่งของใยอาหาร (dietary fiber) ที่ละลายได้ในน้ำ[3] ผลของเจลบุกและอุณหภูมิการเซตตัวต่อคุณภาพของไส้กรอกปลาอิมัลชันที่ทำจากซูริมิ โดยแปรปริมาณเจลบุกทดแทนไขมันแข็งของหมูเป็นร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 พบว่าปริมาณเจลบุกที่เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณเถ้า water holding capacity, hardness, springiness, cohesiveness, gumminess และ gel strength รวมทั้งความคงตัวของอิมัลชันมีค่าเพิ่มขึ้น และไส้กรอกปลาที่ใช้เจลบุกทดแทนไขมันแข็งของหมูร้อยละ 50 มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด[4] การศึกษาผลของคอนยักกลูโคแมนแนนต่อคุณสมบัติทางกายภาพไมโอไฟบริล่าโปรตีนของเจลซูริมิจากปลาจีนโดยทำการแปรปริมาณออกเป็น 5 ระดับคือ 0, 0.5, 1, 1.5 และ 2 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักซูริมิ พบว่าที่ระดับ 1 เปอร์เซ็นต์มีประสิทธิภาพในการลดการสูญเสียสภาพธรรมชาติของเนื้อปลาจีนระหว่างการเก็บรักษา[5]

ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะทำการปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสของไส้อั่วปลานิล โดยการใช้แป้งบุกแปรปริมาณในระดับต่างเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติ เนื่องจากไส้อั่วปลาไม่ได้ใช้ไขมันหมูเหมือนกับไส้อั่วที่ทำจากหมูซึ่งจะให้เนื้อสัมผัสและรสชาติดีที่มาจากไขมันจากหมูอีกทั้งไส้อั่วปลาเหมาะสำหรับผู้บริโภคชาวมุสลิม

วิธีดำเนินการวิจัย

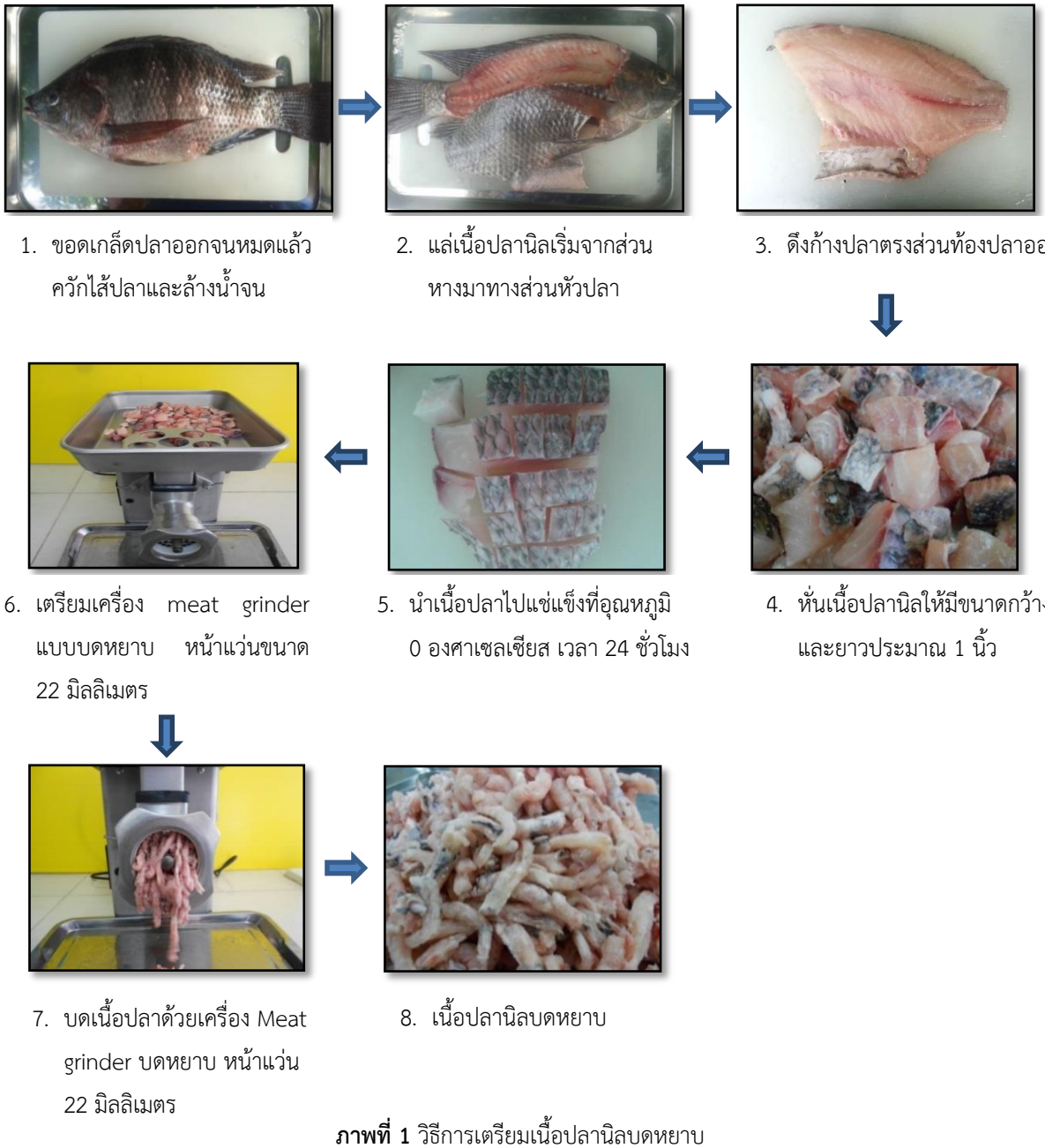
โดยการนำสูตรไส้อั่วปลานิลที่ผ่านการคัดเลือกจากผู้บริโภคที่ให้คะแนนการยอมรับมากที่สุดเพื่อที่จะนำมาศึกษาอัตราส่วนการใช้แป้งบุกโดยคิดจากน้ำหนักของเนื้อปลา 100% ของสูตรดัดแปลงจาก จันทร์จิรา และนิสานารถ[6] โดยแปรปริมาณแป้งบุกที่ 0.5%, 1%, และ 1.5% โดยมี 0% เป็นสูตรควบคุม ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 วัตถุดิบไส้อั่วปลานิลสูตรควบคุมและสูตรผสมแป้งบุก

สูตรผสม	Control (0 %)		0.5 %		1 %		1.5 %	
	กรัม	%	กรัม	%	กรัม	%	กรัม	%
เนื้อปลานิล	1000	70.92	1000	70.92	1000	70.92	1000	70.92
พริกแห้ง(ยอดสน)	30	2.12	30	2.12	30	2.41	30	2.41
รากผักชี	15	1.06	15	1.06	15	1.06	15	1.06
ตระไคร้	50	3.55	50	3.55	50	3.55	50	3.55
หอมแดง	60	4.26	60	4.26	60	4.26	60	4.26
กระเทียม	50	3.55	50	3.55	50	3.55	50	3.55
ข่า	30	2.13	30	2.13	30	2.13	30	2.13
ขมิ้น	20	1.42	20	1.42	20	1.42	20	1.42
ผิวมะกรูด	15	1.06	15	1.06	15	1.06	15	1.06
กะปิ	15	1.06	15	1.06	15	1.06	15	1.06
เกลือ	10	0.71	10	0.71	10	0.71	10	0.71
น้ำตาลทราย	10	0.71	10	0.71	10	0.71	10	0.71
น้ำปลา	10	0.71	10	0.71	10	0.71	10	0.71
ซีอิ๊วขาว	10	0.71	10	0.71	10	0.71	10	0.71
น้ำมันหอย	15	1.06	15	1.06	15	1.06	15	1.06
ใบมะกรูดซอย	20	1.42	20	1.42	20	1.42	20	1.42
ต้นหอม-ผักชีซอย	50	3.55	50	3.55	50	3.55	50	3.55
แป้งบุก	-	-	5	0.5	10	1	15	1.5
น้ำหนักรวม	1,410	100	1415	100.50	1420	101.00	1425	101.50

1. การเตรียมเนื้อปลานิลบด[6]

ขั้นตอนการเตรียมเนื้อปลานิลบดหยาบ แสดงดังภาพที่ 1



1. ขอดเกล็ดปลาออกจนหมดแล้วควักไส้ปลาและล้างน้ำจน
2. แล่เนื้อปลานิลเริ่มจากส่วนหางมาทางส่วนหัวปลา
3. ดึงก้างปลาตรงส่วนท้องปลาออก
4. หั่นเนื้อปลานิลให้มีขนาดกว้างและยาวประมาณ 1 นิ้ว
5. นำเนื้อปลาไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เวลา 24 ชั่วโมง
6. เตรียมเครื่อง meat grinder แบบบดหยาบ หน้าแว่นขนาด 22 มิลลิเมตร
7. บดเนื้อปลาด้วยเครื่อง Meat grinder บดหยาบ หน้าแว่น 22 มิลลิเมตร
8. เนื้อปลานิลบดหยาบ

ภาพที่ 1 วิธีการเตรียมเนื้อปลานิลบดหยาบ

2. วิธีการทำไส้อั่วปลานิลโดยการใช้บุก

2.1 บดเนื้อปลาด้วยเครื่อง Meat grinder บดหยาบหน้าแว่น 22 มิลลิเมตร เตรียมไว้

2.2 เตรียมวัตถุดิบประกอบด้วย พริก รากผักชี หอมแดง กระเทียม ข่า ตะไคร้ ผิวมะกรูด ขมิ้น นำมาปั่นผสมด้วยเครื่องปั่นแบบแห้งเวลา 3 นาที

2.3 เติมเกลือลงในเนื้อปลานวดผสมด้วยมือเวลา 2 นาที และเติมวัตถุดิบที่ปั่นแล้วแล้วผสมด้วยมือให้เข้ากันเป็นเวลา 2 นาที

2.4 เติมเครื่องปรุงรสแล้วผสมด้วยมือให้เข้ากันเป็นเวลา 2 นาที และเติมต้นหอมผักชีหั่นฝอยและใบมะกรูดซอย เตรียมบรรจุ

2.5 นำไส้เทียมคอลลาเจนแช่น้ำเป็นเวลา 2 นาทีก่อนบรรจุ

2.6 บรรจุด้วยเครื่องบรรจุไส้ และผูกหัวท้ายด้วยด้ายสีขาวให้มีขนาด 100 กรัม จากนั้นนำไปนึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที

2.7 ย่างด้วยเตาไฟฟ้าจนไส้อั่วมีค่อนสีน้ำตาลอ่อนประมาณ 20 นาที ได้ไส้อั่วปลานิลในการทดสอบ

3. การทดสอบคุณภาพไส้อั่วปลานิล

3.1 การศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสไส้อั่วปลานิลที่แปรปริมาณแป้งบุก ด้านสี กลิ่น (สมุนไพร) รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ 9–Point Hedonic scale ให้คะแนนตั้งแต่ 1–9 (โดย ชอบมากที่สุด = 9 ชอบมาก = 8 ชอบปานกลาง = 7 ชอบเล็กน้อย = 6 เฉยๆ = 5 ไม่ชอบเล็กน้อย = 4 ไม่ชอบปานกลาง = 3 ไม่ชอบมาก = 2 ไม่ชอบมากที่สุด = 1) ใช้ผู้ทดสอบที่ได้ผ่านการฝึกฝนโดยเป็นนักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร จำนวน 20 คน

3.2 การศึกษาคุณภาพทางกายภาพของไส้อั่วปลานิลที่แปรปริมาณแป้งบุก สูตรควบคุมกับสูตรที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด ทำการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ T-test ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปสำหรับวิธีวิเคราะห์ทางสถิติ โดยการทดสอบเนื้อสัมผัส (Texture) โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer, TA-xt2) หัววัด Ø 50 mm Aluminum cylinder probe วัดค่าต่างๆดังนี้ ความแข็ง (Hardness) ความยืดหยุ่น (Springiness) การเกาะติด (Cohesiveness) ความเหนียว (Gumminess) การยึดติด (Adhesiveness) และความแน่นเนื้อ (Firmness)

3.3 ศึกษาคุณภาพทางเคมีของไส้อั่วปลานิลสูตรควบคุมและสูตรที่มีการยอมรับมากที่สุด นำไส้อั่วปลานิลที่แปรปริมาณแป้งบุกสูตรที่ผู้บริโภคยอมรับ มาทำการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี โดยเปรียบเทียบระหว่างไส้อั่วสูตรควบคุมและไส้อั่วปลานิลที่ผสมแป้งบุกที่มีการยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด วางแผนการทดลองแบบ T-Test 2 สิ่งทดลอง หน่วยการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตามวิธี Duncan's New Multiple Rang Test, DMRT โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปสำหรับวิธีวิเคราะห์ทางสถิติ ศึกษาคุณภาพทางเคมี (Proximate Analysis) [7] ดังนี้ การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใย และ เถ้า การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบไฮเดรต โดยวิธีคำนวณ สูตร คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด = น้ำหนักทั้งหมด – (ความชื้น + โปรตีน + ไขมัน + เถ้า + เส้นใย) และการวิเคราะห์หาปริมาณพลังงานโดยวิธีการคำนวณดังนี้ พลังงาน (กิโลแคลอรี่) = (โปรตีน×4) + (ไขมัน×9) + (คาร์โบไฮเดรต×4)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาทางด้านประสาทสัมผัส

ผลจากการศึกษาคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสในการศึกษาการแปรปริมาณแป้งบุกในไส้อั่วปลานิล ผลดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า ไส้อั่วปลานิลสูตรควบคุมและสูตรที่มีการแปรปริมาณแป้งบุก 0.5, 1, และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ผู้ทดสอบให้คะแนนด้าน สี กลิ่น และรสชาติ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ทางด้านเนื้อสัมผัส และความชอบรวมมีความแตกต่างกันโดยสูตรที่ 3 ได้รับคะแนนการยอมรับทางด้านความชอบรวมมากที่สุด เท่ากับ 7.38 ± 0.88

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของการแปรปริมาณแป้งบุกในไส้อั่วปลานิล

สูตร	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส				
	สี^{ns}	กลิ่น(สมุนไพร) ^{ns}	รสชาติ^{ns}	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
Control	7.15 ± 0.91	7.02 ± 1.01	6.08 ± 0.96	6.45^{b} ± 1.11	6.67^{b} ± 0.86
แป้งบุก 0.5%	7.08 ± 0.87	7.08 ± 1.23	6.95 ± 1.15	6.73^{b} ± 1.14	6.85^{b} ± 1.07
แป้งบุก 1%	7.36 ± 0.88	7.27 ± 1.01	7.07 ± 1.22	7.20^{a} ± 0.89	7.38^{a} ± 0.89
แป้งบุก1.5%	7.13 ± 0.79	7.08 ± 1.01	6.95 ± 0.81	7.13^{a} ± 0.78	7.11^{ab} ± 0.80

หมายเหตุ ^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

$^{a\,b\,c}$ ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

เมื่อพิจารณาด้านสี พบว่า ไส้อั่วปลานิลทั้ง 4 สูตร ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($p>0.05$) เนื่องจากแต่ละสูตรมีส่วนผสมของขมิ้นให้ไส้อั่วปลานิลมีสีเหลืองถึงเข้ม และ แป้งบุกที่ใช้นั้นมีลักษณะทางกายภาพที่เป็นสีขาว การใช้ในปริมาณน้อยจึงไม่ผลต่อค่าสีของไส้อั่ว ปลานิลและไม่มีผลต่อคะแนนการยอมรับทางด้านสี เมื่อนำมาผสมในไส้อั่วปลานิลที่มีสีเหลืองถึงเหลืองเข้ม โดยสูตรที่แปรปริมาณแป้งบุก 1 เปอร์เซ็นต์ มีคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสทางด้านสีมากที่สุดเท่ากับ 7.36 ± 0.88 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ฉวีวรรณ และคณะ[8] พบว่า การใช้เจลบุกทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์กุนเชียง เมื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางด้านคุณลักษณะของสีพบว่า ไม่มีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ด้านกลิ่น พบว่า ไส้อั่วปลานิลทั้ง 4 สูตรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เนื่องจากแป้งบุกที่ใช้ไม่มีกลิ่นจึงไม่ส่งผลต่อกลิ่น และแต่ละสูตรมีส่วนผสมของพริก ตะไคร้ รากผักชี หอม กระเทียม ข่า ขมิ้น ตะไคร้ ผิวมะกรูด และใบมะกรูด เมื่อนำไปบดผสมกันจะให้กลิ่นที่เด่นชัด จึงไม่มีผลต่อคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์

ด้านรสชาติ พบว่า ไส้อั่วปลานิลทั้ง 4 สูตรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เนื่องจากไส้อั่วปลานิลมีส่วนผสมของพริก ตะไคร้ รากผักชี หอม กระเทียม ข่า ขมิ้น ตะไคร้ ผิวมะกรูด และใบมะกรูด จึงมีรสเผ็ดที่เด่น ทำให้การแปรปริมาณแป้งบุกในไส้อั่วปลานิลไม่มีผลต่อการยอมรับด้านรสชาติ โดยสูตรผสมแป้งบุก 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นสูตรที่ผู้ทดสอบให้คะแนนด้านรสชาติสูงที่สุด 7.07 ± 1.22 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ฉวีวรรณ และคณะ[8] พบว่าการใช้เจลบุกทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์กุนเชียง เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนทางคุณลักษณะทางด้านกลิ่นและรสชาติ พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 เพราะแป้งบุกที่ผ่านการสกัดแล้วจะไม่มีรสชาติ จึงส่งผลให้มีคะแนนไม่แตกต่างกัน

ด้านเนื้อสัมผัส พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบไส้อั่วปลานิลที่ผสมแป้งบุก 1 % ต่อน้ำหนักของเนื้อปลานิลในสูตรมากที่สุด มีคะแนน 7.20 ± 0.89 ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับสูตรที่ผสมแป้งบุก 1.5 เปอร์เซ็นต์ (ต่อน้ำหนักของเนื้อปลา) เนื่องจากแป้งบุกมีคุณสมบัติในการเกิดเจลและเป็นสารให้ความคงตัวเพื่อเพิ่มความหนืดของผลิตภัณฑ์จึงทำให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสและความแข็งแรงของเจลเพิ่มขึ้น[9] ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จันทร์จิรา และนิสานารถ [6] ศึกษาผลของการใช้แป้งบุกและไข่ขาวผงต่อคุณภาพของลูกชิ้นปลาสีกุนข้างเหลือง พบว่าเมื่อผสมแป้งบุกที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสมากกว่าระดับ 3, 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการใส่แป้งบุกมากเกินไปจะทำให้เจลของแป้งบุกไปขัดขวางความต่อเนื่องของโครงสร้างร่างแหของโปรตีนในเนื้อปลา เนื่องจากในสูตรมีปริมาณน้ำที่คงที่ เมื่อปริมาณแป้งบุกที่เพิ่มขึ้น จึงไปแย่งน้ำมาใช้ในการเกิดเจลของผลิตภัณฑ์ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) และงานวิจัยของ Xiong et al.[5] ศึกษาผลของกลูโคแมนแนนจากบุกต่อคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของไมโอไฟบิล่าโปรตีนของเจลซูริมิจากปลาจีน พบว่าการใช้กลูโคแมนแนนจากบุกที่ระดับ 1 % มีผลในการลดการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนของซูริมิจากปลาจีนในระหว่างการเก็บรักษา และเป็นไครโอโพเทกเทนต์ที่มีผลใกล้ที่เคียงกับสูตรควบคุมมากที่สุด

ด้านความชอบรวม พบว่า ไส้อั่วปลานิลสูตรที่ผสมแป้งบุก 1 % ต่อน้ำหนักเนื้อปลา ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุด รองลงมาเป็นสูตรที่ 1.5, 0.5 และ 0 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ คือได้คะแนนเท่ากับ 7.38 ± 0.89 7.11 ± 0.80 6.85 ± 1.07 และ 6.67 ± 0.86 โดยสูตรที่เติมแป้งบุก 1 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) กับสูตรที่เติมแป้งบุก 0 และ 0.5 เมื่อพิจารณาระดับความชอบรวม ซึ่งพบว่าไส้อั่วปลานิลสูตรที่ผสมแป้งบุก 1 % มีคะแนนความชอบรวมอยู่ในระดับชอบมาก

สรุปผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าด้านสี กลิ่น รสชาติ ทุกสูตรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนทางด้านเนื้อสัมผัส และความชอบรวมผู้ทดสอบให้คะแนนยอมรับไส้อั่วปลานิลสูตรที่แปรปริมาณแป้งบุก 1 %มากที่สุด ($p\leq0.05$) ดังนั้นในการศึกษาขั้นต่อไปจึงนำไส้อั่วปลานิลสูตรผสมแป้งบุก 1 % มาศึกษาคุณภาพทางด้านต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (ไม่ใส่แป้งบุก)

2. ผลการศึกษาคุณภาพทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัส

ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส

ตัวอย่าง/ลักษณะ	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2
ความแข็ง^{ns} (Hardness) g.	7165.37 ± 647.01	7350.48 ± 352.61
ความยืดหยุ่น^{ns} (Springiness)	0.797 ± 0.01	0.812 ± 0.00
การเกาะติด^{ns} (Cohesiveness)	0.424 ± 0.02	0.439 ± 0.03
ความเหนียว^{ns} (Gumminess)	3167.96 ± 497.21	3083.39 ± 319.10
การยึดติด^{ns} (Adhesiveness) g:sec	-3.85 ± 1.54	-3.10 ± 1.74
ความแน่นเนื้อ^{ns} (Firmness) g.	1137.60 ± 5.30	1160.16 ± 5.56

หมายเหตุ สูตรที่ 1 สูตรควบคุม, สูตรที่ 2 สูตรที่ผู้ทดสอบยอมรับมากที่สุด (ปริมาณแป้งบุก 1%)
^{ns}ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

จากผลการศึกษาการวัดคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของไส้อั่วปลานิลสูตรควบคุม และสูตรที่ผู้บริโภคยอมรับมากมากที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของไส้อั่วปลานิลสูตรควบคุมและสูตรที่ผู้ทดสอบยอมรับมากที่สุด (แปรปริมาณแป้งบุก 1 %) พบว่า ค่าความแข็ง (Hardness) ความยืดหยุ่น (Springiness) ค่าการเกาะติด (Cohesiveness) ค่าความเหนียว (Gumminess) ค่าการยึดติด (Adhesiveness) และความแน่นเนื้อ (Firmness) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ค่าความแข็ง (Hardness) พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ไส้อั่วปลานิลสูตรที่ผู้บริโภคยอรับมากที่สุด (ปริมาณแป้งบุก 1 เปอร์เซ็นต์) มีค่าความแข็งเท่ากับ 7350.48 ± 352.61 มากกกว่าสูตรควบคุมซึ่งมีค่าเท่ากับ 7165.37 ± 647.01สอดคล้องกับ ศุภิสรา และคณะ [10] การเติมเอนไซม์-ทรานส-กลูตามิเนส (MTGase) ร่วมกับเจลบุก 2% ในซูริมิลูกชิ้นปลาฤาษี ทำให้ค่า hardness, springiness, cohesiveness และ chewiness มากกว่าสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เพิ่มขึ้น ในขณะที่ไส้อั่วปลานิลที่แปรปริมาณแป้งบุก 1% ในขณะที่นวดผสมจะมีลักษณะที่เหนียวมากกว่าสูตรควบคุม และหลังจากผ่านความร้อนจะมีลักษณะที่แข็งขึ้น มีการเกาะรวมตัวกันของวัตถุดิบมากขึ้น และเป็นสูตรที่ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับทางด้านเนื้อสัมผัสมากที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 3 เนื่องจากแป้งบุกมีองค์ประกอบที่สำคัญคือ สารกลูโคแมนแนน (Glucomannan) เมื่อเกิดเจลจะได้เจลที่แข็งแรงและมีความเสถียร (thermal stability) ต่อความร้อนและมีความคงตัวสูง เมื่อนำไปต้มในน้ำเดือด การให้ความร้อนซ้ำแก่เจลมีส่วนทำให้เจลมีความแข็งแรงและมีเสถียรภาพเพิ่มขึ้น [8] จึงมีผลต่อค่าความแข็งของไส้อั่วปลานิลมีค่าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งพบว่าสามารถใช้แป้งบุกในการทำหน้าที่เลียนไขมันในสูตรปลายอได้ถึง 5% ในการผลิตปลายอไขมันต่ำได้ดี [11] ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) พบว่า ไส้อั่วปลานิลสูตรที่ 3 (แปรปริมานแป้งบุก 1 %) มีค่าเท่ากับ 0.812 ± 0.00 การเพิ่มแป้งบุก 1 % ต่อน้ำหนักเนื้อปลานิลในสูตรทำให้มีค่าความยืดหยุ่นมากเพิ่มขึ้น การใช้แป้งบุกที่มีเสถียรภาพต่อความร้อนเลียน (simulate) สมบัติทางประสาทสัมผัสที่ได้จากไขมัน[12] สอดคล้องกับงานวิจัยของ จันทร์จิรา และนิสานารถ [6] พบว่า ปริมาณแป้งบุกที่เติมลงไปในลูกชิ้นปลาสีกุนข้างเหลืองมีผลต่อค่าความแข็ง ความเกาะติดกัน ความยืดหยุ่นและความแข็งแรงของเจลเพิ่มขึ้น ส่วนค่าการเกาะติด (Cohesiveness) ค่าความเหนียว (Gumminess) ค่าการยึดติด (Adhesiveness) และความแน่นเนื้อ (Firmness) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่ยังมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับสูตรควบคุม สอดคล้องกับงานวิจัยของ จันทร์จิรา และนิสานารถ[6] พบว่า ปริมาณแป้งบุกที่เติมลงไปในลูกชิ้นปลาสีกุนข้างเหลือง โดยแปรปริมาณแป้งบุก 6 ระดับต่อน้ำหนักเนื้อปลา ซึ่งมีผลต่อค่าความแข็ง ความเกาะติดกัน ความยืดหยุ่นและความแข็งแรงของเจลเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เมื่อมีการเติมแป้งบุกลงไปร้อยละ 1 และ 2 ทำให้ลูกชิ้นปลาสีกุนข้างเหลืองที่ได้เริ่มมีค่าความแข็ง ความเกาะติดกัน ความยืดหยุ่น และความแข็งแรงของเจลเพิ่มขึ้น [12] แต่เมื่อปริมาณบุกที่เพิ่มมากขึ้นที่ 3, 4 และ 5

เปอร์เซ็นต์ทำให้ค่าดังกล่าวลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเติมเอนไซม์-ทรานส-กลูตามิเนส (MTGase) มีค่า hardness เพิ่มขึ้น จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าลูกชิ้นที่เติม MTGase รวมกับเจลบุกและสมุนไพรร้อยละ 2 ได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ และสี ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่คะแนนความชอบด้านกลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากกว่าสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

3. ผลการศึกษาคุณภาพทางด้านเคมี

จากตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไส้อั่วปลานิลสูตรควบคุมและสูตรที่แปรปริมาณแป้งบุก 1 % ต่อน้ำหนักเนื้อปลา พบว่า มีผลต่อร้อยละของความชื้น และเถ้า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากแป้งบุกมีเถ้าเป็นองค์ประกอบสอดคล้องกับตารางที่ 2 และ 3 ซึ่งแป้งบุกมีความสามารถในการกักเก็บน้ำและเกิดการพองตัวได้ง่าย แต่สำหรับร้อยละของเส้นใยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพราะกลูแมนในแป้งบุกมีสมบัติเป็นใยอาหารที่ละลายได้ในน้ำ เมื่อนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีพบว่าการแปรปริมาณแป้งบุกในไส้อั่วปลานิลส่งผลให้มีโปรตีนเพิ่มขึ้นจากแป้งบุกมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบร้อยละ 1-4 % ซึ่งปริมาณโปรตีนที่พบจะแตกต่างกันในแต่ละสายพันธุ์ บุกแต่ละสายพันธุ์จะมีปริมาณ Total dietary fiber อยู่สูงซึ่งส่วนมากจะเป็นสารกลูโคแมนแนน และจะมีแป้งเป็นองค์ประกอบต่ำ [13] การแปรปริมาณแป้งบุก 1 % ไม่มีผลต่อคาร์โบไฮเดรตของไส้อั่วปลานิล สอดคล้องกับงานวิจัยของจิราภรณ์ [13] ศึกษาการผลิตกุนเชียงไขมันต่ำจากบุกพบว่าการใช้บุกมีผลทำให้ปริมาณไขมันมีแนวโน้มลดลง และสำหรับโปรตีน เถ้า เส้นใย มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น ($p \leq 0.01$)

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไส้อั่วปลานิลสูตรควบคุมและสูตรที่ผู้ทดสอบยอมรับมากที่สุด (แปรปริมาณแป้งบุก 1%)

องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ)	สูตรควบคุม	แปรปริมาณแป้งบุก 1 %
ความชื้น	$64.19^{a} \pm 0.59$	$61.44^{b} \pm 0.40$
โปรตีน^{ns}	13.56 ± 0.42	14.40 ± 0.39
ไขมัน^{ns}	4.23 ± 0.07	4.12 ± 0.55
เถ้า	$2.80^{b} \pm 0.14$	$4.65^{a} \pm 0.48$
เส้นใยหยาบ^{ns}	3.39 ± 0.66	3.53 ± 1.97
คาร์โบไฮเดรต^{ns}	12.23 ± 1.26	12.45 ± 1.69
พลังงาน^{ns}	141.14 ± 3.12	130.05 ± 7.37

หมายเหตุ ^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

$^{a\ b}$ ตัวอักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สรุป

ผลการศึกษาการแปรปริมาณการใช้แป้งบุกที่ระดับ 0 , 0.5, 1 และ 1.5 % (ต่อน้ำหนักเนื้อปลาในสูตร) ผลการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับทางด้านสี กลิ่น รสชาติ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งจะแตกต่างกันในด้านเนื้อสัมผัสและความชอบรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งผู้บริโภคให้คะแนนในสูตรที่ 3 (แปรปริมาณแป้งบุก 1 %) มากที่สุด จากการศึกษาคุณภาพทางเคมีพบว่าไส้อั่วปลานิลสูตรที่แปรปริมาณแป้งบุก 1 % มีร้อยละของโปรตีน เถ้าเส้นใย และคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าสูตรควบคุม และยังส่งผลให้ค่าความชื้น พลังงาน (กิโลแคลอรี่) และปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ต่ำกว่าสูตรควบคุม

เอกสารอ้างอิง

1. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไส้อั่วปลา มผช. 1225/2549. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ; 2549.
2. นภาพร ดีสนาม. ผลการพัฒนาสูตรร่วมกับการเติมเจลบุกและโซเดียมไนไตรท์ต่อคุณภาพของไส้อั่ว. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร มหาวิทยาลัยแม่โจ้; 2549.
3. อรวรรณ ตติรัตน์ และ สงวนศรี เจริญเหรียญ. ผลของคอนยักกลูโคแมนแนนต่อเนื้อสัมผัสของเจลสตาร์ชข้าวแช่เยือกแข็ง. 2549. อ้างถึง Zhang, Y., B., Xie and X., Gan. Advance in theapplications of konjac glucomannan and its derivatives. Carbohyd Polym 2005; 60 : 27-31.
4. นิสานารถ กระแสชล, พรนภา น้อยพันธ์, พีรภัทร ชะอุ่มเครือ, สุมารี เสือเถื่อน, เอมมิกา นวลใย และ อรรถพล วิเศษลา. ผลของเจลบุกและอุณหภูมิการเซตตัวต่อคุณภาพของไส้กรอกปลาลดไขมันที่ทำจากซูริมิ. การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53 วันที่ 3-6 กุมภาพันธ์ 2553 ; กรุงเทพฯ; โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2557. หน้า 1317-1325.
5. Xiong, G., W, cheng., L, Ye., X, Du., M, Zhou., R, Lin., S, Geng., M, Chen., H, Corke., Y, Cai. Effects of konjac glucomannan on physicochemical properties of myofibrillar protein and surimi gels from grass carp (Ctenopharyngodon idella). Food Chem 2009; (116):413-418.
6. จันทร์จิรา ชาวสวน และนิสานารถ กระแสร์ชล. ผลของการใช้แป้งบุกและไข่ขาวผงต่อคุณภาพของลูกชิ้นปลาสีกุนขางเหลือง. วิทยาศาสตร์การเกษตร 2552; 40(1):437-440.
7. AOAC, Official Method of Analysis of Association of Analytical Chemists International. 17th ed. Horowitz, Maryland; 2000.
8. ฉวีวรรณ พันธ์ไชยศรี, อุมาพร ศิริพินทุ์ และ วิจิตรา แดงปรก. การผลิตกุนเชียงไขมันต่ำจากแป้งบุก. เชียงใหม่: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ; 2543. รายงานผลการวิจัยมหาวิทยาลัยแม่โจ้.
9. อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ. แป้งบุก การผลิต สมบัติบางประการ และการนำไปใช้ประโยชน์. อาหาร 2538; 25(4):238-242.
10. ศุภิสรา พิสุทธิโกศล, พัชรพร จิรแพศยสุข และวรางคณา สมพงษ์. การผลิตลูกชิ้นปลาเสริมเจลบุกและสมุนไพร. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2561; 26(2) : 224-235.
11. จิราวรรณ แย้มประยูร และสุนีย์ วิจารณ์นิกรกิจ. ปลายอไขมันต่ำแช่เยือกแข็ง.กรมประมง. เอกสารวิชาการ 2549; (2) :1-26.
12. ฉวีวรรณ พันธ์ไชยศรี, อุมาพร ศิริพินทุ์ และ วิจิตรา แดงปรก. การผลิตกุนเชียงไขมันต่ำจากบุก. รายงานผลการวิจัยมหาวิทยาลัยแม่โจ้ 2547ก. อ้างถึง อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ. แป้งบุก การผลิต สมบัติบางประการ และการนำไปใช้ประโยชน์. อาหาร 2538; 25(4): 238-242.
13. จิราภรณ์ สอดจิตร์. กลูโคแมนแนนใยอาหารจากบุก. วารสารแม่โจ้ปริทัศน์ 2543; 1(5):79-84.

[AS-P19] ผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพบัตเตอร์เค้กแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่

Effect of Hydrocolloids on the Quality of Riceberry Flour Butter Cake

ชัยชนะ ชำนาญพล, หรรษา เวียงวะลัย, นันท์ปภัทร์ ทองคำ, วัฒนี บุญวิทยา*, และ ฐิติชญา แซ่โหงว
Chaichana Chamnanphon, Hunsa Wiangwalai, Nunpaphat Tongcom, Wattanee Boonwittaya*, and Thitichaya Saengow[1]
[1]หลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์
*ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: wattanee@vru.ac.th

บทคัดย่อ

การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ 60 % ในบัตเตอร์เค้ก ส่งผลให้คุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้น แต่มีผลเสียต่อคุณภาพทางกายภาพ คือบัตเตอร์เค้กมีเนื้อสัมผัสแห้งและร่วนไม่เกาะรวมกัน งานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของการเติมแซนแทนกัม (XG) คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส (CMC) และไฮดรอกซีโพรพิลเมลทิลเซลลูโลส (HPMC) ที่แปรปริมาณเป็น 3 ระดับคือ 1, 1.5 และ 2 % ของน้ำหนักแป้งสาลีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบโดยรวมบัตเตอร์เค้กแป้งข้าวไรซ์ที่เติม XG 2 % สูงที่สุดและมากกว่าสูตรควบคุม ($p\leq0.05$) การเติม XG 2 % ในบัตเตอร์เค้กแป้งข้าวไรซ์ไม่ส่งผลต่อองค์ประกอบทางเคมี ($p>0.05$) ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีค่าความหนาแน่นลดลง แต่มีปริมาตรจำเพาะเพิ่มขึ้น ($p\leq0.05$)
คำสำคัญ: *แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ บัตเตอร์เค้ก ไฮโดรคอลลอยด์*

Abstract

A substitution of wheat flour with riceberry flour at a level of 60 % in butter cake was reportedly resulted in a more nutritional product, however, its physical qualities were inferior especially texture i.e. butter cake texture was dried and crumble. This research objective was to study an application of xanthan gum (XG) carboxymethyl cellulose (CMC) Hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) at 1, 1.5 and 2 % by weight of wheat flour and riceberry flour. Results shown that panelists accepled riceberry butter cake with 2 % xanthan gum with the highest score which was higher than control ($p\leq0.05$). Adding 2 % xanthan gum in riceberry butter cake did not affect its chemical composition ($p>0.05$). Final product had become less dense, on the other hand, specific volume were increased.
Keywords: *riceberry flour, butter cake, hydrocolloids*

บทนำ

บัตเตอร์เค้กเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภค เค้กที่มีไขมันบางครั้งเรียกว่าเค้กเนย (Butter cake or Conventional cakes) เนื่องจากเค้กชนิดนี้มีไขมันในส่วนผสม ไขมันดังกล่าวอาจจะเป็นเนยสด หรือชอร์เทนิงที่ผ่านการเติมไฮโดรเจน (Hydrogenated shortening) [(1)] แป้งสาลีมีโปรตีน 2 ชนิดที่รวมกันอยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสม คือกลูเตนิน (Glutenin) และไกลอะดิน (Gliadin) ซึ่งเมื่อนำแป้งสาลีผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่ถูกต้อง จะทำให้เกิดสารชนิดหนึ่งเรียกว่ากลูเตน (Gluten) มีลักษณะเป็นยาง เหนียว ยืดหยุ่นได้ กลูเต็นจะเป็นตัวเก็บอากาศไว้ ทำให้เกิดโครงสร้างที่จำเป็นของผลิตภัณฑ์ [(2)] ข้าวไรซ์เบอร์รี่มีลักษณะเรียวยาว ผิวมันวาว เป็นข้าวเจ้าสีม่วงเข้มคล้ายกับลูกเบอร์รี่ที่มีสีม่วงเข้มเมื่อสุก หากเป็นข้าวกล้องจะมีกลิ่นหอมที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว อีกทั้งยังมีรสชาติหอมมัน เนื้อสัมผัสเหนียวนุ่ม เนื่องจากผ่านการขัดสีเพียงแค่เฉพาะบางส่วนเท่านั้น จึงยังทำให้คงคุณค่าทางโภชนาการไว้ได้อย่างครบถ้วน ลักษณะเด่นของข้าวไรซ์เบอร์รี่คือ มีสีม่วงดำ กลิ่นหอม และมีสารต้านอนุมูลอิสระสูงได้แก่ เบต้าแคโรทีน (β-carctene) 63 ไมโครกรัม แกมมาโอไรซานอล (γ-oryzanol) 462 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม

โพลีฟีนอล (Polyphenol) 113.5 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม วิตามินอี (α-Tocopherol) 678 ไมโครกรัมต่อ 100 และมีโฟเลท (Folate) สูงถึง 48.1 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม กระบวนการหุงข้าวหรือต้มข้าวไรซ์เบอร์รี่ด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า ปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระลดลง 50 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับในข้าวดิบ ในเมื่อสารต้านอนุมูลอิสระไม่ได้ถูกทำลายไปหมด เมื่อเรารับประทานข้าวไรซ์เบอร์รี่เข้าไปรวมกับสารต้านอนุมูลอิสระในร่างกายที่มีอยู่จากอาหารชนิดอื่นๆ จัดว่าพอเพียงที่จะลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่างๆ โดยเฉพาะโรคมะเร็งและโรคหัวใจ[3] แป้งข้าวใช้เป็นส่วนผสมในอาหารหลากหลายชนิดเพราะมีขนาดของเม็ดแป้งเล็ก และให้เจลที่อ่อนนุ่มแต่แป้งข้าวมีข้อเสีย คือปัญหาการแยกตัวของน้ำออกจากผลิตภัณฑ์อาหารซึ่งมีแป้งเป็นองค์ประกอบ ส่งผลให้โครงสร้างของแป้งข้าวอ่อนแอลง การผสมไฮโดรคอลลอยด์ลงในแป้งข้าวช่วยปรับปรุงคุณภาพของแป้งข้าว ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งนอกเหนือจากการใช้สารเคมีเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของแป้ง[4] ไฮโดรคอลลอยด์เป็นสารที่ได้จากธรรมชาติ โดยอาจมาจากพืช หรือเชื้อจุลินทรีย์มีสมบัติในการละลายน้ำ ทำให้เกิดสารละลายที่มีลักษณะเป็นคอลลอยด์ หรือเจล มีการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อจุดประสงค์ต่างๆ เช่น เป็นสารเพิ่มความข้นหนืด สารดูดซับน้ำ ปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารทำให้สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น เป็นสารทดแทนไขมันเพื่อลดปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ และยับยั้งการเกิดสเตลิง[5] (Staling) สเตลิงเป็นการเปลี่ยนแปลงทางเคมี และทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เบเกอร์รี่ในระหว่างการเก็บรักษา ส่งผลต่อการยอมรับผู้บริโภคในด้านประสาทสัมผัส งานวิจัยนี้นำผลิตภัณฑ์ บัตเตอร์เค้กข้าวไรซ์เบอร์รี่ 60 เปอร์เซ็นต์ ของนริศรา[6] มาปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสที่แห้งและร่วนไม่เกาะรวมกัน เนื่องจากการนำแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มาทดแทนแป้งสาลี 60 เปอร์เซ็นต์ทำให้กลูเตนในผลิตภัณฑ์น้อยลง จึงใช้ไฮโดรคอลลอยด์สามชนิด ได้แก่ แซนแทนกัม คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส และไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสมาปรับปรุงคุณภาพเนื่องจากไฮโดรคอลลอยด์สามชนิดเป็นสารที่ทำให้ข้น และสารทำให้เกิดเจล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของชนิด และปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมเพื่อปรับปรุงคุณภาพของบัตเตอร์เค้กข้าวไรซ์เบอร์รี่ 60 เปอร์เซ็นต์ด้านประสาทสัมผัส เคมี กายภาพ และเนื้อสัมผัส

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมบัตเตอร์เค้กแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่

1.1 บัตเตอร์เค้กแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรควบคุม ของนริศรา (2558) เป็นบัตเตอร์เค้กที่ใช้แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งสาลี 60 เปอร์เซ็นต์ (โดยนำหนักแป้งสาลี) ซึ่งเป็นสูตรที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุดในด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส การขึ้นฟู และความชอบโดยรวม โดยบัตเตอร์เค้กแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มีวัตถุดิบดังนี้ แป้งเค้ก 60 กรัม แป้งข้าว ไรซ์เบอร์รี่ 90 กรัม ผงฟูสองขั้นตอน 2.5 กรัม เกลือป่น 1.25 กรัม ไข่ไก่เบอร์หนึ่ง 150 กรัม น้ำตาลทรายบดละเอียด 150 กรัม เนยสดชนิดเค็ม 150 กรัม นมสดระเหย 109 กรัม และกลิ่นเนย 5 กรัม วิธีการผลิต โดยการร่อนแป้งเค้ก แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และผงฟูสองขั้นตอนในชามผสมเติมเกลือป่น พักไว้ ตีผสมด้วยเครื่องผสม Kitchen Aid ใช้หัวตีใบไม้ตีเนยสดชนิดเค็มและน้ำตาลทรายบดละเอียดด้วยความเร็วสูง (ระดับ 10) เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นเติมไข่ไก่ทีละฟองจนครบทุกฟองใช้ความเร็วปานกลาง 5 นาที ตามด้วยกลิ่นเนยสด ขั้นตอนสุดท้ายแบ่งส่วนผสมของแห้งที่ได้แก่ แป้งเค้ก แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ผงฟูสองขั้นตอน และเกลือป่นที่พักไว้เป็นสามส่วน แบ่งนมสดระเหยเป็นสองส่วน โดยเติมส่วนผสมของแห้งสลับกับนมสดระเหย เริ่มต้นที่ของแห้งสิ้นสุดที่ของแห้งใช้ความเร็วต่ำ (ระดับ 2) เป็นเวลา 3 นาที คนผสมเบาๆพอเข้ากันชั่งน้ำหนักแบตเตอร์ 200 กรัมต่อพิมพ์ขนาด 7x12x15 เซ็นติเมตร อบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที พักให้เย็นบนตะแกรงประมาณ 30 นาที[6]

1.2 แปรปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่ Xanthan Gum (XG), Carboxy methylcellulose (CMC) และ Hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) เป็น 3 ระดับ : 1, 1.5 และ 2 เปอร์เซ็นต์ โดยคิดจากน้ำหนักของแป้งสาลีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยมี 0 เปอร์เซ็นต์ เป็นสูตรควบคุม[7] กรรมวิธีการผลิตเช่นเดียวกับสูตรควบคุม (ร่อนไฮโดรคอลลอยด์พร้อมกับแป้งเค้ก แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และผงฟูสองขั้นตอน) วัตถุดิบในการผลิตบัตเตอร์เค้กข้าวไรซ์เบอร์รี่ทุกสูตร (ตารางที่ 1)

2. การวิเคราะห์คุณภาพ

2.1 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในด้านความนุ่ม การขึ้นฟู การคืนตัว การเกาะรวมตัว ความชุ่มฉ่ำ และความชอบโดยรวม โดยวิธี9–point hedonic scale[6] ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 20 คน ผู้ทดสอบชิมแต่ละคนได้รับบัตเตอร์เค้กแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่จำนวน 1 ชิ้น (30 กรัม) (เสิร์ฟที่อุณหภูมิห้อง 30±2 องศาเซลเซียส)

2.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของบัตเตอร์เค้กแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรควบคุมและสูตรแปรไฮโดรคอลลอยด์ที่ผู้ทดสอบชิมยอมรับมากที่สุด โดยวิเคราะห์ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และเส้นใย[8] ปริมาณคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 100 – (ความชื้น + โปรตีน + ไขมัน + เถ้า + เส้นใย) คำนวณหาปริมาณพลังงาน โดยวิธีคำนวณ พลังงาน (กิโลแคลอรี) = (โปรตีน×4)+(ไขมัน×9)+(คาร์โบไฮเดรต×4)

ตารางที่ 1 วัตถุดิบบัตเตอร์เค้กข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรควบคุม และวัตถุดิบบัตเตอร์เค้กข้าวไรซ์เบอร์รี่เติมไฮโดรคอลลอยด์

ส่วนผสม	สูตรที่ 1 (control) (เปอร์เซ็นต์)	สูตรที่ 2 (XG 1%) (เปอร์เซ็นต์)	สูตรที่ 3 (XG 1.5%) (เปอร์เซ็นต์)	สูตรที่ 4 (XG 2 %) (เปอร์เซ็นต์)	สูตรที่ 5 (CMC 1%) (เปอร์เซ็นต์)	สูตรที่ 6 (CMC 1.5%) (เปอร์เซ็นต์)	สูตรที่ 7 (CMC 2%) (เปอร์เซ็นต์)	สูตรที่ 8 (HPMC 1%) (เปอร์เซ็นต์)	สูตรที่ 9 (HPMC 1.5%) (เปอร์เซ็นต์)	สูตรที่ 10 (HPMC 2 %) (เปอร์เซ็นต์)
แป้งเค้ก	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
ผงฟู	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67
เกลือ	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
ไข่ฟองใหญ่	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
น้ำตาลทรายละเอียด	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
เนยสด (ชนิดเค็ม)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
แซนแทนกัม	-	1	1.5	2	-	-	-	-	-	-
CMC	-	-	-	-	1	1.5	2	-	-	-
HPMC	-	-	-	-	-	-	-	1	1.5	2
กลิ่นเนย	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33
นมข้นจืด	72.67	72.67	72.67	72.67	72.67	72.67	72.67	72.67	72.67	72.67

หมายเหตุ : XG = แซนแทนกัม CMC = คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส HPMC = ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส

ที่มา : สูตรที่ 1 นริศรา (2558)

สูตรที่ 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 และ 10 ดัดแปลงจาก Poonnaksem et al, (2558)

2.3 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

ก) ความถ่วงจำเพาะแบตเตอร์ ชั่งน้ำหนักของแบตเตอร์เค้กแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ปริมาตร 1 ถ้วยตวงเทียบกับน้ำหนักของน้ำที่ปริมาตรเดียวกัน ซึ่งคำนวณได้จากอัตราส่วนน้ำหนักของแบตเตอร์ของเค้กต่อน้ำหนักของน้ำ[9]

ข) ปริมาตรจำเพาะบัตเตอร์เค้ก ดัดแปลงวิธีการจาก[8] โดยการแทนที่ด้วยเมล็ดงาขาว เริ่มจากการวัดปริมาตรของภาชนะที่ใช้วัดปริมาตรบัตเตอร์เค้ก (ภาชนะที่ใช้สามารถบรรจุบัตเตอร์เค้กที่ต้องการวัดปริมาตรได้ทั้งก้อน) โดยใส่เมล็ดงาขาวให้เต็มภาชนะ ปาดผิวด้านบนให้เรียบ เทเมล็ดงาออกจากภาชนะ นำบัตเตอร์เค้กทั้งก้อนวางลงในภาชนะเดิม เทเมล็ดงาขาวลงไปให้เต็มภาชนะ ปาดผิวด้านบนให้เรียบ วัดปริมาตรของเมล็ดงาขาวที่เหลืออยู่โดยใช้กระบอกตวงบันทึกปริมาตรเมล็ดงาขาวที่เหลืออยู่

เป็นค่าปริมาตรของบัตเตอร์เค้กในหน่วยของลูกบาศก์เซนติเมตร (cm^3) โดยเทียบจากปริมาตร 1 มิลลิลิตร (ml) มีค่าเท่ากับ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร (cm^3)

ค) ความหนาแน่นบัตเตอร์เค้ก หาความหน่าแน่นของบัตเตอร์เค้กแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรควบคุมและสูตรที่เติมไฮโดรคอลลอยด์[10]

$$\text{ความหนาแน่น}(g/cm^3) = \frac{\text{น้ำหนักของบัตเตอร์เค้กหลังอบ (g)}}{\text{ปริมาตรของบัตเตอร์เค้กหลังอบ}(cm^3)}$$

ง) ความสูงของบัตเตอร์เค้กข้าวไรซ์เบอร์รี่ วัดความสูงโดยใช้ไม้บรรทัดวัดกึ่งกลางของช็อกโกแลตชิฟมัฟฟิน และด้านข้างทั้ง 4 ด้าน และนำมาหาค่าเฉลี่ย[11]

จ) ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการอบ ตามวิธีการ[12] โดยการชั่งน้ำหนักแบตเตอร์ (Batter) ก่อนอบ (W3) และชั่งน้ำหนักหลังอบภายหลังจากทำให้เย็นแล้ว 1 ชั่วโมง (W4) ตามสูตรดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{W3 - W4 \times 100}{W3}$$

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design CBD สำหรับการวิเคราะห์ทางกายภาพ Randomized Complete Block Design RCBD สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส ส่วนการวิเคราะห์ทางเคมี ซึ่งมี 2 สิ่งการทดลอง คือ 1) สูตรควบคุม และ 2) สูตรที่ผู้บริโภคยอมรับ วิเคราะห์ผลโดย Two Sample T-test (Independent-sample) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ 60 % ในบัตเตอร์เค้ก และการเติม XG, CMC และ HPMC 3 ระดับ ได้แก่ 1, 1.5 และ 2 % ของน้ำหนักแป้ง (แป้งสาลีและแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่) มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าการเติม XG ที่ 2 % มีคะแนนการยอมรับในด้านความนุ่ม การขึ้นฟู การคืนตัว การเกาะรวมตัว และความชอบโดยรวมสูงกว่าสูตรควบคุม สูตรที่มีการเติม CMC และ HPMC ทุกระดับ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 2) โดยมีคะแนนการยอมรับในด้านต่างๆอยู่ในช่วง 6-7 คะแนน คืออยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง เหตุผลที่นักวิจัยเลือก XG 2 % แทนที่จะเลือก CMC เนื่องจากราคาต่อกิโลกรัมของ CMC คือ 460 บาท ในขณะที่ XG มีราคาเพียง 216 บาท และจากการประเมินด้วยสายตาเห็นการขึ้นฟูสูงกว่าสูตรอื่นๆ รายงานวิจัยของ Kim et al. [13] พบว่าแซนแทนกัมมีความเหมาะสมในการใช้กับผลิตภัณฑ์ขนมอบ เนื่องจากคุณสมบัติของแซนแทนกัมที่ทนต่อแรงเฉือน และความร้อนในระหว่างกระบวนการอบ สอดคล้องกับดวงฤทัยและคณะ[14] ซึ่งพบว่าสารแซนแทนกัมทำให้ขนมปังแซนวิชมีลักษณะเนื้อสัมผัสดีที่สุด Mandala et al [15] ได้ศึกษาผลทางกายภาพของขนมปังที่เก็บที่อุณหภูมิ -18 องศาเซียลเซส โดยใช้ไฮโดรคอลลอยด์ 4 ชนิด ได้แก่ แซนแทนกัม HPMC กัวร์กัม และโลคัสบีนกัม พบว่าการเติมแซนแทนกัม 0.2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง ช่วยให้ขนมปังมีความยืดหยุ่น และความนุ่มเพิ่มขึ้น และช่วยลดการสูญเสียน้ำระหว่างการอบ ในด้านการขึ้นฟูนั้น Manuel et al.[16] ได้ศึกษาสมบัติของสารไฮโดรคอลลอยด์ได้แก่ อัลจีเนต คาราจีแนน เพคติน HPMC โลคัสบีนกัม กัวร์กัม และแซนแทมกัม ในการยืดอายุการเก็บรักษาเค้กชั้น (Yellow layes cakes) พบว่า สารไฮโดรคอลลอยด์ที่ใส่ในเค้ก มีผลทำให้เค้กมีปริมาตรเพิ่มขึ้นความสูงของตัวเค้กเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับเค้กชั้นที่ไม่ได้ใส่สารไฮโดรคอลลอยด์ Salama et al[17] พบว่าการเติม XG ที่ 0.25 % และ 0.75 % ทำให้ค่าความยืดหยุ่นสูงขึ้น 640 และ 645 B.U. ตามลำดับ Nussinovith[18] พบว่าสำหรับผลิตภัณฑ์ขนมอบแซนแทนกัมสามารถเพิ่มปริมาตรและปรับปรุงการ

กระจายตัวของอากาศของผลิตภัณฑ์ขนมอบ ทำให้เค้กมีการคืนตัวสูง จากการศึกษาของจันทร์เฉิดฉาย และคณะ[19] พบว่าสามารถใช้แซนแทนกัมร้อยละ 2 และ 4 ของน้ำหนักแป้ง เพื่อเป็นสารยึดเกาะในเค้กชิฟฟอนจากแป้งข้าวหอมมะลิ

การวิเคราะห์ทางเคมี พบว่า แซนแทนกัม 2 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีและพลังงานของบัตเตอร์เค้กแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ทั้ง 2 สูตร ($p>0.05$) (ตารางที่ 3) แซนแทนกัมมีคุณสมบัติในการป้องกันการระเหยของน้ำในระหว่างอบ Collar et al.[20] กล่าวว่า แซนแทนกัมเพิ่มความสามารถในการดูดน้ำ และค่าวอเตอร์แอกติวิตี (water activity) ของเนื้อขนมปัง

การวิเคราะห์ทางกายภาพ พบว่าการเติม XG ที่ 2 % ทำให้บัตเตอร์เค้กแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มีความหนาแน่นลดลง และมีปริมาตรจำเพาะสูงขึ้นแตกต่างจากสูตรควบคุม ($p\leq0.05$) ความหนาแน่นของบัตเตอร์เค้กแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เติม XG ที่ 2 % มีความสัมพันธ์แบบผกผันกับปริมาตรจำเพาะ กล่าวคือ เมื่อปริมาตรจำเพาะของบัตเตอร์เค้กแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่เพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของบัตเตอร์เค้กแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่จะมีค่าลดลง (ตารางที่ 4) ทำให้บัตเตอร์เค้กแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เติมแซนแทมกัม 2 % มีความนุ่มและขึ้นฟูมากกว่าสูตรควบคุมซึ่งสอดคล้องกับผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส Manuel et al.[15]ได้ศึกษาสมบัติของสารไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่ อัลจีเนต คาราจีแนน เพคติน HPMC โลคัสบีนกัม กัวร์กัม และแซนแทมกัม ในการยืดอายุการเก็บรักษาเค้กชั้น (Yellow layes cakes) พบว่า สารไฮโดรคอลลอยด์ที่ใส่ในเค้กมีผลทำให้เค้กมีปริมาตรเพิ่มขึ้น ความสูงของตัวเค้กเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับเค้กชั้นที่ไม่ได้ใส่สารไฮโดรคอลลอยด์

ตารางที่ 2 คุณภาพทางประสาทสัมผัสบัตเตอร์เค้กแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เติม XG CMC และ HPMC

%ไฮโดรคอลลอยด์	ความนุ่ม	การขึ้นฟู	การคืนตัว	การเกาะรวมตัว	ความชุ่มฉ่ำ	ความชอบโดยรวม
Control	5.82^{e} ± 1.76	6.18^{cd} ± 1.75	5.97^{d} ± 1.75	5.78^{c} ± 1.73	6.22± 1.43	6.33^{bc} ± 1.37
XG 1%	6.47^{abcd} ± 1.57	6.97^{a} ± 1.28	6.82^{ab} ± 1.31	6.52^{ab} ± 1.43	6.50± 1.31	6.73^{ab} ± 1.31
XG 1.5%	6.42^{abcd} ± 1.54	6.78^{ab} ± 1.52	6.82^{ab} ± 1.31	6.70^{a} ± 1.49	6.45± 1.49	6.72^{ab} ± 1.45
XG 2%	6.83^{a} ± 1.30	6.93^{a} ± 1.26	7.17^{a} ± 1.11	7.05^{a} ± 1.19	6.68± 1.17	7.08^{a} ± 1.14
CMC 1%	6.68^{ab} ± 1.41	6.62^{abc} ± 1.54	6.85^{a} ± 1.55	6.57^{ab} ± 1.75	6.63± 1.50	6.92^{a} ± 1.38
CMC 1.5%	6.58^{abc} ± 1.27	6.68^{abc} ± 1.44	6.68^{abc} ± 1.42	7.08^{a} ± 1.14	6.73± 1.33	6.90^{a} ± 1.28
CMC 2%	6.60^{abc} ± 1.50	6.92^{a} ± 1.42	7.07^{a} ± 1.27	6.88^{a} ± 1.35	6.63± 1.50	7.03^{a} ± 1.28
HPMC 1%	5.90^{de} ± 1.67	6.03^{d} ± 1.65	5.92^{d} ± 1.84	5.73^{c} ± 1.76	6.10± 1.58	6.02^{c} ± 1.72
HPMC 1.5%	6.12^{bcde} ± 1.72	6.25^{bcd} ± 1.63	6.20^{cd} ± 1.57	6.05^{bc} ± 1.72	6.30± 1.62	6.18^{c} ± 1.37
HPMC 2%	6.05^{cde} ± 1.71	6.27^{bcd} ± 1.74	6.28^{bcd} ± 1.68	6.00^{bc} ± 1.69	6.27 ± 1.54	6.27^{bc} ± 1.56

หมายเหตุ XG = แซนแทนกัม CMC = คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส HPMC = ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส

^{ns} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

$^{a\ b\ c}$ ค่าเฉลี่ยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีบัตเตอร์เค้กข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรควบคุมและสูตรที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด (แซนแทนกัม 2 เปอร์เซ็นต์)

องค์ประกอบทางเคมี	บัตเตอร์เค้กแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี สูตรควบคุม	บัตเตอร์เค้กแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี ที่เติมแซนแทนกัม 2 เปอร์เซ็นต์
ไขมัน^{ns}	19.41± 0.58	18.15±0.85
โปรตีน^{ns}	8.02±0.22	8.00±0.05
คาร์โบไฮเดรต^{ns}	43.86±1.59	43.69±1.20
เถ้า^{ns}	2.22±0.29	2.37±0.11
ความชื้น^{ns}	26.49± 1.52	27.78± 1.12
เส้นใย^{ns}	0.90±0.04	0.90±.019
พลังงาน(กิโลแคลอรี)^{ns}	382.23±7.52	370.14±6.86

หมายเหตุ ^{ns} ค่าเฉลี่ยตัวอักษรที่ไม่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ทางกายภาพบัตเตอร์เค้กแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรควบคุม และบัตเตอร์เค้กแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่สูตรที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด (แซนแทนกัม 2 เปอร์เซ็นต์)

ลักษณะทางกายภาพ	บัตเตอร์เค้กแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ สูตรควบคุม	บัตเตอร์เค้กแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เติม แซนแทนกัม 2 เปอร์เซ็นต์
ความถ่วงจำเพาะ (g/cm^3)^{ns}	0.6590±0.66	0.7297±0.73
ความหนาแน่น (g/cm^3)	95.0490^a±2.65	84.6136^b±1.41
ปริมาตรจำเพาะ (cm^3 /ml)	1.8824^b±0.038	2.2058^a±0.0.25
เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก^{ns}	8.3857±0.68	7.7791±0.33
ความสูง (cm)^{ns}	5.19±0.16	5.24±0.27

หมายเหตุ^{ns} ค่าเฉลี่ยตัวอักษรที่ไม่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

$^{a\ b}$ ค่าเฉลี่ยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

สรุป

แซนแทนกัมเป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพบัตเตอร์เค้กแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีสัดส่วนของโปรตีนจากแป้งสาลีลดลง เนื่องจากมีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ ผู้วิจัยเลือกสูตรที่เติมแซนแทนกัม 2 % เนื่องจากมีราคาต่อกิโลกรัมถูกกว่า CMC 47 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการเติมแซนแทนกัม 2 % ช่วยปรับปรุงคุณภาพทางกายภาพทำให้บัตเตอร์เค้กแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มีปริมาตรจำเพาะและความชื้นเพิ่มขึ้น แต่มีความหนาแน่นลดลง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะนุ่มและขึ้นฟูมากขึ้น ส่งผลให้ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับในด้านความนุ่ม การขึ้นฟู การคืนตัว การเกาะรวมตัว และความชอบโดยรวมบัตเตอร์เค้กแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เติมแซนแทนกัม 2% สูงกว่าสูตรควบคุม ผลงานวิจัยนี้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมอบปลอดกลูเตนสำหรับผู้ป่วยโรคแพ้กลูเตน หรือส่งออกไปจำหน่ายในประเทศแถบตะวันตก สามารถเพิ่มมูลค่าและแนวทางการใช้ประโยชน์ข้าวไรซ์เบอร์รี่ และลดการนำเข้าแป้งสาลี

เอกสารอ้างอิง

1. Brown, A. Understanding food principles and preparation. (3 rd ed). California: Thomson Wadsworth; 2008.
2. จิตธนา แจ่มเมฆ อรอนงค์ นัยวิกุล. เบเกอรีเทคโนโลยีเบื้องต้น. (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2541.
3. กรมการข้าว. ข้าวไรซ์เบอร์รี่ พันธุ์ข้าว และคุณค่าทางโภชนาการ. [อินเทอร์เน็ต]. 2017. [เข้าถึงเมื่อ 2562 เมษายน 10] เข้าถึงได้จาก https:// www.thairicedb.com/rice-detail.php?id15.
4. เจษฎ์นภา เตชวิภารัตน์. ผลของของไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพทางกายภาพและรีโอโลยีของแป้งข้าว. ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต คณะเทคโนโลยีชีวภาพ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. มปป.
5. Guarda, A., Rosell, C. M., Benedito, C. and Galotto, M. J. Different Hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. Food Hydrocolloids. 2004; 18: 241-247.
6. นริศรา มากมูล. ผลการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อคุณภาพบัตเตอร์เค้ก. [ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต]. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์; 2558.

7. Poonnakasem, N, Laohasongkram K, Chaiwanichsiri S. Influence of Hydrocolloids on Batter Properties and Textural Kinetics of Sponge Cake During Storage. Journal of Food Quality. [Internet]. 2015. [Cited 2015 APR 10] 38 : 441–449. Available from: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jfq.12167.
8. Association of Official Analytical Chemists International. Official Method of Analysis, 17 th ed. Arlington,VA.,U.S.A: 2000.
9. Kumari R, Jeyarani T, Soumya C, Indrani D. Used of vegetable oils, emulsifiers and hydrocolloids on rheological, fatty acid profile and quality characteristics of pound cake. Journal of Texture Studies. 2011: 42: 377-386.
10. Matos SM, Rosell C. Chemical composition and starch digestibility of different gluten-free breads. Plant Foods Hum Nutr. [Internet]. 2011. [Cited 2015 APR 10] 66: 224–230. Available from: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs11130-011-0244-2.pdf.
11. Martinez-Cervera S, Salvador A, Sanz T. Comparison of different polyols as total sucrose replacers in muffins: Thermal, rheological, texture and acceptability properties. Journal Food Hydrocolloids. [Internet]. 2014. [Cited 2015 APR 10] 35: 1–8. Available from: https://ac.els-cdn.com.
12. Martínez-Cervera S, Salvado A, Muguerza B, Moulay L, Fiszman S M. Cocoa fibre and its application as a fat replacer in chocolate muffins. 2011 [Cited 2015 APR 10] 44: 729–736. Available from: ttp://www.academia.edu.
13. Kim, J.H., H.J. Lee, H. S. Lee,E.J. Lim, J.Y. Imm and H.J. Suh. [Internet]. (2012). Physical and sensory characteristic of fibre-enriched spong cake made with *Opuntia humifusa*. [Cited 2019 MAY 24] LWT-Food Science and Technology 47, 478-484. Available from: https://koreauniv.pure.elsevier.com/en/publications/physical-and-sensory-characteristics-of-fibre-enriched-sponge-cake.
14. ดวงฤทัย ธำรงโชติ, วิภาวัน จุลยา. รุ่งทิวา วงค์ไพศาลฤทธิ์. การพัฒนาขนมปังแซนด์วิชจากแป้งข้าว. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล, กรุงเทพฯ. 2555.
15. Mandala I, Kapetanakou A, Kostaropoulos A. Physical properties of breads containing hydrocolloids stored at low temperature effect of freezing. Journal of Food Science. [Internet]. 2007. [Cited 2015 APR 10] 22: 1443 – 1451. Available from: https://www.researchgate.net/publication/235435796_Physical_properties_of_breads_containing_hydrocolloids_stored_at_low_temperature_II-Effect_of_freezing.
16. Manuel G, Felicidad, R, Pedro A C, Carlos A.B, Cristina M R. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer Cakes. Journal of Food Science. [Internet]. 2005. [Cited 2015 APR 10] 7(21):167 – 173. Available from: https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-e8ec6a22-11a4-3507-8dbd-ad3abf31c467.
17. Salama A, Eldesoaky S, Abul-Fadl M M, Bedeir S H, Elmashad A. The influence of xanthan gum or glycerol mono stearate incorporation on the quality characteristics of sponge cake. Journal of Applied Science Research. [Internet]. 2013. [Cited 2015 APR 10] 9(8): 5390 – 5420. Available from: https://www.researchgate.net/figure/Effect-of-the-incorporation-of-xanthan-gum-XG-and-glycerol-mono-stearate-GMS-on_tbl2_324797408.
18. Nussinovitch A. Hydrocollloid Applications Gum technology in the food and other industries. London: Blackis Academic and Professional: 1997.
19. จันทร์เฉิดฉาย สังเกตุกิจ, ประทีป ตุ้มทอง, ณิชาภา สารธิยากุล, จักรินทร์ สนุกแสน, อัญชนา อุดมทวี. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังและเค้กปราศจากกลูเตนและไขมันทรานส์จากแป้งข้าวหอมมะลิโดยกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน : กรณีศึกษา กลุ่มพัฒนาบทบาทสตรีตำบลเทพรักษา อำเภอสังขะ จังหวัดสุรินทร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์. 2559.
20. Collar C, Andreu P, Martinez J. C, Armero E. Optimization of hydrocolloid addition to improve wheat bread dough functionality: a response surface methodology study. Food Hydrocolloids. [Internet]. 1999.[Cited 2015 APR 10] 13: 467-475.

[AS-P20] ผลการแทนที่น้ำมันด้วยกล้วยน้ำว้าต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดครีม

Effect of Oil Replacement by Kluai Namwa on Quality of Cream Salad Dressing

ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์*, และ อัญชลินทร์ สิงห์คำ
Palida Tanganurat*, and Anchalin Singkum
[1]สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
*ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: palida_t@rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของกล้วยน้ำว้าบดละเอียดที่ทดแทนน้ำมันพืชในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดครีม 4 ระดับ (0% (สูตรควบคุม), 50%, 60% และ 70% โดยน้ำหนักต่อปริมาตรของน้ำมันพืช) ต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพและทางประสาทสัมผัส ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างค่าสี (L* a* b*) ของน้ำสลัดครีม ($p \leq 0.05$) น้ำสลัดที่ทดแทนน้ำมันด้วยกล้วยบดละเอียดมีความหนืด ค่าความเป็นกรดด่าง และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงกว่าน้ำสลัด (ชุดควบคุม) ($p \leq 0.05$) การทดแทนน้ำมันด้วยกล้วยบดละเอียดที่ 60% พบว่าคะแนนความชอบสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ทางด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม นอกจากนี้ผลของการทดแทนน้ำมันด้วยกล้วยบดละเอียดแสดงให้เห็นว่าการแทนที่น้ำมันที่60% มีปริมาณไขมันต่ำลง และปริมาณเส้นใย โปรตีนสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ($P \leq 0.05$) ดังนั้นน้ำสลัดครีมเพื่อสุขภาพสามารถผลิตด้วยการแทนที่น้ำมันด้วยกล้วยบดละเอียดที่ 60% โดยไม่ส่งผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์

คำสำคัญ: *น้ำสลัดครีม, กล้วยน้ำว้า, การทดแทนน้ำมัน*

Abstract

The present study aimed to determine the effect of banana puree (Kluai Namwa) at four different concentrations (0% (control), 50%, 60% and 70% w/v of vegetable oil) as a fat replacer on physicochemical properties and sensory evaluation of cream salad dressing. The results showed that no statistically significant difference among color values (L* a* b*) of cream salad dressing ($p \leq 0.05$). The cream salad dressing with the replacement of oil by banana puree had higher viscosity, pH value and total soluble solid than cream salad dressing (control) ($p \leq 0.05$). The banana puree as fat replacer at 60% of the formulated vegetable oil presented scores significantly ($P \leq 0.05$) higher than control for the attributes color, aroma, flavor, texture, and overall acceptability. Additionally, the effect of replace of vegetable oil by banana puree show significant difference between the replacement of oil at 60% w/v was showed lower fat content and higher fiber, protein content compared to control ($p \leq 0.05$). Therefore, healthier cream salad dressing could be produced by replacing to 60% of the formulated oil with a banana puree without depreciating product's quality.

Keywords: *cream salad dressing, Kluai namwa, oil replacer*

บทนำ

สลัดเป็นอาหารเพื่อสุขภาพที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายซึ่งสามารถรับประทานได้ทุกวัยโดยเฉพาะผู้ที่ต้องการลดน้ำหนัก โดยองค์ประกอบหลักของสลัด คือ ผัก ผลไม้ และมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ น้ำสลัดที่มีส่วนประกอบที่หลากหลายและส่งผลต่อรสชาติ รวมถึงสุขภาพของผู้บริโภคโดยส่วนผสมหลักของการทำน้ำสลัด คือ น้ำมัน น้ำส้มสายชู น้ำตาล มัสตาร์ด ไข่แดง ซึ่งมีไข่แดงเป็นตัวประสาน (Emulsifier) ที่ทำหน้าที่ช่วยให้ไขมันผสมกับของเหลวอื่น ๆ ให้เป็นเนื้อเดียวกัน แต่ในส่วนผสมของน้ำสลัดมีส่วนผสมของปริมาณน้ำมันที่เป็นส่วนผสมของน้ำสลัดที่ส่งผลต่อสุขภาพในทางที่ไม่ดี ทำให้ในปัจจุบันมีการปรับแต่งสูตรน้ำสลัดให้มีความหลากหลายมากขึ้นและส่งผลดี

ต่อสุขภาพ เพื่อเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคและตรงกับความต้องการของผู้บริโภค จึงมีการนำส่วนผสมต่าง ๆ ที่สามารถช่วยลดปริมาณน้ำมันซึ่งเป็นส่วนผสมปริมาณมากให้มีปริมาณลดน้อยลงเพื่อสุขภาพของผู้บริโภค [1,8]

ปัจจุบันได้มีการผลิตสารทดแทนไขมันและน้ำมันเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารอย่างแพร่หลาย การลดปริมาณของไขมันหรือน้ำมันในผลิตภัณฑ์ลงทำให้ปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นจึงต้องมีการใช้ส่วนผสมอาหารที่ให้คุณสมบัติทางหน้าที่คล้ายไขมัน เช่น โปรตีน แป้ง และสารให้ความข้นหนืดชนิดต่าง ๆ เช่น กัม อิมัลซิไฟเออร์ และไฟเบอร์ การเลือกชนิดของส่วนผสมเพื่อใช้ในการแทนที่ไขมันจะขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์และระดับของปริมาณไขมันที่ต้องการให้ลดลงซึ่งจะต้องทำให้เกิดสมดุล [9] ซึ่งเนื้อกล้วยประกอบไปด้วยแป้ง โปรตีน และไฟเบอร์ซึ่งน่าจะมีความเป็นไปได้ในการทดแทนน้ำมันในน้ำสลัด

กล้วยน้ำว้าปลูกทั่วไปในประเทศไทย นิยมบริโภคในทุก ๆ ภาค ปลูกเป็นการค้าทั่วไปในภาคกลาง ภาคเหนือ เนื้อกล้วยน้ำว้ามีคุณค่าทางอาหารสูง สามารถใช้เป็นอาหารเด็กอ่อน รับประทานสดและทำขนมได้หลายชนิด กล้วยน้ำว้าห่ามและสุกมีธาตุเหล็กในปริมาณสูง ช่วยสร้างเม็ดเลือดแดง ป้องกันโรคโลหิตจาง มีแคลเซียม ฟอสฟอรัส และวิตามินซีช่วยบำรุงกระดูก ฟัน และเหงือกให้แข็งแรง ช่วยให้ผิวพรรณดี มีเบต้าแคโรทีน ไนอาซีน และใยอาหารจำพวกพรีไบโอติก (prebiotic) ช่วยให้ระบบขับถ่ายคล่องขึ้น กินกล้วยน้ำว้าสุกจะช่วยระบายท้องและสามารถรักษาโรคเลือดออกตามไรฟันในเด็กเล็กได้ ช่วยลดอาการเจ็บคอ เจ็บหน้าอกที่มีอาการไอแห้งร่วมด้วย [2]

จากคุณประโยชน์ดังกล่าวจึงมีวัตถุประสงค์ในการประยุกต์ใช้กล้วยน้ำว้ามาใช้เป็นส่วนผสมในน้ำสลัดเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการโดยการแทนที่ปริมาณน้ำมันที่ใช้ในส่วนผสมด้วยกล้วยน้ำว้าต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพและทางประสาทสัมผัสของน้ำสลัดครีม

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมกล้วยน้ำว้า

นำกล้วยน้ำว้าสุก (ระดับ 7 คือมีเปลือกสีเหลืองทั้งผลและเริ่มมีรอยดำ ๆ เกิดขึ้นบนผิว) มาปอกเปลือกแล้วหั่นกล้วยเป็น 3 ท่อน ใส่เครื่องปั่น จะได้เนื้อกล้วยที่มีความข้นละเอียด

2. การเตรียมน้ำสลัด [3]

นำส่วนผสมทั้งหมดตามอัตราส่วนมาทำตามสูตร โดยแยกไข่แดงออกจากไข่ขาวให้ได้ตามน้ำหนักที่ต้องการตามสูตร จากนั้นใช้เครื่องตีครีมยี่ห้อ Kitchen Heavy Duty 5 quart 300-350 วัตต์และใบพัด เบอร์ 1 ตีไข่แดงกับเกลือจนเป็นครีมสีขาว ใช้เวลา 3-5 นาที โดยใช้ระดับความแรงของการหมุนใบพัดที่เบอร์ 2 จากนั้นเทน้ำตาลทราย น้ำส้มสายชูและมัสตาร์ดลงไปปั่นกับไข่แดงจนเป็นเนื้อเดียวกัน ใช้เวลา 3-5 นาที และค่อย ๆ รินน้ำมันพืชลงไปในส่วนผสมที่ปั่นอยู่จนเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นนำกล้วยน้ำว้าบดละเอียดตีให้เข้ากันจนน้ำสลัดมีลักษณะข้น โดยศึกษาอัตราส่วนของกล้วยน้ำว้าที่สามารถใช้แทนน้ำมันในสูตรน้ำสลัดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สูตรน้ำสลัดที่มีการเพิ่มเนื้อกล้วยน้ำว้าและลดปริมาณน้ำมัน (4 สูตร)

ส่วนประกอบ (กรัม)	สูตรควบคุม	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ไข่แดง	31.5	31.5	31.5	31.5
น้ำส้มสายชูหมัก	104.0	104.0	104.0	104.0
น้ำตาลทราย	171.5	171.5	171.5	171.5
เกลือ	6.0	6.0	6.0	6.0
มัสตาร์ด	3.7	3.7	3.7	3.7
น้ำมันพืช	185.5	92.7	74.2	55.6
เนื้อกล้วยน้ำว้า	0.0	92.7	111.3	129.8

หมายเหตุ สูตรควบคุม (กล้วยน้ำว้า 0%)
สูตรที่ 1 อัตราส่วนทดแทนน้ำมันด้วยกล้วยน้ำว้า 50%
สูตรที่ 2 อัตราส่วนทดแทนน้ำมันด้วยกล้วยน้ำว้า 60%
สูตรที่ 3 อัตราส่วนทดแทนน้ำมันด้วยกล้วยน้ำว้า 70%

3. การวิเคราะห์คุณภาพของน้ำสลัดกล้วยน้ำว้า

โดยจะวิเคราะห์คุณภาพน้ำสลัดกล้วย ทั้ง 3 สูตร เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ดังนี้ วิเคราะห์วัดค่าสี ด้วยเครื่อง Hunter L*a*b* ค่า pH โดยเครื่อง pH meter ความข้นหนืด โดยเครื่อง brookfield viscometer และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Brix) ด้วย Hand refractometer

4. การทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำสลัดกล้วยน้ำว้า

ทดสอบความชอบทางด้านประสาทสัมผัสของน้ำสลัดกล้วยทางด้าน สี กลิ่น กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยแบบทดสอบ 9–Point Hedonic Scale โดยผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน ผู้ทดสอบจะทำการชิมผลิตภัณฑ์และประเมินความชอบโดยรวมเป็นค่าคะแนนความชอบโดยรวม โดยกำหนดให้ 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด, 2 คือ ไม่ชอบ, 3 คือ ไม่ชอบปานกลาง, 4 คือ ไม่ชอบเล็กน้อย, 5 คือ เฉยๆ, 6 คือ ชอบเล็กน้อย, 7 คือ ชอบปานกลาง, 8 คือ ชอบมาก, 9 คือ ชอบมากที่สุด คัดเลือกสูตรที่ได้รับค่าคะแนนเฉลี่ยความชอบโดยรวมสูงที่สุด นำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

5. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดกล้วยน้ำว้า

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดกล้วยน้ำว้า ดังนี้ ปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีนวิธี Kjeldahl method ไขมันวิธีซอล์กเลต เส้นใย ตามวิธี AOAC (2000) [4] และคาร์โบไฮเดรตโดยวิธีคำนวณ ดังนี้

คาร์โบไฮเดรต (%) = 100 – (ความชื้น (%) + ไขมัน (%) + โปรตีน (%)+เถ้า (%))

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ (Completely Randomized Design, CRD) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized complete block design : RCBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาลักษณะทางเคมีกายภาพของน้ำสลัดกล้วยน้ำว้า

จากการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดทดแทนน้ำมันด้วยกล้วยน้ำว้า 4 สูตรโดย คือ สูตรควบคุม (กล้วยน้ำว้า 0%) สูตรที่ 1 (ทดแทนน้ำมันด้วยกล้วยน้ำว้า 50%) สูตรที่ 2 (ทดแทนน้ำมันด้วยกล้วยน้ำว้า 60%) สูตรที่ 3 (ทดแทนน้ำมันด้วยกล้วยน้ำว้า 70%) พบว่า น้ำสลัดทดแทนน้ำมันจากเนื้อกล้วยในแต่ละสูตรมีสีน้ำสลัดเข้มขึ้นเมื่อเพิ่มเนื้อกล้วยน้ำว้าเมื่อสังเกตลักษณะปรากฏด้วยตาเปล่า และรสชาติของน้ำสลัดทดแทนไขมันจากเนื้อกล้วยน้ำว้ามีความหวานมากขึ้น เนื่องจากกล้วยน้ำว้าที่นำมาอยู่ในระยะการสุกงอม มีปริมาณน้ำตาลฟรุกโตส และกลูโคส 11.6 และ 12.1 กรัมต่อ 100 กรัม[7] อย่างไรก็ตามจากผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านสีของน้ำสลัดทดแทนน้ำมันจากเนื้อกล้วยน้ำว้าแสดงดังตารางที่ 2 ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เนื่องจากสีของน้ำสลัดทั้ง 4 สูตรมีสีในโทนสีเหลือง

ตารางที่ 2 ค่าสีของน้ำสลัดทดแทนน้ำมันด้วยกล้วยน้ำว้าที่ระดับต่าง ๆ

ปริมาณกล้วยน้ำว้าทดแทนน้ำมัน	ค่าสี		
	ค่าความสว่าง^{ns} (L*)	ค่าสีแดง^{ns} (a*)	ค่าสีเหลือง^{ns} (b*)
0%	61.13±2.12	-0.36±3.34	35.40±1.27
50%	62.80±1.57	-0.37±1.48	33.50±1.98
60%	58.50±1.98	-0.30±2.32	33.03±2.17
70%	57.23±2.11	-0.31±2.23	32.10±3.26

หมายเหตุ ns หมายถึงค่าเฉลี่ยข้อมูลในแนวตั้งที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากการวิเคราะห์ค่า pH ความหนืด และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมี ของน้ำสลัดกล้วยน้ำว้า

ปริมาณกล้วยน้ำว้าทดแทนน้ำมัน	คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี		
	pH	ความหนืด (cP)	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ($^{\circ}$Brix)
0%	3.39±1.03^{b}	4,000.26±2.67^{b}	9.20±0.45^{c}
50%	3.41±0.11^{a}	4,000.03±1.65^{b}	9.60±0.83^{c}
60%	3.54±0.78^{a}	4,200.76±1.82^{a}	10.66±0.82^{b}
70%	3.60±0.34^{a}	4,470.66±1.77^{a}	12.13±0.53^{a}

หมายเหตุ a, b, c หมายถึงค่าเฉลี่ยข้อมูลในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากตารางแสดงให้เห็นว่าค่าpH ในน้ำสลัดทดแทนน้ำมันด้วยกล้วยน้ำว้า 50%, 60% และ 70% มีค่าความแตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) เนื่องกล้วยน้ำว้ามีช่วยในการลดความเป็นกรด และมีสภาพเป็นกลางจึงไปทำให้น้ำสลัดมีค่า pH เพิ่มขึ้น [5] จากผลการวิเคราะห์ค่าความหนืด พบว่า สูตรที่ทดแทนน้ำมันด้วยกล้วยน้ำว้า 50% ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่สูตรที่ทดแทนน้ำมันด้วยกล้วยน้ำว้า 60% และ 70% มีค่าความหนืดแตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) เนื่องจากกล้วยมีปริมาณเซลลูโลส และเพคตินอยู่ด้วย ทำให้อาหารที่มีเซลลูโลสและเพคตินมีลักษณะเนื้อสัมผัสเหนียวหนืด [11]

สำหรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด พบว่า น้ำสลัดทดแทนน้ำมันด้วยกล้วยน้ำว้า 50% ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มสัดส่วนกล้วยน้ำว้าทดแทนน้ำมันที่ 60% และ 70% มีค่าความแตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) เนื่องจากกล้วยน้ำว้าที่นำมาใช้อยู่ในระยะสุกงอมเปลือกเริ่มมีสีดำ กล้วยน้ำว้าจึงมีรสชาติหวาน และเมื่อเพิ่มปริมาณใส่ลงในน้ำสลัดจึงมีรสชาติหวานขึ้น กล้วยอุดมไปด้วยน้ำตาลจากธรรมชาติรวมถึง 3 ชนิด คือ ซูโครส กลูโคส และฟรุคโตส [7] โดยพบว่าขณะที่กล้วยยังดิบอยู่องค์ประกอบส่วนใหญ่ได้แก่ แป้ง และแป้งนี้จะค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นน้ำตาลมากขึ้นเมื่อกล้วยสุก[10] นอกจากนี้แล้วในกล้วยยังอุดมไปด้วยเส้นใย กากอาหาร วิตามินและแร่ธาตุ ชนิดที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น ธาตุเหล็ก ธาตุฟอสฟอรัส ธาตุโพแทสเซียม ธาตุแมกนีเซียม คาร์โบไฮเดรต โปรตีน วิตามินเอ วิตามินบี 6 วิตามินบี 12 และวิตามินซี เป็นต้น[6]

2. คุณภาพทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์น้ำสลัดทดแทนน้ำมันด้วยกล้วยน้ำว้า

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ 9-Point Hedonic Scale โดยจะใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน โดยทำการทดสอบคุณลักษณะทางด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดทดแทนน้ำมันด้วยกล้วยน้ำว้าที่ระดับต่าง ๆ

ปริมาณกล้วยน้ำว้าทดแทนน้ำมัน	ลักษณะทางประสาทสัมผัส				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
0%	5.40±1.42^{c}	5.76±1.43^{b}	5.03±1.12^{c}	6.16±1.26^{c}	6.30±1.44^{b}
50%	5.00±1.17^{c}	5.20±0.99^{c}	5.13±1.04^{c}	6.53±1.16^{c}	6.20±1.32^{b}
60%	7.30±1.11^{a}	7.26±1.11^{a}	6.83±1.20^{a}	6.70±0.98^{a}	7.00±1.20^{a}
70%	6.00±0.83^{b}	6.30±0.98^{b}	5.80±0.99^{b}	5.20±1.33^{b}	5.86±1.16^{b}

หมายเหตุ a, b, c หมายถึงค่าเฉลี่ยข้อมูลในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสด้านสี พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดกล้วยน้ำว้า สูตรควบคุมและสูตรที่ทดแทนน้ำมันด้วยกล้วยน้ำว้า 50% ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ขณะที่สูตรทดแทนน้ำมันด้วยกล้วยน้ำว้า 60% และ 70% มีคะแนนความชอบด้านสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) โดยสูตรที่ทดแทนน้ำมันด้วยกล้วยน้ำว้า 60% ได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังพบว่าคะแนนความชอบด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดทดแทนน้ำมันด้วยกล้วยน้ำว้าที่ 60% ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยสูดสุดทุกด้าน จึงเลือกสูตรนี้ไปศึกษาองค์ประกอบทางเคมีเปรียบเทียบกับน้ำสลัดควบคุม

3. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเนื้อกล้วยน้ำว้า

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้าน สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม สูตรที่ได้ค่าเฉลี่ยความชอบโดยรวมสูงสุด คือ สูตรน้ำสลัดที่ทดแทนน้ำมันด้วยกล้วยน้ำว้า 60%จึงนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำสลัดกล้วยน้ำว้า

ปริมาณกล้วยน้ำว้าทดแทนน้ำมัน	องค์ประกอบทางเคมี (%)					
	ความชื้น^{ns}	เถ้า^{ns}	เส้นใย	ไขมัน	คาร์โบไฮเดรต	โปรตีน
0%	61.03±0.63	1.75±0.29	0.91±0.07^{a}	1.84±0.06^{a}	28.68±0.21^{b}	6.02±0.10^{b}
60%	60.00±0.20	1.47±0.23	1.11±0.07^{b}	1.08±0.70^{b}	33.15±0.48^{a}	6.62±0.30^{a}

หมายเหตุ a, b, c หมายถึงค่าเฉลี่ยข้อมูลในแนวตั้งที่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
ns แสดงค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและเถ้า (%) พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดจากเนื้อกล้วยน้ำว้าสูตรควบคุม (กล้วยน้ำว้า 0%) กับสูตรที่ทดแทนน้ำมันด้วยกล้วยน้ำว้า 60% ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) สำหรับปริมาณเส้นใย โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต (%) พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดทดแทนน้ำมันด้วยกล้วยน้ำว้า 60% มีปริมาณสูงกว่าสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) ส่วนปริมาณไขมัน (%) พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดทดแทนน้ำมันด้วยกล้วยน้ำว้า 60% มีปริมาณต่ำกว่าสูตรควบคุม และยัง

พบว่ากล้วยมีโปรตีนชนิดหนึ่งที่เรียกว่า ทริปโตเฟน (Tryptophan) ซึ่งอาจเป็นผลให้เมื่อแทนที่น้ำมันด้วยกล้วยจึงทำให้มีปริมาณโปรตีนสูงขึ้น นอกจากนี้กล้วยยังอุดมไปด้วยเส้นใยและกากอาหาร[5]

สรุป

อัตราส่วนที่เหมาะสมของกล้วยน้ำว้าที่สามารถใช้ทดแทนปริมาณน้ำมันในสูตรน้ำสลัด คือ 60% โดยพบว่า เมื่อใส่ปริมาณกล้วยน้ำว้าเพิ่มขึ้น สีของน้ำสลัดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ($P>0.05$) น้ำสลัดที่ได้จะมีความข้นหนืดมากขึ้น รวมทั้งค่า pH และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้จากการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม พบว่าสูตรที่ทดแทนน้ำมันด้วยกล้วยน้ำว้า 60 % ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมในเกณฑ์ชอบปานกลาง เมื่อนำมาทดสอบองค์ประกอบทางเคมี พบว่า น้ำสลัดที่อัตราส่วนทดแทนน้ำมันด้วยกล้วยน้ำว้า 60 % มีปริมาณไขมัน (%) ลดลงและปริมาณเส้นใย (%) เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม ($P\leq0.05$)

เอกสารอ้างอิง

1. วิไลภรณ์ สุทธา. น้ำสลัดเพื่อสุขภาพ [อินเตอร์เน็ท]. 2554. [เข้าถึงเมื่อ17 ธันวาคม 2560] เข้าถึงได้จาก http://www.clinictech.most.go.th/online/techlist/attachFile/html.
2. เบญจมาศ ศิลาย้อย. กล้วย. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2538.
3. กันยาวีร์ บุญตรี และกมลมาศ กันยาประสิทธิ์. สูตรการทำน้ำสลัด. รายงายการปฏิบัติการสหกิจศึกษา. ภาควิชาการโรงแรมและการท่องเที่ยว คณะศิลปะศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม; 2557.
4. AOAC. Official method of analysis Chemists. 17thed. the Association of official Analysis chemists. Virginia;2000.
5. เบญจมาศ ศิลาย้อย. พันธุ์กล้วยในประเทศไทย. สารานุกรมฉบับเยาวชน. เล่มที่30; 2545. หน้า 209-13.
6. MedThai. 2017. "กล้วย สรรพคุณและประโยชน์ของกล้วย 33 ข้อ." [อินเทอร์เน็ท]. [เข้าถึงเมื่อ 25 มกราคม 2561] เข้าถึงได้จาก https://medthai.com/กล้วย/
7. สำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. ปริมาณน้ำตาลในผลไม้ไทย. สำนักงานกิจการโรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก; 2557.
8. พัณทิพ เชาว์สมบูรณ์. การใช้ลูกสำรองเพื่อทดแทนการใช้ไขมันในน้ำสลัดเธาซันด์ไอซ์แลนด์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต , มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ; 2553.
9. พธิญดา แก้วสวี. การใช้สารทดแทนไขมันในน้ำแกงกะทิไขมันต่ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์; 2552.
10. เพลินใจ ตังคณะกุล วิภา สุโรจนะเมธากุล และวิไลลักษณ์ รัตอาภา. การศึกษาคุณค่าทางอาหารของกล้วยในกลุ่ม ABB บางชนิด. วารสารอาหาร. 2532; 19(4): 247-56.
11. วนิดา โอศิริพันธุ์. การพัฒนาเครื่องดื่มน้ำกล้วยหอมอัดก๊าซ. วารสารวิจัยรามคำแหง (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 2559; 19(1): 40-53.

[AS-P21] ผลของการหุงต้มต่อสารประกอบฟีนอลิกของข้าวไทยจากการย่อยในทางเดินอาหารแบบจำลอง

Effect of Cooking on Phenolic Compounds of Thai Rice Obtained from Simulated *In Vitro* Gastrointestinal Digestion

พิชญอร ไหมสุทธิสกุล*
Pitchaon Maisuthisakul*
หลักสูตรการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: pitchaon_mai@utcc.ac.th*

บทคัดย่อ

ผลของการหุงต้มต่อสารประกอบฟีนอลิกของข้าวไทย (*Oryza sativa* L.) ที่ได้จากการย่อยในทางเดินอาหารแบบจำลองได้ถูกนำมาศึกษา การทดลองนี้ใช้เมล็ดข้าว 3 กลุ่มตามลักษณะสี ข้าวสายพันธ์สินเหล็ก หอมมะลิ105 เล้าแตก และหอมอุบลมีสีน้ำตาลอ่อน ข้าวสายพันธุ์สังข์หยด หอมมะลิแดงมีสีแดง ข้าวสายพันธุ์กำ่า หอมกัญญาและหอมนิลมีสีดำ ผลการศึกษาพบว่า Cyanidin-3-O-glucoside พบได้ในข้าวสีดำเท่านั้น ข้าวสีดำมีฟีนอลิกสูงกว่าข้าวสีแดงและน้ำตาลอ่อน การหุงข้าวมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของสารประกอบฟีนอลิกจากข้าวไทยบางสายพันธุ์ที่ได้จากการย่อยในทางเดินอาหารแบบจำลองผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าการบริโภคข้าวหุงสุกจะช่วยให้ผู้บริโภคได้รับประโยชน์จากข้าวมากขึ้น

คำสำคัญ: *ฟีนอลิก, ข้าวไทย, จำลองระบบทางเดินอาหาร, การหุงต้ม*

Abstract

The effect of cooking on phenolic compounds of Thai rice (*Oryza sativa* L.) obtained from simulated in vitro gastrointestinal condition was investigated. Rice grains were classified into three groups according to their color appearance. The light brown genotypes are Sin Lek, Jasmine 105, Lao Tek and Hawm Ubon. The red group is Sang Yod and Red Jasmine. Genotypes Kum, Hawm Kanya and Hawm Nil are black grains. The results demonstrated that Cyanidin-3-O-glucoside was found in only black rice. The black rice had higher phenolics than red and light brown samples. Cooking affected an increasing of phenolic compound from some varieties of Thai rice obtained from simulated in vitro gastrointestinal digestion. The results suggest that consumption of cooked rice gives more health benefits of grain to consumer.

Keywords: *phenolic, Thai rice, gastrointestinal digestion, cooking*

Introduction

Phenolic compounds in rice (*Oryza sativa* L.) grain exist either in the free form or the bound form. Generally, the free phenolic compounds are proanthocyanidins or flavonoids, while the bound phenolic compounds are ester-linked to cell-wall polymers.[1] Phenolic compounds commonly present in whole grains are phenolic acids and flavonoids.[2] Phenolic acid such as protochatechuic acid, p-coumaric acid, caffeic acid, ferulic acid, sinapic acid, vanillic acid, methoxy cinnamic acid, chlorogenic (3-caffeoylquinic) acid, hydroxybenzoic acid and syringic acid[3,4] were commonly found in rice while flavonoids are flavonols, flavan-3-ols, flavones and flavanones.[5] There are more than 100 species of rice in Thailand. Although nine Thai rice

varieties containing phenolic compounds are reported, there are little information of cooking effect on phenolic content of rice absorbed by human body after consumption.[6]

The main changes in rice during cooking are known to be the gelatinization of the starch. During cooking, water is absorbed into the rice grains and hydrogen bonds between the starch molecules are replaced by water molecules. Changes in chemical components during cooking such as sugar, amino acids, soluble and insoluble phenolic content have been reported.[7-9] However, little is known about effect of cooking on phenolic acids and anthocyanin from rice after human body digestibility.

This work was focused on phenolic compounds of raw and cooked rice grains with light brown, red and black pericarp colors extracting in vitro simulated gastric and intestinal fluid model.

Materials and Methods

1. Materials

Three batches of nine pigmented and non-pigmented unpolished rice samples were obtained by Community Enterprise Network, Ubon Ratchathani province in Thailand. The moisture content of rice grains on a dry weight basis according to AOAC (1990) was range from 11.52-13.17%. Rice grains were harvested from March to June 2017. Extra-long grains are found in genotype Hawm Ubon, Lao Tek, Jasmin rice 105, Sin Lek and Red jasmine. Long grain type is Hawm Nil.[6]

Folin Ciocalteu reagent were purchased from Sigma Chemical Co., Ltd (St. Louise, USA). The other chemicals and solvents used in this experiment were analytical grade purchased from Sigma-Aldrich Co., Ltd (Steinheim, Germany).

2. Cooking condition

Samples of rice grains were weighed 250 g. They were washed with tap water on a sieve three times. Then reverse osmosis water was added to rice with a ratio of rice and water 1:2 (w/v). Rice was cooked using rice cooker (TEFAL Rice cooker Digital RK6011TH 0.7L, French). Finally, cooked rice samples were left to cool down and then transferred to stripped plastic bags kept at −20 °C until analysis.

3. *In vitro* gastrointestinal digestion

The in vitro gastrointestinal digestion was evaluated in two sequential stages of gastric and intestinal digestion as previous described by Gil-lzquierdo, Zaírilla and Tomâs-Barberân.[10]

4. Determination of total phenolic content

The total phenolic content (TPC) of extracts was determined using the Folin-Ciocalteu's phenol reagent.[11] All determinations were performed in triplicate.

5. Determination of phenolic acid by HPLC-DAD and HPLC-ESI-MS

The HPLC-DAD analytical method was developed and validated on a Shimadzu LC-6AD chromatograph with a diode array detector (SPD-M10Avp; Shimadzu), coupled with an auto injector (SIL-10AF;

Shimadzu) and controlled by the software CLASS-VP 6.14 as previous described by Maisuthisakul and Gordon.[12]

6. Statistical analysis

The data were analyzed by SPSS software program (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). The general linear model procedure was applied and Duncan's multiple range test was used to compare the mean values at $p<0.05$.

Results and Discussions

Although many researches were reported the phenolic quantity of rice samples, absorption of phenolics in the body did not clarify. Hence, the phenolic constituents and antioxidant capacity of rice should be performed in simulated gastro-intestinal condition to elucidate the quantity of phenolics potentially available for further uptake in human body.

The analytical data of nine genotypes from rice extracts are listed in Table 1. Cyanidin-3-O-glucoside was found only black rice type, not surprisingly, whereas all studied rice grains were found chlorogenic acid. p-Coumaric acid was found in genotype Kum, red jasmine and Sinlek. The results revealed that the black pigment rice samples (Hawm Nil, Hawm Kanya and Kum) had higher content of phenolic compounds than red and non-pigment samples (Table 1). These finding was slightly different to other reports due to extraction condition.

Many phenolic compounds did not match the reference used such as genotype Sinlek which showed the total phenolic content (HPLC measurement) equaled 763.42 mg of ferulic acid equivalent (FE)/kg. The known phenolic compounds which are chlorogenic acid and p-coumaric acid exhibited approximately 0.6% of total phenolic content. The concentration of TPC differed significantly among the genotypes (Table 1). Interestingly, genotype Sinlek which is light brown rice group showed high concentrations of TPC from HPLC and colorimetric methods, which were 2 to 15 times higher than the TPC concentrations of grains with the other light brown pericarp color.

Cooking was affected to phenolic compound of rice grains. Interestingly, five of nine genotypes of cooked Thai rice showed higher value of phenolic content than that of raw rice grains (Table 1 and 2). This was consistent to Massaretto et al.[8] They reported that the average content of insoluble phenolics in pigmented rice increased dramatically from 74.4 -17.3 to 144.7 - 38.2 mg FE/100 g (a rise of approximately 100%) after cooking.

Protocatechuic acid was found in cooked rice grains genotype Hawm kanya, Kum, Hawm nil, red jasmine and Sinlek. Cooking was found to reduce the average content of cyanidin-3-O-glucoside of black rice group approximately 3 to 6 times. This may occur when anthocyanin such as cyanidin-3-O-glucoside was degraded after cooking and change to protocatechuic acid.

Conclusions

This study demonstrates an effect of cooking on phenolic profile from nine genotypes of Thai rice grains. Cyanidin-3-O-glucoside was found in only black rice genotypes for both raw and cooked types, whereas chlorogenic acid was found in all rice grains of raw rice. Phenolic acids constitute a small portion of phenolic compounds after digestion in human. Cooking affected an increasing of phenolic compound from most Thai rice obtained from simulated gastro-intestinal extraction.

Acknowledgement

This research was supported by the research fund of the University of the Thai Chamber of Commerce. The authors wish to express my gratitude to Professor Michael H. Gordon for any suggestion.

Table 1 LC-DAD-MS characteristics of phenolic compounds in raw Thai rice

References	RT (min)	Fragment ions	Quantity (mg/kg)								
			Hawm nil	Hawm kanya	Kum	Red Jasmine	Sang yod	Hawm Ubon	Lao tek	Jasmine 105	Sin lek
Protocatechuic acid	3.2	155, 165, 195	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Chlorogenic acid	6.6	167, 197, 353	1.77	2.73	1.56	3.52	3.61	2.43	3.55	3.75	3.21
Vanillic acid	6.8	167, 197, 353	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Syringic acid	8.3	167, 197, 353	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cyanidin-3-*O*-glucoside	11.2	167, 197, 353, 448	126.23	98.63	125.63	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ferulic acid											
p-coumaric acid	13.6	165, 195	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Total phenolic content*	15.3	155, 165, 195	ND	ND	1.57	1.79	ND	ND	ND	ND	1.22
Total phenolic content †	-	-	852.34	903.24	952.23	187.29	113.21	143.35	187.69	48.23	763.42
	-	-	1285.64	1402.92	1569.87	764.34	348.76	602.80	641.02	333.73	870.80

* Total phenolic content from HPLC measurement and calculation in term of ferulic acid equivalent/kg sample.

† Total phenolic content from calorimetric method calculated in term of ferulic acid equivalent/kg sample.

Table 2. Phenolic compounds of cooked Thai rice

References	Quantity (mg/kg)								
	Hawm nil	Hawm kanya	Kum	Red Jasmine	Sang yod	Hawm Ubon	Lao tek	Jasmine 105	Sin lek
Protocatechuic acid	23.06	7.97	19.88	5.17	ND	ND	ND	ND	385.71
Chlorogenic acid	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Vanillic acid	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Syringic acid	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cyanidin-3-*O*-glucoside	42.24	10.84	21.06	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ferulic acid									
p-coumaric acid	0.15	ND	0.29	0.27	0.45	0.60	0.47	0.06	2.94
Total phenolic content*	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.45
Total phenolic content †	935.42	230.42	447.63	202.23	184.51	134.97	110.09	55.04	1104.04
	1528.41	957.24	1297.75	887.67	429.14	441.56	536.31	391.43	1795.31

* Total phenolic content from HPLC measurement and calculation in term of ferulic acid equivalent/kg sample.

† Total phenolic content from calorimetric method calculated in term of ferulic acid equivalent/kg sample.

References

1. Bonoli, M., Marconi, E. and Caboni, M.F. 2004. Evaluation of the extraction capability of different solvent mixtures and pressurized liquid methods by micellar electro-kinetic chromatography and spectrophotometry. Journal of Chromatography A 1057: 1–12.
2. Al-Farsi, M.A. and Lee, C.Y. 2008. Optimization of phenolic and dietary fiber extraction from date seeds. Food Chemistry 108: 977–985.
3. Hudson, E.A., Dinh, P.A., Kokubun, T., Simmonds, M.S.J. and Gescher, A. 2000. Characterization of potentially chemopreventive phenols in extracts of brown rice that inhibit the growth of human breast and colon cancer cells. Cancer Epidemiology, Biomarkers and Prevention 9: 1163–1170.
4. Tian, S., Nakamura, K., Cui, T. and Kayahara, H. 2005. High performance liquid chromatographic determination of phenolic compounds in rice. Journal of Chromatography A 1063: 121–128.
5. Lin, J.Y. and Tang, C.Y. 2007. Determination of total phenolic and flavonoid contents in selected fruits and vegetables, as well as their stimulator effects on mouse splenocyte proliferation. Food Chemistry 101: 140–147.
6. Maisuthisakul, P.and Changchad, L. 2014. Effect of Extraction on Phenolic Antioxidant of Different Thai Rice (Oryza Sativa L.) Genotypes. International Journal of Food Properties 7:855–865.
7. Kasai, M., Ishiguro, K., Kyouda, H., Hamazono, T., Hatae, K. and Shimada, A. 2000. Change in the amounts of reducing sugars and free amino acids in rice during the cooking processes. Journal of Home Economics of Japan 51: 579–585.
8. Massaretto, I.L., Alves, M.F.M., de Mira, N.V.M., Carmona, A.K. and Marquez, U.M.L. 2011. Phenolic compounds in raw and cooked rice (Oryza sativa L.) and their inhibitory effect on the activity of angiotensin I-converting enzyme. Journal of Cereal Science 54: 236-240.
9. Walter, M., Marchesan, E., Massoni, P.F.S., da Silva, L.P., Sartori, G.M. and Ferreira, R.B. 2013. Antioxidant properties of rice grains with light brown, red and black pericarp colors and the effect of processing. Food Research International, 50(2): 698-703.
10. Gil-lzquierdo, A., Zaírilla, P. and Tomâs-Barberân, F. A. 2002. An in vitro method to simulaye phenolic compound release from the food matrix in the gastrointestinal tract. European Food Research Technology 214: 155-159.
11. Singleton, V.L.and Rossi, J.R. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture 16: 144-153.
12. Maisuthisakul, P. and Gordon, M. H. 2009. Antioxidant and tyrosinase inhibitory activity of mango seed kernel by product. Food Chemistry, 117: 332-341.

[AS-P22] การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กใบมะรุม

The Product Development of Moringa Leaf Chiffon Cake

เบญจางค์ อัจฉริยะโพธา,* เดือนเด่น กลิ่นอบเชย และมนทิรา อมรสังข์
Benjang Aschariyaphotha*, Dearnden klinobchay Montira Amornsang
หลักสูตรคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: benjang@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

มะรุมเป็นพืชสมุนไพรในประเทศไทยที่มีโปรตีนค่อนข้างสูง มีวิตามินเกลือแร่ต่างๆ รวมทั้งมีสรรพคุณด้านเภสัช มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ จึงควรมีการใช้ประโยชน์จากใบมะรุมในการผลิตอาหาร เพื่อได้ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพและส่งเสริมการแปรรูปอาหารจากมะรุม งานวิจัยนี้จึงพัฒนาผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กใบมะรุม โดยการใช้ผงใบมะรุมทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพของผงใบมะรุม พบว่า ค่าสีที่ปรากฏเป็นสีเขียว โดยมีค่าความสว่าง (L*) เท่ากับ 57.16±0.20 ความเป็นสีเขียว (a*) เท่ากับ -1.16±0.15 และความเป็นสีเหลือง (b*) เท่ากับ 16.26±0.01 และค่า a_w เท่ากับ 0.62±0.16 ผลการศึกษาปริมาณผงใบมะรุมทดแทนแป้งสาลีที่เหมาะสมในการผลิตชิฟฟอนเค้ก 3 ระดับ คือ ร้อยละ 5, 10 และ 15 และเปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน (ร้อยละ 0) พบว่า สูตรร้อยละ 5 ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสทุกด้านสูงสุด ในด้านความชอบด้านกลิ่น การขึ้นฟู เนื้อสัมผัส และความชอบด้านโดยรวมที่สุด จึงเลือกสูตรร้อยละ 5 เป็นผลิตภัณฑ์เค้กชิฟฟอนใบมะรุม มีค่าความสว่าง (L*) เท่ากับ 65.46±0.23 ความเป็นสีเขียว (a*) เท่ากับ -1.96±0.55 และความเป็นสีเหลือง (b*) เท่ากับ 33.0±1.03 ค่า a_w เท่ากับ 0.91±0.00 และค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) เท่ากับ 158.03±5.72 กรัม

คำสำคัญ: *ใบมะรุม, ชิฟฟอนเค้ก, ชิฟฟอนเค้กใบมะรุม*

Abstract

Moringa leaf is a Thai herb consisting of high protein and several minerals as well as phytochemicals and antioxidants. It should be processed to be a health food for value added. Therefore, the present study aimed to study the development of the chiffon cake from the substitution of wheat flour with moringa leaf powder. The moringa leaf was dried and blended into powder form having L*, a*, b* and aw values of 57.16 ± 0.20, -1.16 ± 0.15, 16.26 ± 0.01 and 0.62 ± 0.16, receptively. Then, this moringa leaf powder was used to substitute wheat flour at 5, 10 and 15% for making the moringa leaf chiffon cake. The results showed that the chiffon cake with 5% substitution of wheat four by the moringa leaf powder had the highest acceptance scores for all sensory attributes (such as color, aroma, fluffy, texture and overall likability). Moreover, the results indicated that the formula with 5% of moringa leaf power had L*, a*, b*, aw and firmness (g) values of 65.46±0.23, -1.96±0.55, 33.0±1.03, 0.91±0.00 and 158.03±5.72, receptively.

Keywords: *moringa leaf, chiffon cake, moringa leaf chiffon cake*

บทนำ

ชิฟฟอนเค้กเป็นขนมอบที่ได้รับความนิยมในการบริโภคของผู้บริโภคทั่วไปและทานง่าย สะดวก ชิฟฟอนเค้กมีส่วนผสมหลักมาจากแป้งสาลี ไข่ น้ำมันพืช นม น้ำตาลทราย และผงฟู โดยทั่วไปมักไม่มีส่วนผสมของผัก สอดคล้องกับในปัจจุบันประชาชนคนไทยมีการบริโภคผักค่อนข้างน้อย มะรุมมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Moringa oleifera Lam.* เป็นพืชผักสมุนไพรที่ปลูกง่าย และพบได้ทั่วไปในประเทศไทย ในส่วนของใบมะรุมเป็นส่วนที่มีผลผลิตออกตลอดทั้งปีมี ใบมะรุมมีโปรตีนค่อนข้างสูง มีแคลเซียม วิตามิน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม และแร่ธาตุต่างๆ รวมทั้งมีสรรพคุณด้านเภสัช มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ[1] จึงสนใจการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กใบมะรุม โดยการใช้ผงใบมะรุมทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นแนวทางที่จะช่วยเพิ่มโอกาสให้ได้รับประทานอาหารที่มีส่วนผสมของผักมากขึ้น ช่วยให้ได้รับสารอาหารที่มีประโยชน์เพิ่มมากขึ้น ช่วยเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ ความแปลกใหม่ และเพิ่มมูลค่าของใบมะรุมให้เกิดประโยชน์สูงสุด งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของผงใบมะรุม ศึกษาปริมาณผงใบมะรุมทดแทนแป้งสาลีที่เหมาะสมในการผลิตชิฟฟอนเค้ก ศึกษาสมบัติทางกายภาพของสูตรชิฟฟอนเค้กพื้นฐานและชิฟฟอนเค้กใบมะรุม

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาสมบัติทางกายภาพของผงใบมะรุม

กรรมวิธีดัดแปลงจากวิธีของอรรถพร แสงฉาย และคณะ[2] ใช้เฉพาะส่วนของใบมะรุม เลือกใบที่ไม่แก่หรืออ่อนจนเกินไป โดยคัดส่วนยอดอ่อนและใบแก่ทิ้งไป จากนั้นนำใบมะรุมเข้าตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วนำไปบดด้วยเครื่องบด และร่อนตัวอย่างผ่านตะแกรงขนาด 100 Mesh แล้วชั่งน้ำหนักตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์ทำการวิเคราะห์คุณภาพผงใบมะรุม โดยวัดค่าสี L*, a* และ b* ด้วยเครื่องวัดสี (Color meter) (ยี่ห้อ Minolta, รุ่น CR-10, ประเทศญี่ปุ่น) และวัดค่า Water Activity (a_w) ด้วยเครื่อง a_w (ยี่ห้อ AquaLab, รุ่น CX 3, ประเทศสหรัฐอเมริกา)

2. ศึกษาสูตรพื้นฐานของชิฟฟอนเค้ก

ทำการคัดเลือกสูตรพื้นฐานชิฟฟอนเค้ก โดยคัดเลือกจาก 3 สูตร ได้แก่สูตรที่ 1[3] สูตรที่ 2[4] สูตรที่ 3[5] โดยทุกสูตรใช้กรรมวิธีเดียวกัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อค (Randomized Complete Block Design, RCBD)

ตารางที่ 1 สูตรชิฟฟอนเค้ก ทั้ง 3 สูตร

ส่วนผสม	น้ำหนักส่วนผสมของชิฟฟอนเค้ก (กรัม)		
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3
แป้งเค้ก	200.00	200.00	164.00
ผงฟู	5.00	3.00	1.50
น้ำตาลทรายป่น (ส่วนที่ 1)	100.00	60.00	132.00
นมข้นจืด	40.00	70.00	70.00
เกลือ	1.50	1.50	3.00
ไข่แดง	140.00	180.00	60.00
น้ำมันถั่วเหลือง	55.00	100.00	84.00
น้ำเปล่า	40.00	40.00	60.00
วนิลา	6.00	6.00	6.00
ไข่ขาว	260.00	250.00	220.00
ครีมออฟทาร์ทาร์	2.00	2.00	2.50
น้ำตาลทรายป่น (ส่วนที่ 2)	90.00	80.00	84 .00

3. ศึกษาปริมาณผงใบมะรุมทดแทนแป้งสาลีที่เหมาะสมในการผลิตชิฟฟอนเค้ก

นำผงใบมะรุมทดแทนแป้งสาลีในการผลิตชิฟฟอนเค้ก 3 ระดับ คือ ทดแทนร้อยละ 5, 10, 15 และเปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน (ร้อยละ 0) โดยใช้กรรมวิธีเดียวกันทุกสูตร วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อค (Randomized Complete Block Design, RCBD) มีขั้นตอนการผลิตดังภาพที่ 1

เตรียมส่วนผสมของแห้ง ได้แก่ แป้งเค้ก น้ำตาลปั่นส่วนที่ 1 เกลือ และผงใบมะรุม ร่อนรวมกันพักไว้ (ส่วนผสม 1)
↓
ผสมไข่แดง นมข้นจืด น้ำมันถั่วเหลือง น้ำเปล่า กลิ่นวนิลา ให้เข้ากัน พักไว้ (ส่วนผสม 2)
↓
ตีไข่ขาวให้เกิดฟองละเอียดเล็กน้อย ใส่ครีมออฟทาร์ทาร์ และน้ำตาลทรายปั่นส่วนที่ 2
ตีด้วยความเร็วสูง จนฟองของไข่ขาวตั้งยอดอ่อน ปลายโน้มลง (ส่วนผสม 3)
↓
นำส่วนผสม 1 และส่วนผสม 2 มาผสมให้เข้ากัน
↓
จากนั้นนำส่วนผสม 3 มาผสมให้เข้ากัน โดยค่อย ๆ ตะล่อมให้ส่วนผสมทั้งหมดเข้ากัน
↓
เทส่วนผสมใส่พิมพ์ นำเข้าเตาอบ อบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส นาน 25 นาที นำออกจากพักไว้ให้เย็น
เก็บรักษาด้วยการบรรจุในกล่องพลาสติกปิดสนิท

ภาพที่ 1 วิธีการผลิตชิฟฟอนเค้กใบมะรุม

ตารางที่ 2 ปริมาณผงใบมะรุมทดแทนแป้งสาลีที่เหมาะสมในการผลิตชิฟฟอนเค้ก

ส่วนผสม	ปริมาณผงใบมะรุมในการทดแทนแป้งสาลี			
	สูตรพื้นฐาน (ร้อยละ 0)	ร้อยละ 5	ร้อยละ 10	ร้อยละ 15
แป้งเค้ก (กรัม)	164	155.8	147.6	139.4
ผงใบมะรุม (กรัม)	0	8.2	16.4	24.6

ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบชิม โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ได้รับการฝึกฝน จำนวน 30 คน โดยให้คะแนนความชอบ (9 - Point Hedonic Scale) จากคะแนน 1 (ไม่ชอบมากที่สุด) ถึง 9 (ชอบมากที่สุด) วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ยวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยวิธี ANOVA และหาความแตกต่างด้วย Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4. ศึกษาสมบัติทางกายภาพของสูตรชิฟฟอนเค้กพื้นฐานและชิฟฟอนเค้กใบมะรุม

โดยตรวจสอบสมบัติทางกายภาพของสูตรชิฟฟอนเค้กพื้นฐานและชิฟฟอนเค้กใบมะรุม ได้แก่ ค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี (Color meter) (ยี่ห้อ Minolta, รุ่น CR-10, ประเทศญี่ปุ่น) ซึ่งวัดค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) ค่าWater Activity ด้วยเครื่อง a_w (ยี่ห้อ AquaLab, รุ่น CX 3, ประเทศสหรัฐอเมริกา) และค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (ยี่ห้อ Stable Micro System, รุ่น TA.XT plus, ประเทศอังกฤษ) วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลโดยใช้ Independent Samples Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม SPSS

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของผงใบมะรุม

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายของผงใบมะรุม พบว่า ค่าสีปรากฏเป็นสีเขียว โดยมีค่าความสว่าง (L*) เท่ากับ 57.16±0.20 ความเป็นสีเขียว (a*) เท่ากับ -1.16±0.15 และความเป็นสีเหลือง (b*)เท่ากับ 16.26±0.01 ผงใบมะรุมมีค่า a_w เท่ากับ 0.62±0.16 (ตารางที่ 3) จะเห็นได้ว่า a_w ของผงใบมะรุมมีค่าต่ำกว่าค่า a_w ที่จุลินทรีย์เติบโตได้ดี (จุลินทรีย์เติบโตได้ดีในช่วง a_w ระหว่าง 0.88 – 0.96) ซึ่งจุลินทรีย์จะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ [6] สอดคล้องกับลักษณะปรากฏ ผงใบมะรุมมีความละเอียดเป็นผงแห้ง มีสีเขียวเข้มปานกลางคล้ายผงชาเขียว และมีกลิ่นเหม็นเขียวเฉพาะตัว

ตารางที่ 3 ผลวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของผงใบมะรุม

ปัจจัยคุณภาพ	ค่าเฉลี่ย
ค่าสี	
L*	57.16 ± 0.20
a*	-1.16 ± 0.15
b*	16.26 ± 0.01
ค่า a_w	0.62 ± 0.16

หมายเหตุ ค่า L* หมายถึง ค่าความสว่าง (ดำ = 0, ขาว = 100)
ค่า a* หมายถึง สีแดงหรือสีเขียว (+ สีแดง, - สีเขียว)
ค่า b* หมายถึง สีเหลืองหรือน้ำเงิน (+ สีเหลือง, - สีน้ำเงิน)



ภาพที่ 2 ผงใบมะรุม

2. ผลการศึกษาสูตรพื้นฐานของชิฟฟอนเค้ก

จากการศึกษาสูตรพื้นฐานของชิฟฟอนเค้กจำนวน 3 สูตร คือ สูตร 1, 2 และ 3 พบว่า สูตร 3 มีค่าคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงสุดในทุกด้าน ทั้งด้านสี กลิ่น รสชาติ การขึ้นฟูของเค้ก เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม (ตารางที่ 4) เนื่องมาจากสูตร 3 มีสัดส่วนปริมาณนมข้นจืด น้ำตาลทรายมากกว่าสูตร 2 และ 3 ส่งผลด้านกลิ่น รสที่ดี คือมีรสชาติหวานหอมกว่าสูตรอื่น ตลอดจนการผลิตชิฟฟอนเค้กเป็นวิธีการตีผสมแบบเกิดฟองหรือการขึ้นฟูด้วยไข่ขาวเป็นหลัก ซึ่งสูตร 3 มีปริมาณไข่ขาวที่ช่วยด้านการขึ้นฟูมากกว่าสูตรอื่นจึงส่งผลให้สูตร 3 มีความนุ่มฟูมากกว่าสูตรอื่นด้วย จึงคัดเลือกสูตร 3 เป็นสูตรพื้นฐานเพื่อทำการทดลองขั้นต่อไป

ตารางที่ 4 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของชิฟฟอนเค้ก ทั้ง 3 สูตร

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3
สี ^{ns}	7.46 ± 0.92	7.28 ± 1.04	7.53 ± 1.05
กลิ่น	6.94 ± 1.17^{b}	7.00 ± 1.13^{b}	7.50 ± 1.28^{a}
รสชาติ	7.31 ± 1.01^{b}	6.97 ± 0.93^{c}	8.21 ± 0.94^{a}
การขึ้นฟูของเค้ก	7.67 ± 0.95^{b}	7.10 ± 0.94^{c}	7.97 ± 1.03^{a}
เนื้อสัมผัส	7.45 ± 0.91^{b}	7.04 ± 0.95^{c}	7.96 ± 0.94^{a}
ความชอบโดยรวม	7.66 ± 0.84^{b}	7.18 ± 0.93^{c}	8.24 ± 0.91^{a}

หมายเหตุ $^{a-c}$ หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 3 ผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กทั้ง 3 สูตร

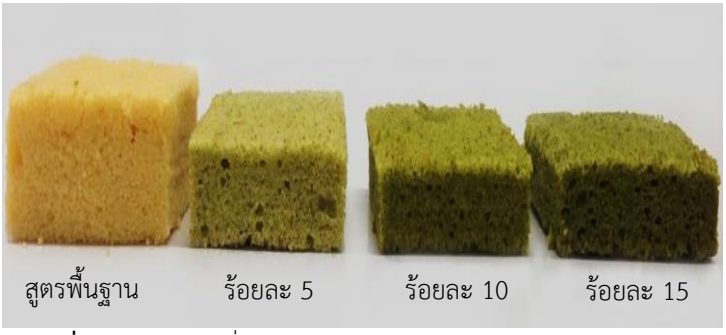
3. ผลการศึกษาปริมาณผงใบมะรุมทดแทนแป้งสาลีที่เหมาะสมในการผลิตชิฟฟอนเค้ก

ในการศึกษาปริมาณผงใบมะรุมทดแทนแป้งสาลีที่เหมาะสมในการผลิตชิฟฟอนเค้ก 3 ระดับ คือ ร้อยละ 5, 10, 15 และเปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน (ร้อยละ 0) พบว่า สูตรร้อยละ 5 ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสทุกด้านสูงสุด ในด้านความชอบด้านกลิ่น การขึ้นฟู เนื้อสัมผัส และความชอบด้านโดยรวมที่สุด และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสูตรพื้นฐาน($p > 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง ศึกษาปริมาณของใบมะรุมผงที่เหมาะสมที่เติมในผลิตภัณฑ์ขนมปัง[8] พบว่า ขนมปังที่เติมใบมะรุมผงร้อยละ 2.5 โดยน้ำหนักแป้งสาลี ได้คะแนนด้านกลิ่น รส และเนื้อสัมผัส ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสูตรพื้นฐาน ($p > 0.05$) จากผลการทดลองสังเกตได้ว่าการใช้ผงใบมะรุมทดแทนแป้งสาลีในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจะมีผล ทำให้แนวโน้มคะแนนระดับความชอบด้านกลิ่น รสชาติ การขึ้นฟู เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมีแนวโน้มลดลง ผลจากการเพิ่มปริมาณผงใบมะรุมมีผลทำให้ขนมเค้กมีกลิ่นเหม็นเขียวและรสชาติขมเพิ่มขึ้น ตลอดจนส่งผลต่อการขึ้นฟูน้อยลง และให้เนื้อสัมผัสแน่นขึ้น จึงเลือกสูตรร้อยละ 5 เป็นผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กใบมะรุม

ตารางที่ 5 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของชิฟฟอนเค้กที่มีปริมาณผงใบมะรุมทดแทนแป้งสาลีแตกต่างกัน

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	ปริมาณผงใบมะรุมในการทดแทนแป้งสาลี			
	สูตรพื้นฐาน (ร้อยละ 0)	ร้อยละ 5	ร้อยละ 10	ร้อยละ 15
สี	7.33 ± 0.99^{b}	7.66 ± 0.84^{ab}	7.86 ± 0.94^{a}	6.53 ± 0.81^{c}
กลิ่น	7.26 ± 0.82^{b}	7.76 ± 0.77^{a}	7.43 ± 0.89^{ab}	6.53 ± 0.68^{c}
รสชาติ	8.23 ± 0.82^{a}	8.10 ± 0.80^{ab}	7.70 ± 0.95^{b}	6.86 ± 0.89^{c}
การขึ้นฟู	8.40 ± 0.67^{a}	8.43 ± 0.56^{a}	7.00 ± 0.69^{b}	6.13 ± 0.81^{c}
เนื้อสัมผัส	8.43 ± 0.62^{a}	8.46 ± 0.62^{a}	7.20 ± 0.84^{b}	6.26 ± 0.63^{c}
ความชอบโดยรวม	8.23 ± 0.89^{a}	8.53 ± 0.57^{a}	7.43 ± 0.85^{b}	6.63 ± 0.61^{c}

หมายเหตุ $^{a-c}$ หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 4 ชิฟฟอนเค้กที่มีปริมาณผงใบมะรุมทดแทนแป้งสาลีแตกต่างกัน

4. ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของสูตรชิฟฟอนเค้กพื้นฐานและชิฟฟอนเค้กใบมะรุม

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ พบว่า ชิฟฟอนเค้กใบมะรุม (หรือสูตรร้อยละ 5) มีค่าความสว่างน้อยกว่าสูตรพื้นฐานหรือชิฟฟอนเค้ก (ค่า L* เท่ากับ 65.46 และ 75.60) มีความเป็นสีเขียวและสีเหลืองมากกว่าสูตรพื้นฐาน (ค่า a* เท่ากับ -1.96 และ 0.80 ค่า b* เท่ากับ 33.0 และ 24.20) สอดคล้องกับสีและปริมาณผงใบมะรุมที่ใช้ทดแทนแป้งสาลีในสูตรร้อยละ 5 มีค่า a_w ต่ำกว่าสูตรพื้นฐาน (a_w เท่ากับ 0.91 และ 0.92) มีค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) มากกว่าสูตรพื้นฐาน (Firmness เท่ากับ 158.03 และ 135.37 g) โดยทั้งค่าสี, a_w และความแน่นเนื้อไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยความแน่นเนื้อของสูตรทดแทนด้วยผงใบมะรุมที่เพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากปริมาณกลูเตนจากแป้งสาลีลดลง ทำให้เกิดโครงสร้างในชิฟฟอนลดลงตามปริมาณการทดแทนด้วยผงใบมะรุมที่เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ แต่เนื่องจากปริมาณผงใบมะรุมที่ทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 5 มีปริมาณไม่มาก ทำให้โครงสร้างการแน่นและการขึ้นฟูใกล้เคียงกับสูตรพื้นฐาน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยเรื่องผลของใยอาหารจากแกนสับปะรดต่อคุณภาพของชิฟฟอนเค้ก[(2)] พบว่า การทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารจากแกนสับปะรดใน ชิฟฟอนเค้กที่ร้อยละ 5 ทำให้ค่าความแน่นเนื้อและค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวมากกว่าสูตรพื้นฐาน (ร้อยละ 0) แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการเพิ่มใยอาหารจากแกนสับปะรดในปริมาณร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 ทำให้ค่าความแน่นเนื้อและค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($P \leq 0.05$) ค่าการเกาะตัวกันและความเป็นสปริงของชิฟฟอนเค้กไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

จากการพิจารณาผลการศึกษาปริมาณผงใบมะรุมในการทดแทนแป้งสาลี จากผลคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมพบว่า สูตรชิฟฟอนเค้กใบมะรุมหรือสูตรร้อยละ 5 ได้รับการยอมรับมากที่สุด และคุณสมบัติทางกายภาพ ที่ได้จาก

การวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือไม่แตกต่างจากสูตรพื้นฐาน และการเพิ่มปริมาณผงใบมะรุมมากขึ้นจะมีผลทำให้ลักษณะ ชิฟฟอนมีกลิ่นเหม็นเขียว รสขม และเนื้อสัมผัสแน่นมากขึ้น การขึ้นฟูน้อยลง ดังนั้นการใช้ผงใบมะรุมร้อยละ 5 ในการทดแทนแป้งสาลีเพื่อผลิตชิฟฟอนเค้กใบมะรุม จึงเป็นปริมาณที่เหมาะสมที่สุด

ตารางที่ 6 สมบัติทางกายภาพของสูตรชิฟฟอนเค้กพื้นฐานและชิฟฟอนเค้กใบมะรุม

ปัจจัยคุณภาพ	สูตรชิฟฟอนเค้กพื้นฐาน	สูตรชิฟฟอนเค้กใบมะรุม
ค่าสี		
L* ns	75.60 ± 0.45	65.46 ± 0.23
a* ns	-0.80 ± 0.20	-1.96 ± 0.55
b* ns	24.20 ± 1.00	33.0 ± 1.03
ค่า a_w ns	0.92 ± 0.00	0.91 ± 0.00
ค่าเนื้อสัมผัส		
Firmness (g) ns	135.37 ± 6.50	158.03 ± 5.72

หมายเหตุ ค่า L* หมายถึง ค่าความสว่าง (ดำ = 0, ขาว = 100)
a* หมายถึง สีแดงหรือสีเขียว (+ สีแดง, - สีเขียว)
b* หมายถึง สีเหลืองหรือน้ำเงิน (+ สีเหลือง, - สีน้ำเงิน)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

สรุป

1. ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของผงใบมะรุม พบว่า ค่าสีปรากฏเป็นสีเขียว โดยมีค่าความสว่าง (L*) เท่ากับ 57.16±0.20 ความเป็นสีเขียว (a*) เท่ากับ -1.16±0.15 และความเป็นสีเหลือง (b*) เท่ากับ 16.26±0.01 ผงใบมะรุมมีค่า a_w เท่ากับ 0.62±0.16 จะเห็นได้ว่าค่า a_w ของผงใบมะรุมมีค่าต่ำกว่าช่วง a_w ที่จุลินทรีย์เติบโตได้ดี (จุลินทรีย์เติบโตได้ดีอยู่ในช่วง a_w ระหว่าง 0.88 – 0.96) ซึ่งจุลินทรีย์จะไม่สามารถเจริญเติบโตได้

2. ผลการศึกษาสูตรพื้นฐานของชิฟฟอนเค้ก โดยการทดลองทั้งหมด 3 สูตร พบว่า สูตร 3 ได้รับการคัดเลือกเป็นสูตรพื้นฐาน เนื่องจากมีค่าคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงสุดในทุกด้าน ทั้งด้านสี กลิ่น รสชาติ การขึ้นฟูของเค้ก เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

3. ผลการศึกษาปริมาณผงใบมะรุมทดแทนแป้งสาลีที่เหมาะสมในการผลิตชิฟฟอนเค้ก 3 ระดับ คือ ร้อยละ 5, 10, 15 และเปรียบเทียบสูตรพื้นฐาน (สูตร 3) พบว่า สูตรร้อยละ 5 ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสทุกด้านสูงสุด ในด้านความชอบด้านกลิ่น การขึ้นฟู เนื้อสัมผัส และความชอบด้านโดยรวมที่สุด ส่วนด้านสีและรสชาติ สูตรร้อยละ 5 มีคะแนนความชอบไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) จึงคัดเลือกสูตรร้อยละ 5 เป็นสูตรชิฟฟอนเค้กใบมะรุม

4. สมบัติทางกายภาพของสูตรชิฟฟอนเค้กพื้นฐานและสูตรชิฟฟอนเค้กใบมะรุม พบว่า ชิฟฟอนเค้กใบมะรุม (สูตรร้อยละ 5) มีค่าความสว่างน้อยกว่าสูตรพื้นฐาน ซึ่งจุลินทรีย์จะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (ค่า L* เท่ากับ 65.46 และ 75.60) มีความเป็นสีเขียวและสีเหลืองมากกว่าสูตรพื้นฐาน (ค่า a* เท่ากับ -1.96 และ -0.08 ค่า b* เท่ากับ 33.0 และ 24.20) สอดคล้องกับสีและปริมาณผงใบมะรุมที่ใช้ทดแทนแป้งสาลี มีค่า a_w ต่ำกว่าสูตรพื้นฐาน (a_w เท่ากับ 0.91 และ 0.92) มีค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) มากกว่าสูตรพื้นฐาน (Firmness เท่ากับ 158.03 และ 135.37 g) โดยทั้งค่าสีค่า a_w และความแน่นเนื้อไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์และช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากหลักสูตรคหกรรมศาสตร์และคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ตลอดจนอุปกรณ์ในการทดลองในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. สนามชัย แพนดี, ไพโชค ปัญจะ และดรุณี ศรีชนะ. การวิเคราะห์หาปริมาณสารอาหารในใบมะรุม. ในรายงานการประชุมเครือข่ายวิชาการบัณฑิตศึกษาแห่งชาติครั้งที่ 1, 18 ธันวาคม 2555; มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต, กรุงเทพฯ; 2555. น.255-262.
2. อรรถพร แสงฉาย, กัญศิญา กาวีระ และกุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์. ผลของการเสริมใบมะรุมต่อคุณภาพของขนมปัง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 41, 3/1(พิเศษ) (2553): 349-352.
3. มิน คำแสงสุพร และคณะ. ตำราทำขนมจากแป้งสาลี เล่ม 3. กรุงเทพฯ: ยูเอฟเอ็ม เบคกิ้งสกูล; 2525.
4. ปูกะเอ. ชิฟฟอนวนิลา [อินเตอร์เน็ต]. 2554. [เข้าถึงเมื่อ 21 มีนาคม 2555] เข้าถึงได้จาก: http://www.bloggang.com/mainblog.php?id= close-to-heaven&month=21-03-2011&group=3&gblog=3,.
5. พัชรลักษณ์ วัฒนไชย. เอกสารประกอบการเรียนวิชาขนมอบ. หลักสูตรคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์; 2555.
6. สุมาลี เหลืองสกุล. จุลชีววิทยาทางอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร; 2535.

[AS-P23] การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซอสเพสโต้ใช้ใบหม่อนทดแทนใบโหระพา

Product Development of Pesto Sauce Using Mulberry Leaves Substituted for Sweet Basil

จุรีมาศ ดีอำมาตย์,* ธนะสักก์ กองแสงศรี, บุรินทร์ แดงโชติ และศรสุวรรณ สุขมูลศิริ
Jureemart Deeammart*, Tanasak Kongsangsri, Burin Deangchote and Sornsuwan Sukmoolsiri
หลักสูตรคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: jureemart@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซอสเพสโต้จากใบหม่อน ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาคัดเลือกสูตรพื้นฐานผลิตภัณฑ์ซอสเพสโต้ นำมาพัฒนาศึกษาผลิตภัณฑ์ซอสเพสโต้ใช้ใบหม่อนทดแทนใบโหระพา และการทดสอบทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ จากการทดลองพบว่า การพัฒนาซอสเพสโต้ด้วยใบหม่อนโดยกรรมวิธีคือ ทำการตัดโดยใช้ยอดใบหม่อนซึ่งนับจากยอดบนสุดของต้นลงมาไม่เกินชั้นที่ 3 เอาแกนกลางของใบออก ต้มในน้ำเดือดอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 5 นาที นำไปแช่น้ำอุณหภูมิห้อง 1 นาที จากนั้นนำมาบีบน้ำออก นำใบหม่อนทดแทนใบโหระพาในซอสเพสโต้ 4 ระดับคือ ร้อยละ100:0 (0 กรัม), 80:20 (15 กรัม), 60:40 (30 กรัม), 40:60 (45 กรัม) โดยคิดน้ำหนักจากใบโหระพาทั้งหมด (75 กรัม) ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9-point hedonic scale โดยสามารถใช้ใบหม่อนทดแทนใบโหระพาในซอสเพสโต้ได้ร้อยละ 60:40 เนื่องจากมีระดับคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านประสาทสัมผัสสูงสุด และยังคงลักษณะที่ดีของซอส แต่การเคลือบเส้นยังไม่สม่ำเสมอ จึงปรับเพิ่มน้ำมันมะกอก ซึ่งสามารถเพิ่มได้ร้อยละ 10 เพื่อให้มีความเงามัน ซอสกระจายตัวได้ดี เมื่อนำผลิตภัณฑ์มาวิเคราะห์ทางกายภาพ พบว่าด้านค่าสีของซอสเพสโต้ทดแทนด้วยใบหม่อนมีค่าความสว่างมากกว่าซอสเพสโต้สูตรพื้นฐาน ส่วนค่า a_w มีความแตกต่างกัน และค่าความหนืดมีมากกว่าซอสเพสโต้สูตรพื้นฐาน ซึ่งลักษณะของซอสเพสโต้ทดแทนด้วยใบหม่อนมีการกระจายตัวไม่จับตัวเป็นก้อน มีสีเขียวสว่าง กลิ่นใบโหระพาไม่ฉุน มีการเคลือบเส้นได้ดี มีรสชาติพอเหมาะ และยังคงคุณลักษณะที่ดีของซอสเพสโต้

คำสำคัญ: *ใบหม่อน, ใบโหระพา, ซอสเพสโต้, ซอส*, การทดแทน

Abstract

This research is the product development of pesto sauce using mulberry leaves substituted for sweet basil. The purpose of this study were to investigate basic recipes of pesto sauce using mulberry leaves instead of basil, and to study physical properties of the product. The result found that the selection of recipes 3 was the basic of pesto sauce. Preparation of mulberry leaves by using the mulberry leaf, which is counted from the top of the tree, not more than the third layer. Remove the core of the leaf. After that, boil in boiling water at temperature of 100 $^{\circ}$C for 5 minutes, take to soak at room temperature for 1 minute, and then squeeze the water out. Four recipes with different ratios (100:0, 80:20, 60:40 and 40:60) based on the weight of the basil. The research instruments were a 9-point Hedonic-Scale questionnaire whose data were analyzed by ANOVA to analyze the preference on sensory evaluation. The results mulberry leaves to replace basil portion was 60:40 had the highest average sensory evaluation. As a result, the still good appearance of the sauce, coating pasta, thickness, flavor and taste. But the coating is not uniform, therefore adding olive oil which can increase 10 percent in order to have a shiny, well-dispersed sauce. When testing the physical properties of the pesto sauce use mulberry leaves product, it was found that the product the color value of

the pesto sauce is substituted with mulberry leaves. The brightness is higher than the basic pesto sauce. The value is different. The viscosity is greater than the basic pesto sauce. Characteristics of the pesto sauce are substituted with mulberry leaves, with no fragmentation with bright green the smell of basil is not pungent. The pesto sauce with substituted mulberry leaves have good coating of pasta, good taste and still have good features of pesto sauce

Keywords: *mulberry leaves, sweet basil, pesto sauce, sauce, substitute*

บทนำ

ซอส (Sauce) เป็นของเหลวปรุงรสที่นิยมในครัวทั่วโลก เพื่อเป็นส่วนประกอบปรุงรสของอาหารตะวันตกโดยเฉพาะอย่างยิ่งครัวอาหารฝรั่งเศสที่เป็นต้นกำเนิดซอส โดยการนำส่วนผสมจากพืชมาบดให้เข้ากันจนมีลักษณะเหลวข้น แล้วนำไปผสมลงในอาหารเพื่อทำให้อาหารมีรสชาติเข้มข้นขึ้นSauce เป็นภาษาฝรั่งเศสที่มีรากศัพท์มาจากคำลาติน “Saltus” ซึ่งแปลว่า เค็ม และได้สะท้อนให้เห็นว่าซอส แต่เดิมยังคงทำหน้าที่ปรุงรสเค็มเป็นหลัก และภายหลังจึงมีการพัฒนารสชาติที่ซับซ้อนขึ้นด้วยนวัตกรรม 2 ประการคือ น้ำสลัด (Stock) และรูซ์ (Roux) ฝรั่งเศสมีซอสจำนวนมากกว่า 200ชนิด แต่ทั้งหมดแยกจากซอสพื้นฐาน (Mother Sauces หรือ Grand Sauces) เพียง 5 ประเภท คือซอสเบชาเมล (Bechamel หรือ White Sauce) ซอสเวลูเต (Veloute) บราวน์ซอสหรือเอสปาญอล (Espagnoie) ซอสฮอลลองเดซ (Hollandaise) และ มายองเนส (Mayonnaise) จากซอสพื้นฐานก็ได้มีการพัฒนาแต่งเติมจากซอสสูตรดั้งเดิมให้เป็นซอสชนิดใหม่ โดยการปรับเปลี่ยนหรือเพิ่มเติมส่วนผสมให้ได้รสและเนื้อซอสตามที่ต้องการ ซึ่งพบเห็นอย่างเด่นชัดในอาหารอิตาเลียนโดยการใช้ซอสพื้นฐานมาแต่งเติมวัตถุดิบที่ทำจาก Vegetable Furee ให้เป็นซอสชนิดใหม่ อาทิ ซอสมะเขือเทศ ซอสเพสโต้ และซอสที่ได้แต่งเติมเนื้อสัตว์ซึ่งมีกรรมวิธีที่พิถีพิถันมากขึ้นคือ ซอสรากู (Ragu) หรือซอสเนื้อสัตว์โบโลญญ่า จึงทำให้ซอสมีคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้น [(1)] และในอาหารอิตาเลียนนั้นก็มีลักษณะของอาหารที่ทานคู่กับซอสชนิดใหม่โดยใช้ซอสเป็นส่วนประกอบหลักหรือเครื่องเคียง อาทิ พิซซ่า มักกะโรนี และสปาเก็ตตี้ เป็นต้น ชาวอิตาเลียนได้มีการพัฒนาซอสสูตรดั้งเดิมให้เป็นซอสชนิดใหม่ตามลักษณะของวัตถุดิบท้องถิ่นที่หาได้ในปัจจุบัน ดังนั้นชาวอิตาเลียนจึงได้มีซอสที่เป็นเอกลักษณ์ตามลักษณะจากวัตถุดิบในท้องถิ่นที่รับประทานควบคู่กับพาสต้าที่เกิดจากการประดิษฐ์ต่อยอดจากซอสพื้นฐานให้เป็นซอสชนิดใหม่หลักๆ 5 ชนิด มีลักษณะดังนี้ ซอสมะเขือเทศ ซอสเนื้อ ซอสครีม ซอสน้ำมันมะกอก และซอสแบบคลุก[(2)] ส่วนหม่อนหรือมัลเบอร์รี (Mulberry) เป็นพืชสมุนไพรชนิดหนึ่งที่รู้จักกันดี โดยแพร่หลายเพราะนำมาปลูกเพื่อนำใบเป็นอาหารหลักที่จำเป็นต่อการเลี้ยงไหมประเภทไหมบ้าน (Domestic silkworm) หม่อนเป็นพืชยืนต้นเจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อนและเขตหนาว ปลูกได้ดีในดินทุกชนิดนอกเหนือจากดินที่มีการระบายน้ำได้ไม่ดีเท่าที่ควรหรือในพื้นที่ที่มีน้ำขัง และเป็นไม้ยืนต้นประเภทพุ่ม หม่อนได้แบ่งออกเป็น 2 สายพันธุ์ คือ พันธุ์หม่อนที่ปลูกใช้ใบหม่อนเพื่อเลี้ยงไหม White Mulberry (*Morus alba Linn.*) และพันธุ์หม่อนที่ปลูกใช้ผลหม่อนเพื่อรับประทานผลสด Black Mulberry (Morus nigra) หม่อนเป็นพืชที่มีคุณสมบัติมากมายสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้านอาทิ เช่น ด้านอาหาร ด้านอุตสาหกรรม ด้านเภสัชทางยา เพราะได้มีนักวิจัยชาวญี่ปุ่นได้ตรวจพบสารอาหาร สารพฤกษเคมี และกรดที่จำเป็นต่อร่างกาย อาทิเช่น ฟลาโวนอยด์ ไฟโตสเตอรอล แทนนิน กาเฟอีน กรดฟิโนลิก แอนโทไซยานิน และยังประกอบด้วยมีวิตามินแร่ธาตุต่างๆ เช่น โซเดียม แคลเซียม โพแทสเซียม เหล็ก วิตามินเอ วิตามินบี1 วิตามินซี และยังประกอบกับการให้รสชาติรสกลมกล่อมอีกด้วยเพราะเนื่องจากมีสาร GABA ซึ่งได้สกัดจากกรดอะมิโนกลูตามิก (glutamic acid) ซึ่งเป็นสารที่มีอยู่ในผงชูรส[(3)] โดยการวิจัยครั้งนี้จัดทำขึ้นเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซอสเพสโต้จากใบหม่อนเป็นการนำซอสเพสโต้เป็นซอสพื้นฐานซึ่งดั้งเดิมใช้ใบโหระพามาเป็นวัตถุดิบหลักและนำมาปรับเปลี่ยนใช้ใบหม่อนแทนใบโหระพา มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของพชร พิริยาพร[(4)] ซึ่งมีคุณค่าทางสารอาหารและมีประโยชน์ต่อร่างกายเช่น ช่วยป้องกันความดันโลหิตสูง ไขมันอุดตันในเส้นเลือด เป็นต้น ประกอบกับการให้รสชาติกลมกล่อมเนื่องจากมีสาร GABA เป็นองค์ประกอบ อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรไทยและเพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์เพื่อเป็นทางเลือกให้แก่ผู้บริโภค สอดคล้องกับงานวิจัยของสมโภช พจนพิมล[(2)]

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การคัดเลือกสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมของซอสเพสโต้

คัดเลือกสูตรพื้นฐานซอสเพสโต้โดยคัดเลือกจาก 3 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1[(5)] สูตรที่ 2[(6)] สูตรที่ 3[(7)] เป็นสูตรที่ได้รับความนิยมจาก www.Foodtravel.com (2559) นำมาทดลองเพื่อคัดเลือก 1 สูตร เป็นสูตรพื้นฐานประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้ความชอบ (9 – Point hedonic scale) 1 – 9 คะแนน จาก1 (ไม่ชอบมากที่สุด) ถึง 9 (ชอบมากที่สุด) มีการพิจารณาด้านลักษณะปรากกฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม วิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติร้อยละ 95 โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ทำการทดลอง 2 ซ้ำ สูตรที่ได้รับคะแนนการยอมรับมากที่สุด จะเลือกให้เป็นสูตรพื้นฐานซอสเพสโต้และเพื่อการพัฒนาต่อไป

2. การหาอัตราส่วนทดแทนใบหม่อนต่อใบโหระพาในซอสเพสโต้

นำซอสเพสโต้ที่ผ่านการคัดเลือกมาปรับปริมาณการทดแทนใบหม่อนโดยใช้ใบหม่อนพันธุ์นครราชศรีมา 60 โดยมีการเลือกใช้ใบหม่อนโดยนับจากใบที่ 1 ถึงใบที่ 3 จากยอดสุดลงมาซึ่งมีลักษณะสีเขียวอ่อนใบบางเส้นใยไม่แข็ง นำมาล้างทำความสะอาดและเอาแกนกลางออก นำไปต้มในน้ำร้อนใช้เวลา 5 นาที จากนั้นนำใบหม่อนทดแทนใบโหระพา 4 ระดับคือ ร้อยละ 0:100 (0 กรัม), 20:80 (15 กรัม), 40:60 (30 กรัม), 60:40 (45 กรัม) โดยคิดน้ำหนักจากใบโหระพา (75 กรัม) และ.ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสจะใช้เส้นพาสต้าในการทดสอบทางประสาทสัมผัส 8 กรัม และซอสเพสโต้ใบหม่อนทดแทนใบโหระพา 2 กรัม นำมาคลุกเคล้าให้เข้ากันจากนั้นนำมาทำการทดสอบในด้านลักษณะปรากฏ (การเคลือบเส้น) สีของซอส กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสของซอส และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ทำการทดสอบ 2 ซ้ำ ให้คะแนนแบบ 9- point hedonic scale ทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติร้อยละ 95

ตารางที่ 1 การหาปริมาณร้อยละใบโหระพาต่อใบหม่อน

ส่วนผสม	อัตราส่วนของใบโหระพาต่อใบหม่อน (กรัม)	
	ใบหม่อน	ใบโหระพา
0:100	-	75
20:80	15	60
40:60	30	45
60:20	45	30

3. การเพิ่มน้ำมันมะกอกในซอสเพสโต้โดยใช้ใบหม่อนทดแทนใบโหระพา

การเพิ่มน้ำมันมะกอกเป็นผลจากการทดสอบในข้อ 2. การเคลือบเส้นยังไม่สม่ำเสมอ การกระจายตัวน้อย และเกิดความเงามันที่ไม่เหมาะสมของซอส จึงปรับเพิ่มปริมาณน้ำมันมะกอกที่มีในส่วนผสมเป็น 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 คิดจากน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด (209 กรัม) ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสใช้เส้นพาสต้า 8 กรัม ซอสเพสโต้ใบหม่อนทดแทนใบโหระพา 2 กรัม จากนั้นทดสอบในด้านลักษณะปรากฏ (ความเงามัน) สีของซอส กลิ่น ความมันของซอสเนื้อสัมผัส (การเคลือบเส้น) และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คนทำการทดสอบ 2 ซ้ำ ให้คะแนนแบบ 9- point hedonic scale ทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติร้อยละ 95

ตารางที่ 2 การเพิ่มน้ำมันมะกอกในซอสเพสโต้โดยใช้ใบหม่อนทดแทนใบโหระพาทั้ง 4 ระดับ

ปริมาณ (ร้อยละ)	ปริมาณน้ำมันมะกอก (กรัม)
0	-
5	15
10	30
15	45

4. การทดสอบทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ซอสเพสโต้ใช้ใบหม่อนทดแทนใบโหระพา

ทดสอบทางกายภาพและเคมีของซอสเพสโต้โดยใช้ใบหม่อนทดแทนใบโหระพาโดยค่าสี ซึ่งวัดค่าความสว่าง (L) ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) ใช้เครื่องวัดสี ยี่ห้อ Minolta รุ่น R-10 ค่า water activity (a_w) ด้วยเครื่อง Termoconstanter รุ่น aqua lab CX 3 ค่า pH ทำการทดสอบ 5 ซ้ำ และค่าความหนืด โดยเครื่อง Rheo Meter ทำการทดสอบ 10 ซ้ำ และหาค่าเฉลี่ย

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการคัดเลือกสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมของซอสเพสโต้

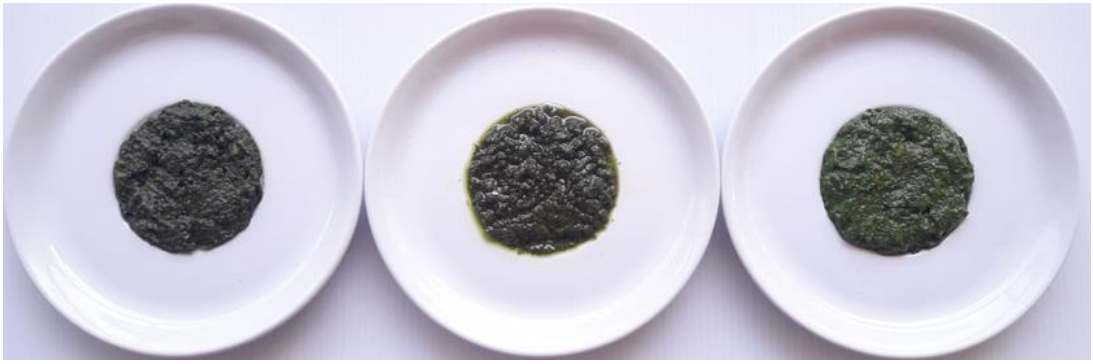
การคัดเลือกสูตรพื้นฐานซอสเพสโต้ทั้ง 3 สูตร นำมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ผลการทดสอบพบว่า ซอสเพสโต้ที่ผ่านการคัดเลือก คือ สูตรที่ 3 เนื่องจากมีคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านประสาทสัมผัสสูงสุด

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์การยอมรับทางประสาทสัมผัสของซอสเพสโต้สูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร

ปัจจัยคุณภาพ	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3
ลักษณะปรากฏ^{ns}	6.75 ± 1.60	6.81 ± 1.51	6.63 ± 1.50
สี	6.27^{b} ± 1.75	6.37^{b} ± 1.72	7.00^{a} ± 1.65
กลิ่น^{ns}	6.49 ± 2.00	6.42 ± 1.69	6.69 ± 1.53
รสชาติ^{ns}	6.44 ± 1.85	6.08 ± 1.89	6.06 ± 1.63
เนื้อสัมผัส^{ns}	6.57 ± 1.74	6.38 ± 1.81	6.40 ± 1.55
ความชอบโดยรวม^{ns}	6.62 ± 1.80	6.45 ± 1.84	6.81 ± 1.41

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

$^{a-b}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)



สูตรที่ 1 สูตรที่ 2 สูตรที่ 3

ภาพที่ 1 ซอสเพสโต้สูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร

2. ผลการหาอัตราส่วนทดแทนใบหม่อนต่อใบโหระพาในซอสเพสโต้

ซอสเพสโต้มีอัตราส่วนใบหม่อนต่อใบโหระพา 4 ระดับ ร้อยละ 0:100, 20:80, 40:60 และ 60:40 โดยคิดน้ำหนักจากใบโหระพา (75 กรัม) จากนั้นนำมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ (การเคลือบเส้น) สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ผลการทดสอบพบว่า สามารถใช้ใบหม่อนทดแทนใบโหระพาในซอสเพสโต้ที่ร้อยละ 40:60 เนื่องจากมีคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านประสาทสัมผัสสูงสุด อีกทั้งยังคงลักษณะที่ดีของซอส

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์การยอมรับทางประสาทสัมผัสของการทดแทนใบหม่อนในซอสเพสโต้ทั้ง 4 ระดับ

ปัจจัยคุณภาพ	อัตราส่วนใบหม่อนต่อใบโหรพา (ร้อยละ)			
	0:100	20:80	40:60	60:40
ลักษณะปรากฏ (การเคลือบเส้น)	7.37^{a}±0.999	7.13^{a}±1.01	7.33^{a}±0.958	6.53^{b}±1.22
สี	7.27^{a}±1.08	7.27^{a}±0.980	6.97^{ab}±1.13	6.60^{b}±1.16
กลิ่น	7.13^{a}±1.41	7.20^{a}±1.03	7.03^{a}±1.03	6.63^{b}±1.13
รสชาติ	7.13^{a}±1.22	7.03^{a}±1.40	7.03^{a}±1.03	6.66^{b}±1.62
เนื้อสัมผัส	7.30^{a}±1.20	7.10^{a}±0.922	6.80^{a}±1.32	6.17^{b}±1.31
ความชอบโดยรวม	7.20^{a}±1.21	7.30^{a}±1.23	7.23^{a}±0.897	6.56^{b}±1.25

หมายเหตุ $^{a-b}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)



ร้อยละ 100:0 ร้อยละ 80:20 ร้อยละ 60:40 ร้อยละ 40:60

ภาพที่ 2 ซอสเพสโต้ทดแทนด้วยใบหม่อนทั้ง 4 ระดับ

3. การเพิ่มน้ำมันมะกอกในซอสเพสโต้โดยใช้ใบหม่อนทดแทนใบโหระพา

การเพิ่มน้ำมันมะกอกในซอสเพสโต้มี 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 คิดจากน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด (209 กรัม) จากนั้นนำมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ (ความเงามัน) สีของซอส กลิ่นของซอส ความมันของซอส เนื้อสัมผัส (การเคลือบเส้น) และความชอบโดยรวม ผลการทดสอบพบว่า สามารถเพิ่มน้ำมันมะกอกได้ร้อยละ 10 ในซอสเพสโต้ เนื่องจากการเพิ่มน้ำมันมะกอกในอัตราส่วนที่เหมาะสมมีผลทำให้สีที่สว่างขึ้น มีความเงามัน และเนื้อซอสกระจายตัวได้ดี และยังคงลักษณะที่ดีของซอส จึงทำให้ได้รับการยอมรับมากที่สุด

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์การยอมรับทางประสาทสัมผัสของซอสเพสโต้เพิ่มน้ำมันมะกอกทั้ง 4 ระดับ

ปัจจัยคุณภาพ	การเพิ่มน้ำมันมะกอก (ร้อยละ)			
	0	5	10	15
ลักษณะปรากฏ (ความเงามัน)	6.75^{b}±1.56	7.00^{b}±1.10	7.63^{a}±1.10	7.38^{a}±1.01
สีของซอส	6.77^{b}±1.12	6.93^{b}±0.971	7.45^{a}±1.03	7.27^{a}±0.971
กลิ่นของซอส	6.95^{c}±1.29	7.10^{bc}±0.986	7.52^{a}±0.999	7.37^{ab}±1.25
ความมันของซอส	6.65^{b}±1.19	6.72^{b}±0.903	7.42^{a}±1.14	7.32^{a}±1.06
เนื้อสัมผัสซอส (การเคลือบเส้น)	6.80^{c}±1.04	7.07^{bc}±0.841	7.70^{a}±0.975	7.25^{b}±1.11
ความชอบโดยรวม	6.90^{c}±1.07	7.23^{bc}±0.945	7.73^{a}±1.04	7.47^{ab}±1.11

หมายเหตุ $^{a-c}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)



ร้อยละ 0 ร้อยละ 5 ร้อยละ 10 ร้อยละ 15

ภาพที่ 3 ซอสเพสโต้เพิ่มปริมาณน้ำมันมะกอก 4 ระดับ

4. ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ซอสเพสโต้สูตรพื้นฐานและซอสเพสโต้ใบหม่อน

จากการทดสอบกายภาพและเคมี โดยซอสเพสโต้ทดแทนด้วยใบหม่อนเปรียบเทียบกับซอสเพสโต้สูตรพื้นฐาน พบว่าผลการทดสอบค่าสี มีค่าความสว่าง (L) มากกว่า และสีเขียวเข้มกว่าซอสเพสโต้สูตรพื้นฐาน เนื่องจากมีการเพิ่มปริมาณน้ำมันมะกอกและใบหม่อนลงไปในส่วนผสม จึงทำให้ซอสเพสโต้ทดแทนด้วยใบหม่อนมีค่าสีเขียว ($-a^{*}$) และค่าสีเหลือง (b^{*}) เพิ่มมากขึ้น ส่วนค่า a_w และค่า pH มีความแตกต่างกัน ส่วนค่าความหนืดของซอสเพสโต้ทดแทนด้วยใบหม่อนน้อยกว่าสูตรพื้นฐาน เนื่องจากได้มีการเพิ่มปริมาณน้ำมันมะกอก จึงทำให้ความหนืดของตัวซอสน้อยลง

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพกายภาพของผลิตภัณฑ์ซอสเพสโต้สูตรพื้นฐานและซอสเพสโต้ทดแทนด้วยใบหม่อน

คุณภาพทางกายภาพ	ซอสเพสโต้สูตรพื้นฐาน	ซอสเพสโต้ทดแทนด้วยใบหม่อน
ค่าสี		
L	48.82 ± 0.16^{b}	50.96 ± 0.48^{a}
a^{*}	-11.66 ± 0.20^{b}	-11.96 ± 0.34^{a}
b^{*}	23.34 ± 0.51^{b}	23.90 ± 0.68^{a}
ค่า a_w	0.96 ± 0.00^{ns}	0.97 ± 0.00^{ns}
ค่าความหนืด (viscosity)	1.61 ± 0.10^{a}	1.41 ± 0.09^{b}
ค่า pH	5.54 ± 0.05^{ns}	5.52 ± 0.03^{ns}

สรุป

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซอสเพสโต้ใช้ใบหม่อนทดแทนใบโหระพา ได้ทำการทดสอบสูตรพื้นฐานที่ผ่านการคัดเลือกคือ สูตร 3 สามารถใช้ใบหม่อนทดแทนใบโหระพาได้ร้อยละ 40:60 คิดจากน้ำหนักใบโหระพาทั้งหมด และเพิ่มปริมาณน้ำมันกะกอกได้ร้อยละ 10 เพื่อมีความเงามัน เนื้อซอสกระจายตัวได้ดี และยังคงคุณลักษณะที่ดีของซอส อีกทั้งมีการวิเคราะห์คุณภาพกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์ซอสเพสโต้สูตรพื้นฐานและซอสเพสโต้ทดแทนด้วยใบหม่อน มีค่าสีแตกต่างกันเนื่องจากมีการผสมน้ำมันมะกอกเพิ่มขึ้น ทำให้สีมีความชัดเจนในแต่ละดับ ส่วนค่า a_w และค่า pH ไม่แตกต่างกัน เนื่องจากซอสมีลักษณะเป็นซอสสดทำให้ยังคงปริมาณน้ำอิสระอยู่ และค่า pH อยู่ในระดับกลาง มีผลต่ออายุการเก็บรักษา ผลการทดสอบจึงความสอดคล้องกัน และค่าความหนืดมีความแตกต่าง เนื่องจากในสูตรที่ผ่านการพัฒนาแล้วมีปริมาณน้ำมันมะกอกเพิ่มขึ้นทำให้ความหนืดลดลงเกิดการกระจายตัวเคลือบเส้นได้เหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

1. ทวีทอง หงษ์วิวัฒน์. น้ำสลัดและซอส. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แสงแดด; 2551.
2. สมโภช พจนพิมล. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซอสกะเพรา. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต. 2552; 17(1): 40-54.
3. กรมหม่อนไหม, 2555. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการหม่อนไหมประจำปี 2555; 2-4 ก.ค. 2555. โรงแรมเอเชีย แอร์พอร์ต. กรมหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ; 2555.
4. พชร พิริยาพร. การผลิตซอสฆอและ. วารสารวิทยาลัยดุสิตธานี. 2558; 9(2): 2-23.
5. ปรีดา เหตระกูล. PASTA. กรุงเทพฯ: แม่บ้าน; 2553.
6. ระริน อุทกะพันธุ์. พาสต้าโฮมเมด. กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง; 2557.
7. Foodtravel.tv. ซอสเพสโต้ [อินเทอร์เน็ต]. 2559. [เข้าถึงเมื่อ 3 พ.ค. 2561] เข้าถึงได้จาก: http://www.foodtravel.tv/recipe.aspx?viewid=3642,

[AS-P24] การใช้ข้าวโพดหวานทดแทนถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลือง

Using Sweet Corn to Substitute Soybean in Soy Milk Product

สินีนาถ สุขทนารักษ์* และ ปรเมธ กระศิริ
Sineenart Sukthanaruk* and Poramate Krasiri
หลักสูตรคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: sineenart4@gmail.com*

บทคัดย่อ

น้ำนมถั่วเหลืองเป็นเครื่องดื่มชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคเนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง แต่น้ำนมถั่วเหลืองมีความหนืด อาจส่งผลต่อความชอบของผู้บริโภค งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนข้าวโพดหวานที่เหมาะสมในการทดแทนถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองเพื่อปรับปรุงคุณภาพด้านความหนืดของผลิตภัณฑ์ ทำการศึกษาอัตราส่วนระหว่างถั่วเหลืองต่อข้าวโพดหวานทั้งหมด 4 อัตราส่วน คือ 100:0, 80:20, 60:40 และ 40:60 ทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า อัตราส่วนระหว่างถั่วเหลืองต่อข้าวโพดที่อัตราส่วน 80:20 ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ ความหนืด และความชอบโดยรวมมากที่สุด แต่อัตราส่วนระหว่างถั่วเหลืองต่อข้าวโพดหวานที่ 80:20 และ 60:40 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนำสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) จึงอาจกล่าวได้ว่า อัตราส่วนระหว่างถั่วเหลืองต่อข้าวโพดหวานที่ 60:40 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการนำข้าวโพดหวานมาทดแทนถั่วเหลือง เนื่องจากเป็นปริมาณที่สูงสุดในการนำข้าวโพดหวานมาทดแทนถั่วเหลือง หลังจากนั้นนำอัตราส่วนระหว่างถั่วเหลืองต่อข้าวโพดหวานทั้งหมด 4 อัตราส่วน มาวิเคราะห์ค่าสีและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ซึ่งพบว่าถ้าอัตราส่วนของข้าวโพดหวานที่เพิ่มมากขึ้น จะส่งผลต่อค่าความหวานและค่าสีของผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลือง

คำสำคัญ: *น้ำนมถั่วเหลือง, ข้าวโพดหวาน, ถั่วเหลือง,*

Abstract

Soy milk is one of beverages that has been popular with consumers because of its high nutritional value. The viscosity of soy milk may affect with the consumer preferences. This purpose of this research was to study the effect of sweet corn substitution with soybean in soy milk product. The ratio between soybean and sweet corn at 4 levels (100:0, 80:20, 60:40 and 40:60) were studied though consumer acceptance by sensory evaluation. The result showed that the most panelists accepted the ratio between soybean and sweet corn at 80:20 in term of appearance, smell, taste, viscosity and overall liking. The ratio between soybean and sweet corn at 80:20 and 60:40 was no significant differences ($p>0.05$). The ratio between soybean and sweet corn at 60:40 is the appropriate ratio for the replacement of sweet corn for soybean because that particular ratio between soybean and sweet corn is the highest amount of sweet corn to replace soybean. After that, the ratio between soybean and sweet corn at 4 levels were analyzed to determine color and soluble solids content. The result showed that the ratio of high value sweet corn will affect the sweetness and color values of soy milk product.

Keywords: *soy milk, sweet corn, soybean*

บทนำ

ในปัจจุบันน้ำนมถั่วเหลืองเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภค ผู้คนนิยมดื่มน้ำนมถั่วเหลืองกันอย่างแพร่หลาย เพราะในนมถั่วเหลืองนั้นประกอบไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการมากมาย มีโปรตีนสูง เมื่อดื่มนมถั่วเหลืองเข้าไปจะทำให้อยู่ท้องได้นาน นมถั่วเหลืองมีส่วนช่วยในการลดระดับคอเลสเตอรอลชนิดไม่ดีในร่างกาย และยังสามารถลดระดับไตกลีเซอไรด์หรือกรดไขมันตามเส้นเลือดและหลอดเลือดได้ดี มีสารต้านอนุมูลอิสระ ป้องกันโรคกระดูกพรุน แก้ปัญหาท้องผูกและป้องกันโรคนิ่วได้อีกด้วย จากประโยชน์ที่กล่าวมาจะพบว่านมถั่วเหลืองมีประโยชน์มากมาย แต่ปัญหาสำคัญคือ ผู้บริโภคอาจไม่ชอบกลิ่นของถั่วเหลือง และคุณลักษณะของน้ำนมถั่วเหลืองทั่วไปจะมีความหนืด ซึ่งอาจส่งผลต่อความชอบของผู้บริโภค ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดนำข้าวโพดหวานเข้าไปทดแทนถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลือง ซึ่งข้าวโพดหวานมีกลิ่นหอมและรสหวาน[1] นอกจากนี้ข้าวโพดหวานยังมีประโยชน์ทางโภชนาการ โดยนมข้าวโพด 100 กรัม มีวิตามินเอ 2.4 IU, วิตามิน B_1 0.020 มิลลิกรัม, วิตามิน B_2 0.030 มิลลิกรัม, วิตามิน B_6 0.020 มิลลิกรัม, วิตามินซี 3.7 มิลลิกรัม และไนอาซิน 0.520 มิลลิกรัม มีคลอเรสเตอรอลและไขมันอิ่มตัวต่ำ[2] สำหรับในงานวิจัยนี้ จะทำการศึกษาอัตราส่วนข้าวโพดหวานที่เหมาะสมในการทดแทนถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลือง เพื่อเป็นเพื่อเป็นการพัฒนาลักษณะความหนืด และสีของน้ำนมถั่วเหลืองให้มีลักษณะที่ดีขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง

เตรียมน้ำนมถั่วเหลือง โดยดัดแปลงจากสูตรน้ำนมถั่วเหลือง[3] โดยขั้นตอนการเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง คือ นำถั่วเหลืองไปแช่น้ำประมาณ 8-12 ชั่วโมง ล้างให้สะอาดด้วยน้ำเปล่า 3-4 ครั้ง นำถั่วเหลืองมาปั่นรวมกับน้ำที่เตรียมไว้ให้ละเอียด แล้วกรองเอากากออกด้วยผ้าขาวบาง หลังจากนั้นนำน้ำนมถั่วเหลืองที่ผ่านการกรองเอากากออกมาต้มจนเดือด นำหม้อแสตนเลสอีกใบใส่น้ำนมถั่วเหลืองที่ปั่นแล้วแยกกากออก มาหล่อไว้บนหม้อที่น้ำต้มเดือด ใช้ทัพพีคนตลอดเวลา เพื่อไม่ให้น้ำถั่วเหลืองไหม้ระหว่างการต้ม ค่อยๆ เติมน้ำตาลลงไป เมื่อเดือดแล้ว ทิ้งให้เย็นหลังจากนั้นวัดค่าความหวานของน้ำนมถั่วเหลืองด้วยเครื่องรีแฟคโตมิเตอร์

2. ศึกษาอัตราส่วนข้าวโพดหวานที่เหมาะสมในการทดแทนถั่วเหลือง

การศึกษาอัตราส่วนข้าวโพดหวานที่เหมาะสมในการทดแทนถั่วเหลือง จะทำโดยการนำข้าวโพดมาแกะทีละเม็ด แล้วนำมาชั่งน้ำหนักให้ได้ตามอัตราส่วนที่จะศึกษา โดยจะศึกษาอัตราส่วนข้าวโพดหวานที่เหมาะสมในการทดแทนถั่วเหลือง 4 อัตราส่วน คือ 100:0, 80:20, 60:40, 40:60 ซึ่งอัตราส่วนทั้ง 4 อัตราส่วน แสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณการทดแทนถั่วเหลืองด้วยข้าวโพดหวาน 4 อัตราส่วน

วัตถุดิบ	อัตราส่วนระหว่างถั่วเหลือง : ข้าวโพดหวาน			
	100 : 0	80 : 20	60 : 40	40 : 60
ถั่วเหลือง	500	400	300	200
ข้าวโพด	0	100	200	300
น้ำเปล่า	1000	1000	1000	1000
น้ำตาล	60	60	60	60

ทำการคัดเลือกคุณภาพการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยใช้แบบทดสอบ 9 - point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9 = ชอบมากที่สุด) กับผู้ชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน เพื่อคัดเลือกอัตราส่วนระหว่างถั่วเหลืองและข้าวโพดหวานที่เหมาะสมที่สุด ในขั้นตอนการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส จะใส่ตัวอย่างน้ำนมถั่วเหลืองลงไปในแก้วชิมพลาสติกใน

ปริมาตร 25 มิลลิลิตร โดยน้ำนมถั่วเหลืองจะต้องนำมาอุ่นให้มีอุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส จากนั้นนำอัตราส่วนระหว่างถั่วเหลืองและข้าวโพดหวานทั้งหมด 4 อัตราส่วน มาตรวจสอบปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ด้วยเครื่อง Hand-Held Refractometer ยี่ห้อ ATAGO และวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี ยี่ห้อ Minotta รุ่น CR 10

3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบคุณภาพการยอมรับทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ Random Complete Block Design (RCBD) โดยนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี ANOVA เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple test ที่ระดับความเชื่อมั่นอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์สำเร็จรูปทางสถิติ ยกเว้นการทดสอบทางด้านค่าสี วางแผนการทดลองแบบ Complete randomize design (CRD)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาอัตราส่วนข้าวโพดหวานที่เหมาะสมในการทดแทนถั่วเหลือง

ผลการศึกษาอัตราส่วนข้าวโพดที่หวานเหมาะสมในการทดแทนถั่วเหลือง จะทำโดยการศึกษาอัตราส่วนระหว่างถั่วเหลืองและข้าวโพดหวาน 4 อัตราส่วน คือ 100:0, 80:20, 60:40 และ 40:60 ซึ่งผลการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสอัตราส่วนข้าวโพดหวานที่เหมาะสมในการทดแทนถั่วเหลืองแสดงได้ดังตารางที่ 2 จากตารางที่ 2 พบว่า อัตราส่วนระหว่างถั่วเหลืองต่อข้าวโพดหวานที่อัตราส่วน 100:0 มีความแตกต่างกับอัตราส่วนระหว่างถั่วเหลืองต่อข้าวโพดหวานที่อัตราส่วน 80:20, 60:40 และ 40:60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากปริมาณข้าวโพดหวานที่นำมาทดแทนถั่วเหลือง ส่งผลต่อคุณลักษณะด้านความหนืดของผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลือง โดยผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุด คือ อัตราส่วนระหว่างถั่วเหลืองต่อข้าวโพดหวานที่อัตราส่วน 80:20 มากที่สุด แต่อัตราส่วนระหว่างถั่วเหลืองต่อข้าวโพดหวานที่อัตราส่วน 80:20 และ 60:40 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความหนืด และความชอบโดยรวม นั่นอาจกล่าวได้ว่า อัตราส่วนที่ระหว่างถั่วเหลืองต่อข้าวโพดหวานที่อัตราส่วน 60:40 เป็นอัตราส่วนที่สามารถใช้ข้าวโพดหวานทดแทนถั่วเหลืองได้ในปริมาณสูงสุด จึงกล่าวได้ว่าอัตราส่วนข้าวโพดหวานที่เหมาะสมในการทดแทนถั่วเหลือง คือ อัตราส่วนถั่วเหลืองต่อข้าวโพดหวานที่อัตราส่วน 60:40 แต่ถ้าเพิ่มอัตราส่วนข้าวโพดหวานมากขึ้น คือ ที่อัตราส่วนระหว่างถั่วเหลืองต่อข้าวโพดหวานที่อัตราส่วน 40:60 พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสน้อยลง นั่นเป็นเพราะว่าปริมาณข้าวโพดหวานที่มากเกินไปส่งผลต่อผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองทั้งด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความหนืด และความชอบโดยรวม

ตารางที่ 2 ผลการยอมรับคุณทางประสาทสัมผัสในการศึกษาอัตราส่วนระหว่างถั่วเหลืองต่อข้าวโพดหวาน

ปัจจัยคุณภาพ	อัตราส่วนระหว่างถั่วเหลือง : ข้าวโพดหวาน			
	100 : 0	80 : 20	60 : 40	40 : 60
ลักษณะปรากฏ	6.72±1.3[b]	7.83±0.92[a]	7.55±0.99[a]	6.61±1.11[b]
สี	6.69±1.10[b]	7.50±0.96[a]	7.75±1.04[a]	6.88±1.12[b]
กลิ่น (ข้าวโพด)	6.58±1.23[b]	7.56±1.02[a]	7.42±0.99[a]	6.64±1.13[b]
กลิ่น (ถั่วเหลือง)	6.80±1.36[b]	7.33±1.11[a]	7.31±0.99[a]	6.58±1.19[b]
รสชาติ	6.70±1.22[b]	7.73±1.11[a]	7.66±1.08[a]	6.45±1.13[b]
ความหนืด	6.69±1.48[b]	7.28±1.19[a]	7.27±1.12[a]	6.53±1.13[b]
ความชอบโดยรวม	6.66±1.27[b]	7.91±0.96[a]	7.63±1.02[a]	6.55±0.96[b]

หมายเหตุ [a-b] หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 3 ผลการวัดค่าสีและปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ในผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลือง

ปัจจัยคุณภาพ	อัตราส่วนระหว่างนมถั่วเหลือง : ข้าวโพดหวาน			
	100 : 0	80 : 20	60 : 40	40 : 60
ค่าสี				
L	72.97±0.06[a]	72.37±0.06[b]	71.47±0.06[c]	71.33±0.12[c]
a*	-1.87±0.06[a]	-2.27±0.06[b]	-3.10±0.1[c]	-3.90±0.1[d]
b*	19.43±0.21[c]	20.47±0.29[b]	20.63±0.06[b]	21.03±0.15[a]
ค่า Brix°	15	15	16	16

หมายเหตุ ค่า L หมายถึง ค่าความสว่าง (ดำ = 0, ขาว = 100)
ค่า a* หมายถึง สีแดงหรือสีเขียว (+สีแดง,-สีเขียว)
ค่า b* หมายถึง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน (+สีเหลือง,-สีน้ำเงิน)

จากตารางที่ 3 แสดงผลการวัดค่าสีและปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ โดยพบว่าอัตราส่วนระหว่างถั่วเหลืองต่อข้าวโพดหวานที่อัตราส่วน 100 : 0 มีค่า L ซึ่งแตกต่างกับอัตราส่วนที่ระดับ 40:60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากอัตราส่วนที่ 100:0 ไม่มีข้าวโพดหวานเป็นส่วนผสม ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าสีของข้าวโพดหวานส่งผลต่อความค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ ค่า b* แสดงค่าความเป็นสีเหลือง พบว่าอัตราส่วนระหว่างถั่วเหลืองต่อข้าวโพดหวานที่อัตราส่วน 40:60 มีความแตกต่างกับอัตราส่วนที่ 100:0, 80:20, 60:40 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากได้มีการผสมข้าวโพดหวานลงไปในอัตราส่วนที่มากกว่าถั่วเหลือง ซึ่งสีของข้าวโพดหวานมีสีเหลือง จึงส่งผลต่อค่า b* จากการวิเคราะห์ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ พบว่า อัตราส่วนที่ 100:0 มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ที่ 15 °Brix ในขณะที่อัตราส่วน 40:60 มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ที่ 16 °Brix จากผลการทดลอง จะเห็นได้ว่าถ้าเพิ่มปริมาณข้าวโพดหวาน จะส่งผลต่อค่าความหวานของผลิตภัณฑ์ โดยข้าวโพดหวานเป็นข้าวโพดที่น้ำตาลในเมล็ดเปลี่ยนไปเป็นแป้งไม่สมบูรณ์ จึงทำให้เมล็ดข้าวโพดมีความหวาน[4]



ภาพที่ 1 แสดงผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองทั้ง 4 อัตราส่วน; อัตราส่วนระหว่างถั่วเหลืองต่อข้าวโพด: (a) 100:0, (b) 80:20, (c) 60:40 และ (d) 40:60

จากภาพที่ 1 แสดงผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองทั้ง 4 อัตราส่วน คือ อัตราส่วนระหว่างถั่วเหลืองต่อข้าวโพดหวาน 100 : 0, 80 : 20, 60 : 40 และ 40 : 60 พบว่า เมื่อใส่ข้าวโพดหวานลงไปในน้ำนมถั่วเหลืองในแต่ละอัตราส่วน ได้มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านสีของนมถั่วเหลืองโดยสีจะออกเป็นเหลืองมากขึ้นตามปริมาณอัตราส่วนของข้าวโพดอย่างเห็นได้ชัดเจน นอกจากนี้ปริมาณของข้าวโพดหวานยังส่งผลต่อกลิ่นของผลิตภัณฑ์อีกด้วย

สรุป

การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทดแทนถั่วเหลืองด้วยข้าวโพดหวานในผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลือง ทำการทดลองโดยใช้อัตราส่วนระหว่างถั่วเหลืองต่อข้าวโพดหวาน 4 อัตราส่วน คือ 100:0, 80:40, 60:40 และ 40:60 พบว่า อัตราส่วนที่ 80:20 นั้น ผู้ชิมให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด รองลงมาเป็นอัตราส่วนที่ 60: 40 แต่อัตราส่วนที่ 80:20 และ 60:40 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังนั้นตราส่วนที่ 60:40 จึงเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมมากที่สุดในการทดแทนถั่วเหลืองด้วยข้าวโพดหวาน เนื่องจากอัตราส่วนที่ 60:40 เป็นอัตราส่วนที่สามารถใช้ข้าวโพดหวานทดแทนถั่วเหลืองได้ในปริมาณสูงสุด โดยที่ผู้ชิมยังให้คะแนนการยอมรับคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส หลังจากนั้น นำไปวิเคราะห์ค่าสี พบว่า ถ้าปริมาณข้าวโพดเพิ่มมากขึ้น จะส่งผลต่อค่า b* เนื่องจากสีของข้าวโพดเป็นสีเหลือง จึงทำให้ผลิตภัณฑ์อัตราส่วนที่ 40:60 มีค่าความเป็นสีเหลืองมากที่สุด นอกจากนี้ปริมาณข้าวโพดหวานยังส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความหวานมากขึ้นด้วย เนื่องจากลักษณะของถั่วเหลืองจะมีความเป็นแป้งมากกว่าข้าวโพดและมีความหวานน้อยกว่าข้าวโพด จึงทำให้สูตรที่มีอัตราส่วน 100:0 มีค่าความหวานน้อยที่สุด

เอกสารอ้างอิง

1. Tri Indrarini Wirjantoro และอภิรักษ์ เพียรมงคล. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โยเกิร์ตน้ำข้าวโพด: ผลิตภัณฑ์อาหารเสริม. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยชัยงใหม่. 2548.
2. กรมวิชาการกษตร. เอกสารวิชาการเล่ม 4 ข้าวโพด. กรุงเทพ; ธนะประดิษฐ์การพิมพ์. 2542.
3. Food traval. น้ำเต้าหู้ [อินเตอร์เน็ท]. [เข้าถึงเมื่อ 15 ตุลาคม 2561] เข้าถึงได้จาก http://www.foodtravel.tv/recipe.aspx?viewid=1278.
4. สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ข้าวโพด. [อินเตอร์เน็ท]. 2561. [เข้าถึงเมื่อ 19 มีนาคม 2561] เข้าถึงได้จาก http://siweb.dss.go.th/repack/fulltext/IR47.pdf.

[AS-P26] การพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมพริกลดน้ำตาล

Development of Reduced-sugar Chili Jam

เบญจางค์ อัจฉริยะโพธา,* อาทิตยา ณ นคร, อาภัสรา วงษ์มา และณัฐวัฒ ทรัพหิรัญ
Benjang Aschariyaphotha*, Artitaya Na nakorn, Apatsara Wongma and Natthawat Suphirun
หลักสูตรคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: benjang@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมพริกลดน้ำตาลเพื่อส่งเสริมการมีสุขภาพที่ดีและสร้างผลิตภัณฑ์ที่ความแปลกใหม่ให้กับผู้บริโภค งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรพื้นฐานของแยมพริก การลดปริมาณน้ำตาลทดแทนด้วยสารซูคราโลสในแยมพริก ปริมาณเพคตินในแยมพริกลดน้ำตาล และศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของแยมพริกลดน้ำตาล จากการศึกษาสูตรพื้นฐาน พบว่า สูตร D ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมในทุกด้านมากที่สุด จึงคัดเลือกสูตร D เป็นสูตรพื้นฐาน เมื่อนำมาศึกษาปริมาณสารซูคราโลสทดแทนน้ำตาลในแยมพริก โดยการลดน้ำตาลทรายและทดแทนด้วยสารซูคราโลส (โดยเทียบเป็นความหวานสัมพัทธ์) 3 ระดับ คือ ร้อยละ 15, 30 และ 45 ของปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และเปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน พบว่า สูตรร้อยละ15 ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัส ไม่แตกต่างกับสูตรพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในด้านสี กลิ่น รสหวาน เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม เมื่อนำสูตรร้อยละ15 มาปรับปรุงเนื้อสัมผัส โดยศึกษาปริมาณเพคติน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 1.50, 1.75, 2.00 ของสูตรร้อยละ15 และเปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน พบว่า สูตรร้อยละ 1.75 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบมากที่สุดในทุกด้าน ทั้งด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) กับทุกสูตร จึงคัดเลือกสูตรร้อยละ 1.75 เป็นผลิตภัณฑ์แยมพริกลดน้ำตาล ประกอบด้วย พริกชี้ฟ้าแดง, เพคติน, น้ำเปล่า, สารละลายซิกริก, น้ำตาลทราย และซูคราโลส ในปริมาณ 250, 15.88, 115.7, 4.1, 531.25 และ 0.1500 กรัม ตามลำดับ มีค่าพีเอช เท่ากับ 3.10 ±0.00 ค่าสี L (ความสว่าง), a* (สีแดง) และ b* (สีเหลือง) เท่ากับ 27.26 ±0.05, 5.36 ±0.15 และ 14.20a ±0.20 ตามลำดับ ค่า a_w, ความหวาน, Gel Strength, Rupture Strength, Brittleness, Adhesiveness เท่ากับ 0.91±0.00, 55.00±0.00 °Brix, 0.03±0.00 N, 0.12±0.02 N, -52.22±2.67 mm และ 0.20±0.00 N.sec ตามลำดับ มีสารอาหารคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 85.27 ±0.24, ไขมันร้อยละ 0.00 ±0.00, โปรตีนร้อยละ 0.25 ±0.00, ความชื้นร้อยละ 14.13 ±0.11, ปริมาณเถ้าทั้งหมดร้อยละ 0.35 ±0.1, เส้นใยร้อยละ 0.87 ±0.24 และพลังงาน 297.73 ± 25.58 กิโลแคลอรี่ โดยในปริมาณหนึ่งหน่วยบริโภค (1 ช้อนโต๊ะ) มีพลังงาน 44.66 กิโลแคลอรี

คำสำคัญ: *แยมพริก, แยม, พริก, สูตรลดน้ำตาล*

Abstract

The development of reduced sugar chili jam products was provided for a good health and a new choice to consumers. Objective of this research was to study a basic chili, sugar replacement with sucralose in chili jam, and pectin content in low-sugar jam. The results showed that recipe "D" has the highest score of acceptance from panelists in all aspects. Therefore the recipe “D” was used to the basic recipe chili jam. The sugar was reduced at 3 levels as normal recipe, 15, 30 and 45 %, which each level was substituted with sucralose for sweetness equal to the amount of sugar (Relative sweetness). The result showed that the sucralose chili jam as sweetness as 15 % sugar was accepted and not statistical significantly different ($p>0.05$) from the basic recipe in terms of color, odor, sweetness, texture and overall preference. Therefore, the

sucralose chili jam which as sweetness as 15% sugar was applied the texture. The improvement texture was added with pectin for 3 levels, which is normal recipe, 1.50, 1.75 and 2.00% based on the standard 15 % sugar. It was found that 1.75% pectin had the highest liking score in all aspects, which consist of appearance, color, smell, taste, texture and overall preference, and it presented statistically significant difference ($p \leq 0.05$) with the other. Thus, the sucralose chili jam with 1.75% pectin was chosen as a product for this study. It consisting of red chili, pectin, water, citric acid solution, sugar and sucralose was 250, 15.88, 115.7, 4.1, 531.25 และ 0.1500 gram, respectively. The appearance characteristics of this jam consist of; pH value was 3.10 ± 0.00, color value L (brightness), a* (red) and b* (yellow) were 27.26 ± 0.05, 5.36 ± 0.15 and 14.20a ± 0.20 respectively, a_w, sweetness, gel strength, rupture strength, brittleness, adhesiveness were 0.91 ± 0.00, 55.00 ± 0.00 °Brix, 0.03 ± 0.00N, 0.12 ± 0.02 N, -52.22 ± 2.67mm and 0.20 ± 0.00 N.sec respectively. Nutritional values of low-sugar chili jam consisting of carbohydrate, fat protein, moisture, ash, fiber and energy were 85.27 ±0.24%, 0.00 ±0.00%, 0.25 ±0.00%, 14.13 ±0.11%, 0.35 ±0.1%, 0.87 ±0.24 % and 297.73 ±25.58 kcal, respectively.

Keywords: *chili jam, jam, chili, reduced sugar formulation*

บทนำ

แยมเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่นิยมนำมารับประทานเป็นอาหารมื้อเช้า อาหารว่าง หรือในเวลาเร่งรีบ โดยทาบนขนมปัง แซนวิช หรือนำมาแต่งหน้าเค้ก แต่เนื่องจากแยมมีส่วนผสมของน้ำตาลในปริมาณมากจึงให้พลังงานสูง หากมีการบริโภคมากเกินไปจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคต่างๆได้ เช่น ฟันผุ โรคเบาหวาน โรคหัวใจ โรคอ้วน ปัจจุบันผู้บริโภคเน้นอาหารสุขภาพมากขึ้น นิยมการบริโภคอาหารที่มีความหวานที่ให้พลังงานต่ำ ซูคราโลส(Sucralose) เป็นสารให้ความหวานที่ไม่ให้พลังงานที่นิยมมากในขณะนี้ มีความหวานสัมพัทธ์(Sweetness Relative to Sucrose (%) ถึง 600 เท่า เมื่อเทียบกับซูโครสหรือน้ำตาลทราย[1] จึงสามารถใช้ซูคราโลสแทนน้ำตาลในอาหารได้เพียงใส่ในปริมาณเพียงเล็กน้อย และให้รสชาติใกล้เคียงน้ำตาลมาก ละลายน้ำได้ดี และสามารถใช้ปรุงอาหารร้อนบนเตาได้โดยไม่สูญเสียความหวาน ไม่ทำให้เกิดรสขมหรือเฝื่อนติดปลายลิ้น พริกชี้ฟ้าแดงเป็นพืชผักสวนครัวที่ให้ผลผลิตทางการเกษตรมาก ทุกฤดูกาล และมีราคาถูก สารสำคัญที่มีในพริกคือ สารแคโรทีนอยด์ ซึ่งพบเป็นรงควัตถุให้สีแดง ส้มและเหลืองในพริก โดยพริกชี้ฟ้าแดงมีแคโรทีนอยด์มากกว่าพริกชี้ฟ้าเขียวและเหลือง โดยมีปริมาณแคโรทีน 46.40µg/g [2] ซึ่งสารแคโรทีนมีสรรพคุณเป็นสารต้านอนุมูลอิสระอีกด้วย

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมพริกลดน้ำตาล โดยแทนด้วยสารให้ความหวานซูคราโลส โดยพัฒนาให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส และรสชาติเป็นไปตามความต้องการของผู้บริโภค และสร้างผลิตภัณฑ์ที่ความแปลกใหม่ให้กับผู้บริโภค

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาสูตรพื้นฐานของแยมพริก

ทำการคัดเลือกสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์แยมพริก โดยคัดเลือกจาก 4 สูตร ได้แก่ สูตรA[3] สูตรB[4] สูตรC[5] และสูตรD[6] โดยใช้วิธีการโดยทุกสูตรใช้กรรมวิธีเดียวกัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อค (Randomized Complete Block Design, RCBD)

2. ศึกษาการลดปริมาณน้ำตาลทดแทนด้วยสารซูคราโลสในแยมพริก

นำแยมพริกสูตรพื้นฐานที่ได้มาศึกษาการทดแทนน้ำตาลทดแทนด้วยสารซูคราโลสในแยมพริก 3 ระดับ คือ ร้อยละ 15, 30 และ 45 ของสูตรพื้นฐาน และเปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน โดยเทียบเป็นความหวานสัมพัทธ์ (ซูคราโลสให้ความหวาน 600 เท่าของน้ำตาลซูโครส) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อค (Randomized Complete Block Design, RCBD)

3. การศึกษาปริมาณเพคตินในผลิตภัณฑ์แยมพริกลดน้ำตาล

นำแยมสูตรลดน้ำตาลและทดแทนด้วยซูคราโลสที่ได้รับการคัดเลือกมาศึกษาปริมาณเพคตินที่เพิ่มขึ้น 3 ระดับ คือ 1.50, 1.75, 2.00 ของสูตรร้อยละ15 และเปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน การวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อค (Randomized Complete Block Design, RCBD) ซึ่งมีการวิเคราะห์ในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

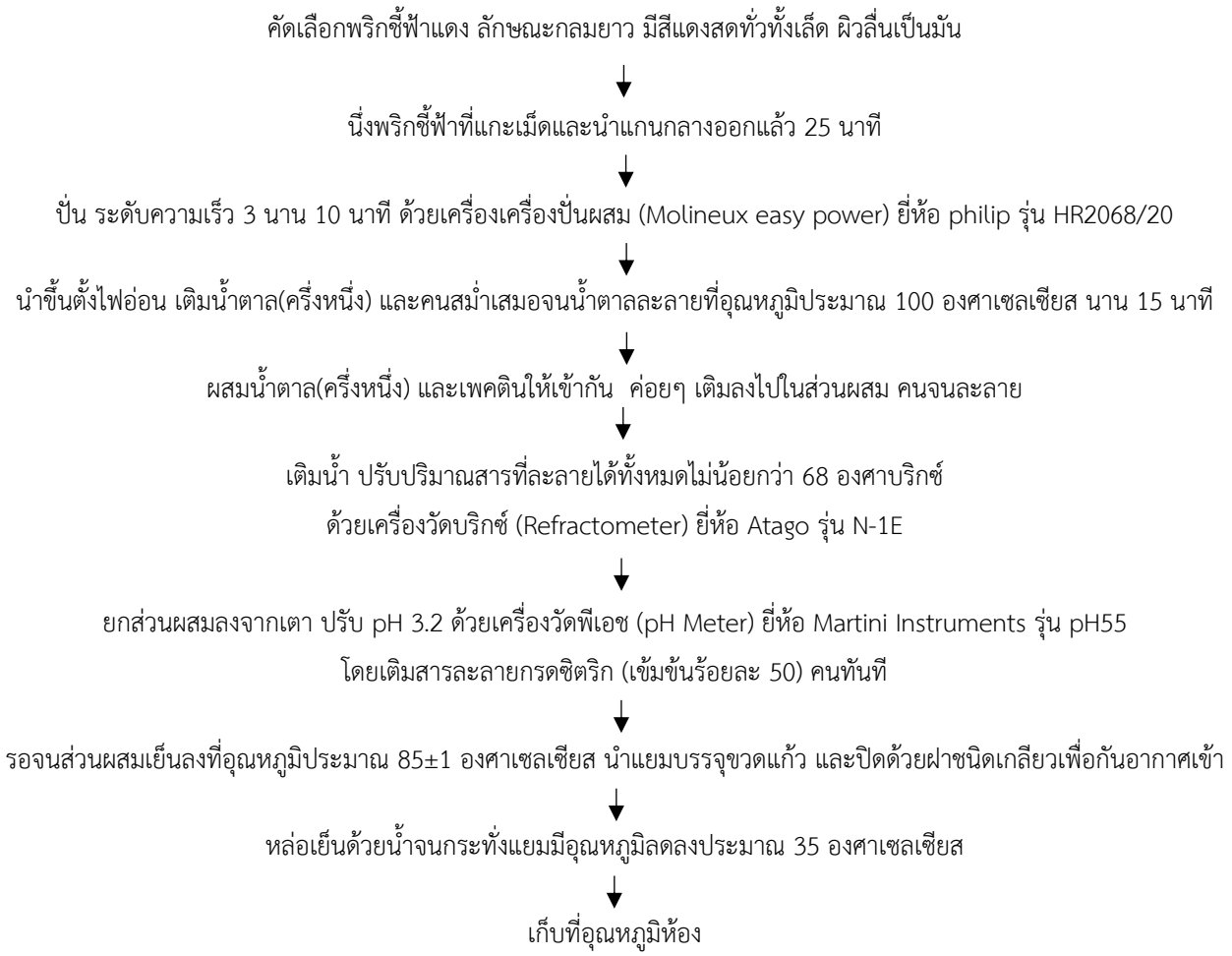
3.1 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบชิม

โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ได้รับการฝึกฝน จำนวน 30 คน โดยให้คะแนนความชอบ (9 - Point Hedonic Scale) วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ยวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยวิธี ANOVA และหาความแตกต่างด้วย Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม SPSS

3.2 ศึกษาคุณภาพของแยมพริก ได้แก่ ค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี (Color meter) (ยี่ห้อ Minolta, รุ่น CR-10, ประเทศญี่ปุ่น), ค่าพีเอช (pH) ด้วยเครื่องวัดพีเอช (pH Meter) (ยี่ห้อ Milwaukee รุ่น pH55, ประเทศสหรัฐอเมริกา), ค่าความหวาน ($^{\circ}$Brix) ด้วยเครื่องวัดบริกซ์ (Refractometer) ยี่ห้อ Atago รุ่น N-1E ประเทศญี่ปุ่น), ค่าWater Activity (a_w) (ยี่ห้อ AquaLab, รุ่น CX 3, ประเทศสหรัฐอเมริกา) และค่าเนื้อสัมผัส ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (ยี่ห้อ Stable Micro System, รุ่น TA.XT plus, ประเทศอังกฤษ)ได้แก่ ความแข็งแรงเจล (Gel Strength), แรงดึง (Rupture Strength), ความเปราะ (Brittleness) และความสามารถในการเกาะติด(Adhesiveness) โดยวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม SPSS

ตารางที่ 1 สูตรแยมพริก

ส่วนผสม	น้ำหนักส่วนผสมของแยมพริก							
	สูตร A		สูตร B		สูตร C		สูตร D	
	กรัม	ร้อยละ	กรัม	ร้อยละ	กรัม	ร้อยละ	กรัม	ร้อยละ
พริกชี้ฟ้าแดง	100	10.43	500	30.98	400	30.38	250	24.98
น้ำเปล่า	400	41.74	700	43.37	200	15.19	115.7	11.59
น้ำตาลทราย	450	46.96	400	24.78	700	53.17	625	62.46
เพคติน	2.256	0.25	9	0.56	5.37	0.41	5.9	0.59
สารละลายซิตริก(ความเข้มข้นร้อยละ10)	6	0.62	5.10	0.31	9	0.69	4.1	0.41
เกลือ	-	-	-	-	2.15	0.16	-	-



ภาพที่ 1 ขั้นตอนในการทำแยมพริก
ที่มา: อรอุมา ชื่นจิตร [6]

4. การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของแยมพริกลดน้ำตาล

นำผลิตภัณฑ์แยมพริกลดน้ำตาลมาศึกษาคุณค่าทางโภชนาการการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ คาร์โบไฮเดรต ด้วยวิธี Calculation, ไขมัน ด้วยวิธี Solvent Extraction, โปรตีน ด้วยวิธี Kjeldahl Method, ความชื้น ด้วยวิธี Moisture Blalance, ปริมาณเถ้าทั้งหมด ด้วยวิธี Furnance, เส้นใย ด้วยวิธี Fiber Extraction และพลังงาน ด้วยวิธี Bomb Calorimeter

ผลการวิจัยและการอภิปราย

1. ผลการศึกษาสูตรพื้นฐานของแยมพริก

จากการศึกษาสูตรพื้นฐานของแยมพริกจำนวน 4 สูตร คือ สูตร A, B, C และ D พบว่า ผู้ทดสอบให้การยอมรับสูตรD มากที่สุดในทุกด้าน ทั้งในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยมีลักษณะเนื้อสัมผัสด้านการแผ่กระจายตัว การคงตัวของเจลที่ดีคล้ายกับแยมที่ขายตามท้องตลาดมากที่สุด และแยมมีสีแดงจากพริกและมีกลิ่นของพริกไม่มากไปสามารถยอมรับได้ จึงคัดเลือกสูตร D เป็นสูตรพื้นฐาน และจากการศึกษาคุณภาพกายภาพและเคมี พบว่า แยมพริกทั้ง 4 สูตรมีค่าพีเอชในช่วง 3.20 – 3.33 ค่าความหวาน 65 – 66.33 $^{\circ}$Brix และค่าเป็นกรดในช่วง 3.20 – 3.33 ซึ่งอยู่ในช่วงที่

เหมาะสมในการผลิตแยมหรือเกิดโครงสร้างเจลของแยม ช่วยให้แยมมีลักษณะที่ดี คือ ให้ความข้นและเหนียวหรือกึ่งแข็งกึ่งเหลว พอเหมาะสำหรับใช้ทาขนมปัง[7] โดยสูตร D มีค่า Gel Strength (ความแข็งแรงเจล) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับสูตร B และC สูตร D มีค่าAdhesiveness (ความสามารถในการเกาะติด)ติดลบมากที่สุด (ค่าติดลบมาก หมายถึง ต้องใช้แรงมากในการทาหรือปาดแยมให้เกาะติดบนขนมปัง) ซึ่งสอดคล้องกับค่า Brittleness (ความเปราะ) (หากระยะทางน้อยแสดงว่าเจลเปราะ) และค่า Rupture Strength (แรงดึง) ที่มีค่ามากกว่าสูตรอื่น อาจเนื่องมากจากสูตร D มีปริมาณน้ำตาลทรายและเพคตินมากกว่าทุกสูตร ซึ่งน้ำตาลทรายช่วยให้เพคตินเกิดการตะกอนเป็นแยม ให้ลักษณะเจลแยมที่ดี

ตารางที่ 2 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของแยมพริกสูตรพื้นฐาน

คุณลักษณะ	สูตรA	สูตรB	สูตรC	สูตรD
ลักษณะปรากฏ	6.23^{c} ±0.76	6.55^{c} ±1.12	7.24^{b} ±1.18	7.64^{a} ±0.82
สี	6.20^{d} ±0.78	6.57^{c} ±1.14	7.24^{b} ±1.18	7.41^{a} ±0.91
กลิ่น	6.12^{c} ±0.76	6.21^{c} ±1.13	6.66^{b} ±1.08	7.18^{a} ±1.12
รสชาติ	6.26^{c} ±0.99	6.34^{c} ±1.06	7.07^{b} ±1.08	7.50^{a} ±0.95
เนื้อสัมผัส	6.12^{c} ±0.61	6.47^{b} ±0.93	7.18^{a} ±1.05	7.47^{a} ±0.93
ความชอบโดยรวม	6.15^{d} ±0.65	6.61^{c} ±0.84	7.40^{b} ±1.02	7.93^{a} ±0.87

หมายเหตุ $^{a-c}$ หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 3 สมบัติทางกายภาพและเคมีของแยมพริกสูตรพื้นฐาน

คุณลักษณะ	สูตรA	สูตรB	สูตรC	สูตรD
พีเอช^{ns}	3.20 ±0.00	3.23 ±0.11	3.26 ±0.05	3.33 ±0.05
สี				
L	26.20^{d} ±0.17	27.43^{c} ±0.57	33.23^{a} ±1.16	29.26^{b} ±0.25
a*	1.90^{b} ±0.10	7.73^{a} ±0.30	0.46^{d} ±0.15	1.23^{c} ±0.05
b*	12.26^{b} ±0.45	14.40^{a} ±0.17	9.86^{d} ±0.30	10.76^{c} ±0.25
a_w	0.41^{c} ±0.00	0.43^{a} ±0.00	0.42^{b} ±0.00	0.41^{c} ±0.00
^{o}Brix	65.00^{b} ±0.00	66.33^{a} ±1.15	65.00^{b}±0.00	65.00^{b} ±0.00
Gel Strength (N)	0.02^{b} ±0.00	0.04^{a} ±0.00	0.03^{ab} ±0.00	0.03^{ab} ±0.00
Rupture Strength (N)	0.13^{bc} ±0.01	0.10^{c} ±0.01	0.17^{b} ±0.02	0.29^{a} ±0.04
Brittleness (mm)	-24.96^{b} ±3.68	-33.16^{c} ±6.59	-13.01^{a}±1.83	-11.61^{a}±0.92
Adhesiveness(N.sec)	-0.31^{b} ±0.00	-0.15^{a} ±0.66	-0.37^{b}±0.02	-0.61^{c} ±0.06

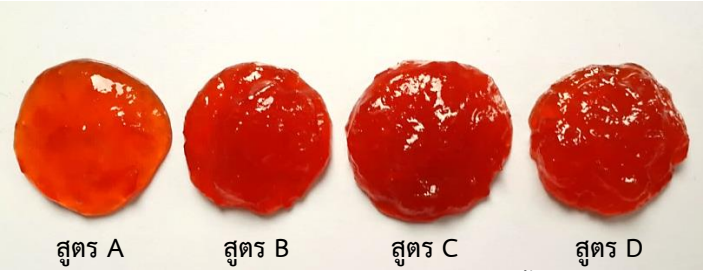
หมายเหตุ L หมายถึง ความสว่าง (ดำ = 0, ขาว = 100)

a* หมายถึง สีแดงหรือสีเขียว (+ = สีแดง,- = สีเขียว)

b* หมายถึง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน (+ = สีเหลือง, - = สีน้ำเงิน)

$^{a-c}$ หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)



ภาพที่ 2 ลักษณะผลิตภัณฑ์แยมพริกสูตรพื้นฐาน

2. ศึกษาการลดปริมาณน้ำตาลทดแทนด้วยสารซูคราโลสในแยมพริก

นำแยมพริกสูตรพื้นฐาน (สูตร D) มาศึกษาการลดปริมาณน้ำตาลทรายและทดแทนด้วยสารซูคราโลสให้มีความหวานเท่ากับน้ำตาลที่ลดลง (โดยเทียบเป็นความหวานสัมพัทธ์ โดยสารซูคราโลสมีความหวานสัมพัทธ์ 600 เท่า เมื่อเทียบกับซูโครสหรือน้ำตาลทราย) 3 ระดับ คือ ร้อยละ 15, 30 และ 45 ของสูตรพื้นฐาน และเปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน พบว่า สูตรร้อยละ15 กับสูตรพื้นฐานได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในด้านสี กลิ่น รสหวาน เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม เมื่อพิจารณาสูตรร้อยละ 15, ร้อยละ30 และร้อยละ 45 พบว่า สูตรร้อยละ 15 มีคะแนนความชอบในทุกด้านมากกว่าสูตรร้อยละ 30 และร้อยละ 45 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) จึงคัดเลือกร้อยละ15 เป็นสูตรที่เหมาะสมในการใส่สารซูคราโลสทดแทนน้ำตาล จากการศึกษาคุณภาพกายภาพและเคมีทั้ง 4 สูตร พบว่า การใช้สารซูคราโลสทดแทนน้ำตาลในแยมมีแนวโน้มให้มีค่าความสว่าง ความเป็นสีแดง และสีเหลืองสูงกว่าสูตรพื้นฐาน เนื่องจากสูตรพื้นฐานมีปริมาณน้ำตาลมากกว่าสูตรอื่น เมื่อน้ำตาลทรายโดนอุณหภูมิความร้อนเป็นเวลานานจะเกิดปฏิกิริยาการเกิดคาราเมล (Caramellization) ทำให้เกิดเป็นสีน้ำตาลในอาหาร ดังนั้นสูตรที่มีการลดปริมาณน้ำตาลทรายจึงให้ค่าความเป็นสีแดงจากพริกชี้ฟ้าหรือที่ได้จากวัตถุดิบหลักชัดเจนกว่าสูตรพื้นฐาน ปริมาณน้ำตาลทรายที่เหมาะสมที่ช่วยให้เพคตินตกตะกอนเป็นเจล คือ ช่วง 65-70 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูตรพื้นฐานอยู่ในช่วงที่เหมาะสมทำให้เกิดเจลแยมที่ดี หากสูตรแยมลดปริมาณน้ำตาลทรายมากไป หรือมีความเข้มข้นน้อยกว่า 65 เปอร์เซ็นต์จะส่งผลต่อการแข็งแรงเจลแยมอ่อนตัวมากขึ้นตามไปด้วยเช่นกัน[7] การลดปริมาณน้ำตาลและใช้ซูคราโลสทดแทนความหวาน ส่งผลให้ค่า Rupture Strength (แรงดึง)มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ค่า Brittleness (ความเปราะ) ลดลง และค่า Adhesiveness (ความสามารถในการเกาะติด) ติดลบน้อยลง (ค่า Adhesiveness ติดลบน้อยลง หมายถึง การใช้แรงน้อยลงในการทาหรือปาดแยมให้เกาะติดบนขนมปัง) ส่วนค่า Gel Strength (ความแข็งแรงเจล) มีแนวโน้มไม่ชัดเจน ดังนั้นผลจากการลดปริมาณน้ำตาลลงมีผลทำให้แยมมีการเซทตัวลดลง เหลวขึ้น และทาบนขนมปังได้ง่ายขึ้น เนื่องจากโครงสร้างแยมไม่แข็งแรง หรือมีลักษณะเนื้อสัมผัสเหลวขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมกระเจี๊ยบลดน้ำตาล พบว่า การใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล ทำให้แยมมีค่า Gel Strength (ความแข็งแรงเจล), Rupture Strength(แรงดึง) และ Brittleness (ความเปราะ) มีค่าลดลงตามปริมาณน้ำตาลที่ลดลง และค่า Adhesiveness(ความสามารถในการเกาะติด) มีค่าติดลบน้อยลง[8] ตลอดจนผลิตภัณฑ์แยมลดน้ำตาลมีผลทำให้ a_w สูงขึ้น ส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ หากอาหารที่มีปริมาณน้ำตาลสูงส่งผลทำให้ a_w ต่ำ ซึ่งถ้าต่ำกว่า 0.8 จะช่วยชะลอการเสื่อมเสียได้[9]

ตารางที่ 4 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของแยมพริกที่ลดปริมาณน้ำตาลและทดแทนด้วยสารซูคราโลสแตกต่างกัน

คุณลักษณะ	สูตรพื้นฐาน	ร้อยละ15	ร้อยละ30	ร้อยละ45
ลักษณะปรากฏ	8.11^{a} ±0.82	7.81^{b} ±0.833	6.38^{c} ±0.85	6.11^{d} ±0.79
สี	8.01^{a} ±0.80	7.76^{a} ±0.92	6.58^{b} ±1.11	6.36^{b} ±1.08
กลิ่น	7.66^{a} ±1.01	7.61^{a} ±0.93	6.49^{b} ±0.89	6.31^{b} ±0.85
รสหวาน	7.68^{a} ±0.80	7.77^{a} ±0.82	6.63^{b} ±0.87	6.31^{c} ±0.80
เนื้อสัมผัส	8.03^{a} ±0.77	7.82^{a} ±0.77	6.38^{b} ±0.77	6.21^{b} ±0.72
ความชอบโดยรวม	8.10^{a} ±0.67	8.15^{a} ±0.71	6.67^{b} ±0.57	6.36^{c} ±0.62

หมายเหตุ $^{a-d}$ หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 5 สมบัติทางกายภาพและเคมีของแยมพริกที่ลดปริมาณน้ำตาลและทดแทนด้วยสารซูคราโลสแตกต่างกัน

คุณลักษณะ	สูตรพื้นฐาน	ร้อยละ15	ร้อยละ30	ร้อยละ45
พีเอช^{ns}	3.33 ±0.11	3.20 ±0.00	3.16 ±0.05	3.26 ±0.11
สี				
L	27.03^{b} ±0.70	26.90^{b} ±0.10	27.80^{b} ±0.95	30.06^{a} ±0.72
a*	2.06^{d} ±0.15	3.56^{c} ±0.28	4.53^{b} ±0.15	8.53^{a} ±0.30
b*	10.20^{c} ±1.13	13.46^{b} ±0.05	14.26^{b} ±0.11	17.73^{a} ±0.15
a_w	0.81^{c} ±0.00	0.92^{b} ±0.00	0.92^{b} ±0.00	0.96^{a} ±0.05
^{o}Brix	67.00^{a} ±1.73	58.33^{b} ±1.52	52.00^{c} ±0.00	38.00^{d} ±0.00
Gel Strength (N)^{ns}	0.03 ±0.00	0.03 ±0.00	0.04 ±0.00	0.03 ±0.00
คุณลักษณะ	**สูตรพื้นฐาน**	**ร้อยละ15**	**ร้อยละ30**	**ร้อยละ45**
Rupture Strength (N)	0.03^{b} ±0.00	0.07^{a} ±0.00	0.07^{a} ±0.01	0.07^{a} ±0.00
Brittleness (mm)^{ns}	-46.56 ±2.01	-51.67±1.28	-50.19 ±2.71	-52.20 ±4.38
Adhesiveness (N.sec)	-0.53^{c} ±0.02	0.06^{b} ±0.00	0.04^{b} ±0.00	0.09^{a} ±0.00

หมายเหตุ L หมายถึง ความสว่าง (ดำ = 0, ขาว = 100)
a* หมายถึง สีแดงหรือสีเขียว (+ = สีแดง, - = สีเขียว)
b* หมายถึง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน (+ = สีเหลือง, - = สีน้ำเงิน)
$^{a-c}$ หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



3. ผลการศึกษาปริมาณเพคตินในผลิตภัณฑ์แยมลดน้ำตาล

เนื่องจากแยมพริกสูตรซูคราโลสร้อยละ15 มีลักษณะเป็นเจลอ่อนตัวเกินไป จึงมีการศึกษาการเพิ่มปริมาณเพคติน เพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัส โดยศึกษาปริมาณเพคติน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 1.50, 1.75, 2.00 ของสูตรร้อยละ15 และเปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน เนื่องจากเป็นสูตรที่มีลักษณะและรสชาติดีที่สุด พบว่า จากการศึกษาพบว่า สูตรร้อยละ 1.75 ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากกว่าทุกสูตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จึงคัดเลือกสูตรร้อยละ 1.75 เป็นผลิตภัณฑ์แยมพริกลดน้ำตาล และจากการศึกษาคุณภาพกายภาพและเคมีทั้ง 4 สูตร พบว่า เมื่อปริมาณเพคตินมากขึ้นส่งผลให้แยมมีความหนืดสูงขึ้นและเกิดโครงสร้างสามมิติอย่างต่อเนื่องทำให้แยมมีการเซทตัวมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบสูตรร้อยละ 1.75 กับสูตรพื้นฐาน พบว่า ทั้ง 2 สูตรมีค่า Gel Strength(ความแข็งแรงเจล)ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) แต่สูตรร้อยละ 1.75 มีค่าRupture Strength(แรงดึง) ค่าBrittleness (ความเปราะ)มากกว่าสูตรพื้นฐาน ส่วนค่า Adhesiveness (ความสามารถในการเกาะติด) มีค่าติดลบน้อยกว่าสูตรพื้นฐาน (การใช้แรงน้อยกว่าในการทาหรือปาดขนมปังเมื่อเทียบกับสูตรพื้นฐาน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสูตรร้อยละ 1.75 มีค่าพีเอช เท่ากับ 3.10 ±0.00 ด้านค่าสี L (ความสว่าง), a* (สีแดง) และ b* (สีเหลือง) เท่ากับ 27.26 ±0.05, 5.36 ±0.15 และ 14.20a ±0.20 ตามลำดับ ค่า a_w, ความหวาน, Gel Strength, Rupture Strength, Brittleness(mm), Adhesiveness(N.sec) เท่ากับ 0.91±0.00, 55.00±0.00 $^{\circ}$Brix, 0.03±0.00 N, 0.12±0.02 N, -52.22±2.67mm และ -0.20±0.00 N.sec ตามลำดับ

ตารางที่ 6 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของแยมพริกที่มีปริมานเพคตินแตกต่างกัน

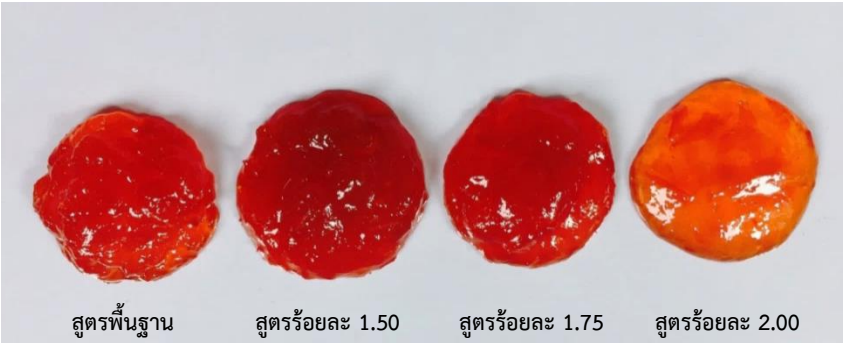
คุณลักษณะ	สูตรพื้นฐาน (สูตร D)	ร้อยละ1.50	ร้อยละ1.75	ร้อยละ2.00
ลักษณะปรากฏ	7.34^{b} ±0.80	6.94^{c} ±0.87	8.44^{a} ±0.58	6.95^{c} ±0.93
สี	7.36^{b} ±0.90	7.03^{c} ±0.91	8.34^{a} ±0.63	7.07^{c} ±0.97
กลิ่น	7.08^{b} ±0.90	6.90^{b} ±0.83	7.96^{a} ±0.91	6.88^{b} ±1.20
รสชาติ	7.36^{b} ±0.90	7.04^{c} ±0.83	8.35^{a} ±0.73	7.16^{bc} ±0.97
เนื้อสัมผัส	7.31^{b} ±0.85	6.93^{c} ±0.80	8.47^{a} ±0.69	6.98^{c} ±1.05
ความชอบโดยรวม	7.31^{b} ±0.74	7.01^{c} ±0.67	8.68^{a} ±0.51	7.05^{c} ±0.95

หมายเหตุ $^{a-c}$ หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 7 สมบัติทางกายภาพและเคมีของแยมพริกลดน้ำตาลที่มีปริมานเพคตินแตกต่างกัน

คุณลักษณะ	สูตรพื้นฐาน (สูตร D)	ร้อยละ 1.50	ร้อยละ 1.75	ร้อยละ 2.0
พีเอช^{ns}	3.33 ±0.11	3.20 ±0.00	3.10 ±0.00	3.30 ±0.00
สี				
L^{ns}	26.33±0.60	26.76 ±0.55	27.26 ±0.05	27.40 ±0.00
a*	2.06^{c} ±0.15	4.00^{b} ±0.10	5.36^{a} ±0.15	5.50^{a} ±0.20
b*	11.66^{c} ±0.65	13.46^{b} ±0.25	14.20^{a} ±0.20	14.50^{a} ±0.10
a_w	0.80^{c} ±0.00	0.90^{b} ±0.00	0.91^{a} ±0.00	0.90^{b} ±0.00
^{o}Brix	68.00 ±0.00	59.00 ±0.00	55.00 ±0.00	56.00 ±0.00
Gel Strength(N)	0.03^{a} ±0.00	0.03^{a} ±0.00	0.03^{a} ±0.00	0.03^{a} ±0.00
Rupture Strength(N)	0.03^{c} ±0.00	0.06^{bc} ±0.02	0.12^{a} ±0.02	0.07^{b} ±0.01
Brittleness(mm)	-46.56^{a} ±2.01	-65.24^{d} ±2.24	-52.22^{b} ±2.67	-59.01^{c} ±3.58
Adhesiveness(N.sec)	-0.53^{d} ±0.02	-0.30^{b} ±0.01	-0.20^{a} ±0.00	-0.19^{a} ±0.02

หมายเหตุ L หมายถึง ความสว่าง (ดำ = 0, ขาว = 100)
a* หมายถึง สีแดงหรือสีเขียว (+ = สีแดง,- = สีเขียว)
b* หมายถึง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน (+ = สีเหลือง, - = สีน้ำเงิน)
$^{a-c}$ หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 4 ลักษณะแยมพริกลดน้ำตาลที่มีปริมานเพคตินแตกต่างกัน

4. ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของแยมพริกลดน้ำตาล

นำผลิตภัณฑ์แยมพริกลดน้ำตาล (สูตรร้อยละ 1.75) มาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ พบว่า ผลิตภัณฑ์แยมพริกลดน้ำตาลมีสารอาหารคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 85.27 ±0.24, ไขมันร้อยละ 0.00 ±0.00, โปรตีนร้อยละ 0.25 ±0.00, ความชื้นร้อยละ 14.13 ±0.11, ปริมาณเถ้าทั้งหมดร้อยละ 0.35 ±0.1, เส้นใยร้อยละ 0.87 ±0.24 และพลังงาน 297.73 ± 25.58 กิโลแคลอรี่ เมื่อนำมาคำนวณสารอาหารในปริมาณ 1 หน่วยบริโภค ตามหลักเกณฑ์ในการกล่าวอ้างทางโภชนาการบนฉลากโภชนาการ ในประกาศกระทรวงสาธารณสุข(ฉบับที่ 182) พ.ศ.2541 เรื่องฉลากโภชนาการ พบว่า ผลิตภัณฑ์แยมพริกลดน้ำตาลในปริมาณหนึ่งหน่วยบริโภค (1 ช้อนโต๊ะ) มีพลังงาน 44.66 กิโลแคลอรี ซึ่งไม่อยู่ในเกณฑ์อาหารพลังงานต่ำ(low, few, low source of, low in) (พลังงานไม่เกิน 40 กิโลแคลอรี) [11] แต่ก็มีค่าใกล้เคียงกับเกณฑ์ดังกล่าว

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์แยมพริกลดน้ำตาล (ร้อยละ)

องค์ประกอบทางโภชนาการ	ปริมาณสารอาหาร	หนึ่งหน่วยบริโภค (น้ำหนัก 15 กรัม/ช้อนโต๊ะ)
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	85.27 ±0.24	12.79
ไขมัน (ร้อยละ)	0.00 ±0.00	0
โปรตีน (ร้อยละ)	0.25 ±0.00	0.04
ความชื้น(ร้อยละ)	14.13 ±0.11	2.12
เถ้า (ร้อยละ)	0.35 ±0.13	0.05
เส้นใย (ร้อยละ)	0.87 ±0.24	0.13
พลังงาน (กิโลแคลอรี่)	297.73 ± 25.58	44.66



ภาพที่ 5 ผลิตภัณฑ์แยมพริกลดน้ำตาล

สรุป

1. ผลการศึกษาสูตรพื้นฐานของแยมพริก โดยการทดลองทั้งหมด 4 สูตร พบว่า ทดสอบชิมให้การยอมรับสูตร D ในทุกด้านมากที่สุด ทั้งในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม และจากการศึกษาคุณภาพกายภาพและเคมี พบว่า แยมพริกทั้ง 4 สูตรมีค่าพีเอชในช่วง 3.20 – 3.33 ค่าความหวาน 65 – 66.33 $^{\circ}$Brix และค่าเป็นกรดในช่วง 3.20 – 3.33 ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสมในการผลิตแยม สูตร D มีค่าพีเอช เท่ากับ 3.33 ±0.05 ด้านค่าสี L (ความสว่าง), a* (สีแดง) และ b* (สีเหลือง) มีค่าเท่ากับ 29.26 ±0.25, 1.23 ±0.05 และ 10.76 ±0.25 ตามลำดับ ค่า a_w, ค่าความหวาน, Gel Strength(N), Rupture Strength(N, Brittleness(mm) และ Adhesiveness(N.sec) มีค่าเท่ากับ 0.41 ±0.00, 65.00 ±0.00 $^{\circ}$Brix, 0.02 ±0.00 N, 0.29 ±0.04 N, -11.61±0.92 mm และ-0.61 ±0.06 N.sec ตามลำดับ

2. ผลการศึกษาการลดปริมาณน้ำตาลทดแทนด้วยสารซูคราโลสในแยมพริก โดยการลดปริมาณน้ำตาลและทดแทนด้วยสารซูคราโลสให้มีความหวานเท่ากับน้ำตาลที่ลดลง (โดยเทียบเป็นความหวานสัมพัทธ์) 3 ระดับ คือ ร้อยละ 15, 30 และ 45 ของปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และเปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน พบว่า สูตรร้อยละ 15 ได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกันกับสูตรพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในด้านสี กลิ่น รสหวาน เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม จึงคัดเลือกสูตรร้อยละ 15 เป็นสูตรที่เหมาะสมในการใช้สารซูคราโลสทดแทนน้ำตาลในผลิตภัณฑ์แยมพริก โดยสูตรร้อยละ 15 มีค่า

พีเอช เท่ากับ 3.20 ±0.00 ด้านค่าสี L (ความสว่าง), a* (สีแดง) และ b* (สีเหลือง) เท่ากับ 26.90 ±0.10, 3.56 ±0.28และ 13.46 ±0.05 ตามลำดับ ค่า a_w, ค่าความหวาน, Gel Strength, Rupture Strength, Brittleness(mm) และAdhesiveness มีค่าเท่ากับ 0.92 ±0.00, 58.33 ±1.52 °Brix, 0.03 ±0.00 N, 0.07 ±0.00 N, -51.67±1.28 mm และ 0.06 ±0.00 N. sec ตามลำดับ

3. ผลการศึกษาปริมาณเพคตินในผลิตภัณฑ์แยมลดน้ำตาลเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัส 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0.65 (สูตรพื้นฐาน), 1.50, 1.75 และ 2.00 ของสูตรร้อยละ15 พบว่า สูตรร้อยละ 1.75 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบมากที่สุดในทุกด้าน ทั้งด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับทุกสูตร จึงคัดเลือกสูตรร้อยละ 1.75 เป็นผลิตภัณฑ์แยมพริกลดน้ำตาล ประกอบด้วย พริกชี้ฟ้าแดง, เพคติน, น้ำเปล่า, สารละลายซิกริก, น้ำตาลทราย และซูคราโลส ในปริมาณ 250, 15.88, 115.7, 4.1, 531.25 และ 0.1500 กรัม ตามลำดับ มีด้านค่าพีเอช เท่ากับ 3.10 ±0.00 ด้านค่าสี L (ความสว่าง), a* (สีแดง) และ b* (สีเหลือง) มีค่าเท่ากับ 27.26 ±0.05, 5.36 ±0.15 และ 14.20a ±0.20 ตามลำดับ ค่า a_w, ค่าความหวาน, Gel Strength, Rupture Strength, Brittleness, Adhesivenessมีค่าเท่ากับ 0.91±0.00, 55.00±0.00 °Brix, 0.03±0.00 N, 0.12±0.02 N, -52.22±2.67mm และ -0.20±0.00 N.sec ตามลำดับ

4. ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์แยมพริกลดน้ำตาล พบว่า ในปริมาณ 100 กรัม มีคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 85.27 ±0.24, ไขมันร้อยละ 0.00 ±0.00, โปรตีนร้อยละ 0.25 ±0.00, ความชื้นร้อยละ 14.13 ±0.11, ปริมาณเถ้าทั้งหมดร้อยละ 0.35 ±0.1, เส้นใยร้อยละ 0.87 ±0.24 และพลังงาน 297.73 ± 25.58 กิโลแคลอรี่ โดยในปริมาณหนึ่งหน่วยบริโภค (1 ช้อนโต๊ะ) มีพลังงาน 44.66 กิโลแคลอรี ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับอาหารพลังงานต่ำ (พลังงานไม่เกิน 40 กิโลแคลอรี) ของหลักเกณฑ์ในการกล่าวอ้างทางโภชนาการบนฉลากโภชนาการ

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์และช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากหลักสูตรคหกรรมศาสตร์และคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ตลอดจนอุปกรณ์ในการทดลองในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Aurora A. Saulo. Sugars and Sweeteners in Foods. Food Safety and Technology FST-16. p.1-7; 2005.
2. นริศรา บินหะยีดิง.. ปัจจัยที่มีปริมาณแคโรทีนและสีในพริกชี้ฟ้า. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต(เคมี), มหาวิทยาลัยทักษิณ. สงขลา; 2555.
3. สมจิตร อ่อนเหม. การทำแยม เยลลี่ มาร์มาเลต. กรุงเทพฯ: สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร; 2543.
4. เบญจวรรณ ทองนิล. โครงงานวิทยาศาสตร์เรื่องแยมผลไม้. [อินเตอร์เน็ต]. 2558. [เข้าถึงเมื่อ 10 พฤษภาคม 2561]. เข้าถึงได้จาก www.blogspot.com.
5. มนัญญา คำวชิระพิทักษ์. เอกสารประกอบการเรียนถนอมอาหาร. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์; 2559.
6. อรอุมา ชื่นจิตร. การพัฒนาแยมขิงเสริมวิตามินซี. บัณฑิตวิทยาลัย สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2548.
7. วารุณี วารัญญานนท์ และอภิญญา จุทางกูร. การแปรรูปอาหาร. กรุงเทพฯ: สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร; 2543.

8. นงลักษณ์ งามระพีพงศ์. การพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมกระเจี๊ยบแดงลดน้ำตาล. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต(พัฒนาลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.กรุงเทพฯ; 2557.
9. พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. แอคติวิตีของน้ำ [อินเตอร์เน็ต]. 2535. [เข้าถึงเมื่อ 6 ธันวาคม]. เข้าถึงได้จาก: www.foodnetworksolution.com.

[AS-P28] ผลของการทดแทนน้ำมันถั่วดาวอินคาในน้ำสลัดเต้าหู้

Effect of Sacha Inchi Oil Replacement in Tofu-based Salad Dressing

อภิญญา เจริญกูล[*1] และ ทัศนีย์ วัฒนชัยยงค์[2]
Apinya Charoenkul[*1] and Tasanee Watanachaiyong[2]
[1]*สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย*
[2]*สาขาวิชานวัตกรรมอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย*
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: apinya_cha@utcc.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำสลัดเต้าหู้ที่ใช้น้ำมันถั่วดาวอินคาที่มีไขมันโอเมกาสูง ทดแทนน้ำมันถั่วเหลือง 6, 9 และ12% (โดยน้ำหนัก) ในระหว่างการเก็บรักษาในขวดแก้วปิดสนิทที่อุณหภูมิห้อง (30±2°C) นาน 30 วัน พบว่าความหนืดของน้ำสลัดทั้ง 3 สูตรมีแนวโน้มสูงขึ้นในช่วง 14 วันแรก หลังจากนั้นมีแนวโน้มลดลง และหลังการเก็บที่ 21 วัน ความสว่าง (L*), ความเป็นสีเหลือง (b*) มีแนวโน้มลดลง แต่ความเป็นสีเขียว (a*), thiobarbituric acid (mg malonaldehyde /kg) และ total acidity (% acetic acid) มีแนวโน้มสูงขึ้น, ขณะที่ค่า pH ลดลง, ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำกว่า 1,000 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐาน มอก.1402-2540 ในระยะเวลาการเก็บรักษา 30 วัน และผู้บริโภคมีความต้องการซื้อน้ำสลัดน้ำมันถั่วดาวอินคา สูตร 2 (9%) มากที่สุด

คำสำคัญ: *น้ำมันถั่วดาวอินคา, น้ำสลัดเต้าหู้, การเก็บรักษา*

Abstract

This research aims to study the quality changes of tofu-based Sacha inchi oil salad dressing partially replace of soybean oil with high omega Sacha inchi oil in 3 formulas of 6%, 9% and 12% (by weight) compared with the control soybean oil salad dressing during 30 days storage in sealed glass jar at room temperature (30±2°C). It was found that the viscosity of all formulas salad dressing, tend to increase during the first 14 days and then decreased. After 21 days of storage, brightness (L *), yellowness (b *) tend to decreased but greenness (a *), total acidity (% acetic acid) and thiobarbituric acid (mg malonaldehyde/kg) tend to increased, while pH values decreased. Total plate count did not exceed 1,000 CFU/g as TIS1402-2540 during 30 days storage. Consumers want to buy Sacha inchi oil salad dressing formula 2 (9%) the most.

Keywords: *Sacha inchi oil, tofu-based salad dressing, storage*

บทนำ

หนึ่งในปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดมาจากการบริโภคอาหารที่มีคอเลสเตอรอลและไขมันอิ่มตัวสูง น้ำสลัด (Salad dressing) จัดเป็นเครื่องปรุงรสชนิดหนึ่งที่มีน้ำมันเป็นส่วนผสมหลัก ทั้งนี้การบริโภคน้ำสลัดทางการค้าที่ประกอบด้วยไขมันอิ่มตัวในปริมาณสูงเป็นประจำทำให้มีโอกาสเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคดังกล่าวมากขึ้น น้ำสลัดจากเต้าหู้ที่พร้อมด้วยคุณค่าโภชนาการสูงขึ้น มีปริมาณคอเลสเตอรอลและไขมันอิ่มตัวต่ำ จึงลดโอกาสของความเสี่ยงจากการเกิดโรคเหล่านี้ได้ และเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพมากกว่าน้ำสลัดทั่วไป[(1)] เนื่องจากน้ำสลัดจากเต้าหู้มีส่วนผสมของน้ำมันถั่วดาวอินคา ที่มีสัดส่วนของไขมันโอเมกา (**ω**) 3, 6, 9 สูงถึง 85% เป็นกรดไขมัน **ω**-3 ลิโนเลอิก (Linolenic acid) 51% (12.8-16.0 กรัม/100กรัมเมล็ด), และกรดไขมัน **ω**-6 ลิโนเลนิก (Linoleic acid) 34% (12.4-14.1 กรัม/100กรัมเมล็ด) ซึ่งสูงกว่าน้ำมันชนิดอื่นๆ[(2)] โดยมีผลทดสอบ

ทางคลินิกแบบสุ่มและปกปิด (randomized double-blind placebo) พบว่าระดับคอเลสเตอรอลและคอเลสเตอรอลแอลดีแอล (LDL Cholesterol) ในเลือดและความดันโลหิตลดลง ในกลุ่มผู้ใหญ่ที่ได้รับน้ำมันถั่วดาวอินคาและน้ำมันทานตะวันนาน 4 เดือน และกลุ่มที่ได้รับน้ำมันถั่วดาวอินคามีระดับ HDL สูงขึ้นในเดือนที่ 4[3]

เต้าหู้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่นิยมบริโภค และย่อยง่ายกว่าโปรตีนจากเนื้อสัตว์ เพราะเป็นโปรตีนคุณภาพดีที่มีกรดอะมิโนจำเป็นจากถั่วเหลือง[4] มีแคลเซียมและใยอาหารสูง และสารคลายฮอรโมนเอสโตรเจนไอโซฟลาโวนส์ ซึ่งมีฤทธิ์ยับยั้งการเกิดมะเร็งเต้านม ลดอาการวูบวาบในหญิงวัยทอง (Hot flashes) กระดูกพรุนและความเสี่ยงของโรคหลอดเลือดหัวใจ[5] จึงเป็นการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์น้ำสลัดจากเต้าหู้ให้มีโภชนาการสูงขึ้น เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับการบริโภคได้ทุกเพศทุกวัย โดยไม่ต้องกังวลกับคอเลสเตอรอลและไขมันอิ่มตัวที่จะเพิ่มปริมาณขึ้นในหลอดเลือด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของร้อยละการทดแทนน้ำถั่วดาวอินคาและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำสลัดเต้าหู้ที่ใช้น้ำมันถั่วดาวอินคาทดแทนน้ำมันถั่วเหลือง รวมถึงศึกษาความต้องการซื้อน้ำสลัดเต้าหู้ที่ใช้น้ำมันถั่วดาวอินคา

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมน้ำสลัดเต้าหู้น้ำมันถั่วดาวอินคา

ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้น้ำมันถั่วดาวอินคาที่เตรียมขึ้นนี้ เป็นชนิดมีปริมาณไขมันน้อยกว่า 35% โดยใช้น้ำมันถั่วดาวอินคาหีบเย็น ซึ่งมีเอกลักษณ์ตรงที่มีกลิ่นค่อนข้างแรงและสีเขียวแกมเหลืองเข้ม ต่างจากน้ำมันถั่วเหลืองที่มีกลิ่นและสีเหลืองอ่อนกว่า ได้เตรียมน้ำสลัดเต้าหู้สูตรพื้นฐานตามวิธีของทัศนีย์และอภิญญา [6] แปรปริมาณน้ำมันถั่วดาวอินคาทดแทนน้ำมันถั่วเหลือง 3 ระดับคือ 6, 9 และ12% (โดยน้ำหนักของน้ำมันถั่วเหลือง) เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม โดยนำส่วนผสมของน้ำส้มสายชู น้ำตาลทราย เกลือป่น มัสตาร์ด และพริกไทยป่น ทำการฆ่าเชื้อและนำเข้าเครื่องปั่น ในขณะปั่นด้วยความเร็วต่ำ ค่อยๆ เติมเต้าหู้ขาวอ่อนจนหมด ให้เติมส่วนผสมของน้ำมันและเลซิทินลงไป แล้วปั่นต่อที่ความเร็วสูงอีก 3 นาที และทำการปั่นสลับด้วยความเร็วสูงต่ำอีก 1 ครั้ง จึงทำพาสเจอไรส์ที่อุณหภูมิ 70°C นาน 30 นาที นำเข้าเครื่องโฮโมจิไนเซอร์ที่อุณหภูมิเดียวกัน 15 นาทีอีก 3 รอบ บรรจุในขวดแก้วปิดสนิท ที่อุณหภูมิห้อง (30$\pm$2°C) โดยวิธี Hot Filling ที่อุณหภูมิ 60 – 72 °C นาน 30 นาที ทำให้เย็นทันที เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

2. การศึกษาความต้องการซื้อของผู้บริโภคของน้ำสลัดเต้าหู้น้ำมันถั่วดาวอินคา

ประเมินผลความต้องการซื้อของผู้บริโภค โดยทดสอบความต้องการซื้อน้ำสลัดเต้าหู้น้ำมันถั่วดาวอินคาและสูตรพื้นฐาน กับบุคคลทั่วไปในช่วงวัย 19–50 ปี จำนวน100 คน ด้วยวิธีการสุ่มแบบบังเอิญ (Accidental Sampling) วางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design (RCBD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test ให้ผู้ชิมตอบแบบสอบถามที่มีระดับการให้คะแนน ดังนี้ 1 = ไม่ประสงค์จะซื้อผลิตภัณฑ์แน่นอน, 2 = อาจจะไม่ซื้อผลิตภัณฑ์, 3 = เฉยๆ, 4 = บางทีอาจจะซื้อผลิตภัณฑ์ และ 5 = ประสงค์ที่จะซื้อผลิตภัณฑ์แน่นอน

3. การศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพน้ำสลัดเต้าหู้น้ำมันถั่วดาวอินคา

ในช่วงการเก็บรักษา 30 วัน สุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบคุณภาพทุกสัปดาห์ โดยวิเคราะห์ค่าสี (Hunter-lab digital colorimeter), ขนาดเม็ดไขมัน (Olympus optical microscope), ความหนืด (Brookfield viscometer), ปริมาณน้ำอิสระ (water activity; AqualabLITE), ความเป็นกรดเบส (pH meter), ความเป็นกรดทั้งหมด (% total acidity) [7], thiobarbituric acid (TBA) [7], คุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน ความชื้นและเถ้า[7], จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) [8] วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (ทำทดลอง 2 ซ้ำ)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลศึกษาสมบัติทางคุณภาพของน้ำสลัดเต้าหู้น้ำมันถั่วดาวอินคา

น้ำสลัดเต้าหู้น้ำมันดาวอินคาทั้ง 3 สูตร มีขนาดเม็ดน้ำมัน, คาร์โบไฮเดรต, โปรตีน,ไขมันทั้งหมดและความชื้น ไม่แตกต่างกันจากสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) โดยมีขนาดเม็ดน้ำมันระหว่าง 17.6-17.9 µm ปริมาณน้ำอิสระ(Aw) มีค่า0.85 - 0.87 โดยสูตร 3 มีค่าต่ำสุด 0.85

2. การทดสอบความต้องการซื้อของผู้บริโภคของน้ำสลัดเต้าหู้น้ำมันถั่วดาวอินคา

ทำการทดสอบความต้องการทางการตลาดของผู้บริโภคทั่วไป โดยใช้ผู้ทดสอบไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 100 คน พบว่าน้ำสลัดทั้ง 3 สูตรมีคะแนนความต้องการซื้อ (ไม่แสดงผล) ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และไม่ต่างกันระหว่างสูตร โดยน้ำสลัดสูตร 2 (9%) มีคะแนนความต้องการซื้อสูงสุด (3.54) รองลงมาคือสูตร 1 (3.50) และสูตร 3 (3.28) ตามลำดับ นั่นคือผู้บริโภคมีความต้องการซื้อน้ำสลัดเต้าหู้น้ำมันถั่วดาวอินคาอยู่ในช่วงเฉยๆ ถึง บางทีอาจจะซื้อผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 1 สมบัติทางคุณภาพของน้ำสลัดเต้าหู้น้ำมันถั่วดาวอินคา

การทดสอบ	ร้อยละการทดแทน			
	สูตรควบคุม (0%)	สูตร 1 (6%)	สูตร 2 (9%)	สูตร 3 (12%)
Oil droplet size^{ns} (µm)	17.6±0.01	17.9±0.01	17.8±0.01	17.9±0.01
Carbohydrate^{ns} (%)	31.06±0.01	29.78±0.18	30.06±0.13	28.82±0.01
Protein^{ns} (%)	1.73±0.18	1.72±0.01	1.58±0.11	1.92±0.09
Total fat^{ns} (%)	32.41±1.97	32.44±0.84	32.48±1.95	32.46±2.09
Ash^{ns} (%)	1.16±0.19	2.12±0.03	2.21±0.39	2.21±0.39
Moisture^{ns} (%)	33.63±1.91	33.93±1.74	33.59±1.90	33.58±2.10
Water activity (Aw)	0.88±0.00^{a}	0.87±0.00^{a}	0.86±0.00^{b}	0.85±0.00^{b}

a,b,c ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$), ns ไม่มีความแตกตางกันอยางมีนัยสำคัญ ($P \geq 0.05$)

3. การศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพน้ำสลัดเต้าหู้น้ำมันถั่วดาวอินคา

น้ำสลัดเต้าหู้น้ำมันถั่วดาวอินคาและสูตรควบคุม (ตารางที่ 2) พบว่า ความหนืดของทุกสูตรมีแนวโน้มลดลงโดยสูตร 2 มีค่าความหนืดสูงสุดที่การเก็บรักษา 21 วัน ทั้งนี้อาจเป็นผลของอิมัลชันมีความเสถียรลดลง เนื่องจากอนุภาคน้ำมันขนาดเล็กจับตัวกัน (Flocculation) รวมตัวมีขนาดใหญ่ขึ้น (coalescence) เกิดแยกตัวออกจากเฟสน้ำซึ่งส่งผลทำให้น้ำสลัดมีลักษณะเหลวมากขึ้น อีกทั้งยังทำให้ลำแสงกระเจิงได้มากขึ้น ค่า L* จึงลดลง ความเป็นสีเขียวเหลืองของน้ำมันดาวอินคาที่ทดแทนในน้ำสลัดอาจส่งผลต่อค่า a*และ b* ซึ่งสอดคล้องกับ[9] ที่เติมแคโรทีนและลูเทอีนในมายองเนสพบว่า เมื่อเก็บนาน 2 เดือน ค่า L*และ b* ลดลง เพราะการเก็บนานขึ้นส่งผลให้ขนาดอนุภาคน้ำมันใหญ่ขึ้น ประสิทธิภาพในการกระเจิงแสงของเม็ดน้ำมันมากขึ้น

ตารางที่ 2 ค่าความหนืดของน้ำสลัดเต้าหู้น้ำมันถั่วดาวอินคาระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ร้อยละการทดแทน	ค่าความหนืด (Cps) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	7	14	21	30
สูตรควบคุม (0%)	1129.66±0.57^{Ad}	1059.00±0.57^{Bd}	921.50±6.11^{Cc}	798.66±2.30^{Dd}	450.66±2.30^{Ec}
สูตร 1 (6%)	1233.33±15.28^{Cc}	1256.66±5.77^{Ba}	1336.67±5.77^{Aa}	1136.66±20.81^{Db}	454.66±2.30^{Ec}
สูตร 2 (9%)	1293.33±15.28^{Ab}	1280.66±49.32^{Bbc}	1293.33±5.77^{Ab}	1249.88±26.45^{Aa}	753.33±6.11^{Ca}
สูตร 3 (12%)	1440.00±20.00^{Aa}	1216.66±5.77^{Cab}	1296.66±5.77^{Bb}	1012.66±0.57^{Dc}	489.33±4.61^{Eb}

A,B,C ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนและ a,b,c ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

น้ำสลัดทุกสูตรมีลักษณะปรากฏ (ตารางที่ 3) ความสว่าง (L*) มีแนวโน้มลดลง และแตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) สูตร 3 มีค่าลดลงสูงสุด (71.38 เป็น 60.85) แต่ลดลงน้อยกว่าสูตรควบคุม (70.59 เป็น 50.16) ทั้ง 3 สูตร ความเป็นสีเขียว (a*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งต่างจากสูตรควบคุมที่มีแนวโน้มลดลง (-0.45 เป็น -0.99) โดยสูตร 3 มีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุด (-0.66 เป็น -0.04),ความเป็นสีเหลือง (b*) ทุกสูตรมีแนวโน้มลดลงไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม (26.92 เป็น 23.61) ($p>0.05$) โดยสูตร 3 มีค่าลดลงสูงสุด (27.04 เป็น 23.79) ผลสอดคล้องกับพจนีย์ [10] โดยที่ 30 วัน มีค่า L*, a* และ b* เท่ากับ 58.66, 3.10 และ 20.07 ตามลำดับ ค่า Chroma ของทั้ง 3 สูตรแตกต่างจากสูตรควบคุม ($p\leq0.05$) โดยสูตร 3 มีค่า Chroma สูงสุด (ระหว่าง 23.79 - 27.04) ค่า Hue อยู่ในช่วง 90.10-91.46 ซึ่งไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p>0.05$) นั่นแสดงว่าการใช้น้ำมันถั่วดาวอินคาปริมาณมากขึ้นมีผลทำให้น้ำสลัดมีค่า Chroma สูงขึ้น คือมีสีเข้มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อเฉดสี (Hue) ของผลิตภัณฑ์ โดยมีสีเหลืองออกเขียว ทั้งนี้เป็นเพราะโดยธรรมชาติของน้ำมันถั่วดาวอินคาหีบเย็น ซึ่งมีสีเขียวแกมเหลืองที่มีความเข้มมากกว่าสีน้ำมันถั่วเหลืองในสูตรควบคุม รวมถึงน้ำมันยังมีองค์ประกอบของไขมันและสัดส่วนของกรดไขมันโอเมกา 3 ต่างกัน เปรียบเทียบกับน้ำมันทานตะวันที่เก็บนาน 3 เดือน พบว่าค่าเปอร์ออกไซด์มีแนวโน้มสูงขึ้นเนื่องจากออกซิเดชันของไขมัน เกิดสารเปอร์ออกไซด์ ไฮโดรเปอร์ออกไซด์มากขึ้น[11] ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลต่อลิพิดออกซิเดชันแบบไม่ใช้เอนไซม์ให้เกิดได้สูงขึ้นเร็วช้าต่างกันด้วย

ตารางที่ 3 ลักษณะปรากฏของน้ำสลัดเต้าหู้น้ำมันถั่วดาวอินคาระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ลักษณะปรากฏ	ร้อยละการทดแทน	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
		0	7	14	21	30
L*	สูตรควบคุม (0%)	70.59 ± 0.29^{NSb}	64.08 ± 2.27^{NSa}	64.54 ± 0.43^{NSa}	62.79 ± 0.01^{NSa}	50.16 ± 0.45^{NSns}
	สูตร 1 (6%)	69.45 ± 0.02^{Bd}	64.01 ± 0.11^{Cd}	61.14 ± 0.43^{Dd}	60.42 ± 0.08^{Ed}	58.90 ± 0.19^{Ans}
	สูตร 2 (9%)	68.54 ± 0.05^{Bc}	69.73 ± 0.15^{Cb}	61.63 ± 0.04^{Cc}	60.37 ± 0.03^{Dc}	61.69 ± 0.15^{Ans}
	สูตร 3 (12%)	71.38 ± 0.03^{Aa}	64.76 ± 0.02^{Bns}	63.71 ± 0.07^{Bb}	63.37 ± 0.07^{Cb}	60.85 ± 2.08^{Cns}
a*	สูตรควบคุม (0%)	-0.45 ± 0.02^{Ab}	-0.48 ± 0.17^{Aab}	-0.73 ± 0.02^{Bc}	-0.79 ± 0.17^{BCb}	-0.99 ± 0.03^{Cd}
	สูตร 1 (6%)	-0.43 ± 0.01^{Bb}	-0.42 ± 0.06^{Ba}	-0.27 ± 0.08^{Aa}	-0.23 ± 0.02^{Ab}	-0.22 ± 0.14^{Dc}
	สูตร 2 (9%)	-0.41 ± 0.19^{Ba}	-0.37 ± 0.24^{ABa}	-0.36 ± 0.08^{Cc}	-0.22 ± 0.02^{Aa}	-0.33 ± 0.20^{Dc}
	สูตร 3 (12%)	-0.66 ± 0.03^{CDc}	-0.63 ± 0.06^{Cb}	-0.58 ± 0.06^{Db}	-0.19 ± 0.02^{Ab}	-0.04 ± 0.10^{BA}
b*	สูตรควบคุม (0%)	26.92 ± 0.06^{Aa}	26.81 ± 0.10^{Ab}	26.76 ± 0.05^{Aa}	26.14 ± 0.02^{Ba}	23.61 ± 0.25^{Cb}
	สูตร 1 (6%)	24.43 ± 0.11^{Bd}	25.64 ± 0.12^{Ac}	25.44 ± 0.03^{Ac}	23.98 ± 0.19^{Cd}	23.46 ± 0.17^{Db}
	สูตร 2 (9%)	26.17 ± 0.04^{Ab}	25.76 ± 0.03^{Bc}	24.66 ± 0.04^{Dc}	24.86 ± 0.20^{Ca}	24.49 ± 0.06^{Dc}
	สูตร 3 (12%)	27.04 ± 0.11^{Aa}	26.87 ± 0.09^{Ba}	25.83 ± 0.08^{Cb}	25.08 ± 0.05^{Db}	23.79 ± 0.09^{Eb}
Chroma	สูตรควบคุม (0%)	26.77 ± 0.01^{Aa}	26.81 ± 0.05^{Ab}	26.91 ± 0.01^{Aa}	26.14 ± 0.01^{Ba}	23.60 ± 0.06^{Cb}
	สูตร 1 (6%)	24.43 ± 0.01^{Bd}	25.64 ± 0.07^{Ac}	25.44 ± 0.01^{Ac}	23.98 ± 0.12^{Cd}	23.46 ± 0.01^{Db}
	สูตร 2 (9%)	24.65 ± 1.15^{Dc}	25.76 ± 0.01^{Bc}	26.17 ± 0.01^{Ac}	24.86 ± 0.11^{Ca}	$24.82\pm0.01D^{Da}$
	สูตร 3 (12%)	27.04 ± 0.08^{Aa}	26.87 ± 0.01^{Ab}	25.82 ± 0.01^{Bab}	25.08 ± 0.01^{Db}	23.79 ± 0.01^{Cb}
Hue	สูตรควบคุม (0%)	90.96 ± 0.01^{Cb}	91.03 ± 0.01^{Ca}	91.55 ± 0.01^{Ba}	92.17 ± 0.01^{Aa}	91.92 ± 0.01^{Aa}
	สูตร 1 (6%)	91.00 ± 0.01^{Ab}	90.40 ± 0.01^{Bb}	90.52 ± 0.01^{Bb}	91.00 ± 0.01^{Ad}	90.54 ± 0.01^{Bc}
	สูตร 2 (9%)	90.00 ± 0.01^{Dc}	90.49 ± 0.01^{Cb}	90.85 ± 0.01^{Dc}	90.96 ± 0.01^{Ab}	90.09 ± 0.01^{Bb}
	สูตร 3 (12%)	91.46 ± 0.01^{Aa}	90.72 ± 0.01^{Cc}	91.44 ± 0.01^{Bb}	90.40 ± 0.01^{Ac}	90.10 ± 0.01^{Cd}

A,B,C ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนและ a,b,c ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$), NS, ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \geq 0.05$)

L* = ค่าความสว่าง 0 ถึง 100, (+ a*) = ค่าสีแดง, (- a*) = ค่าสีเขียว, (+ b*) = ค่าสีเหลือง, (- b*) = ค่าสีน้ำเงิน, Hue (H) $=\tan^{-1}(b^*/a^*)+180°$ เมื่อ a*=-, b*=+, Chroma (C) $=(a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$

ความเป็นกรดเบส (pH) ของน้ำสลัดน้ำมันถั่วดาวอินคา (ตารางที่ 4) ทุกสูตรมีค่า 3.83-3.95 ซึ่งไม่เกิน 4.1 ตามที่มาตรฐานกำหนด[8] โดยสูตร 3 มีความเป็นกรดเบสสูงกว่าสูตรอื่น และแตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับผลของพจนีย์[10] ที่เท่ากับ 4.09 และ 3.26 -3.49 น้ำสลัดน้ำข้นทางการค้า (มีไขมันมากกว่า 35%) อยู่ระหว่าง 3.70 - 5.75[12] น้ำสลัดทุกสูตรมีค่า Total acidity ไม่ต่างจากสูตรควบคุม ($p\leq0.05$) โดยสูตร 3 มีค่าสูงกว่าสูตรอื่น เท่ากับ 0.67 (mg acetic acid /100g) และ TBA เท่ากับ 1.02 (mg malonaldehyde /kg) ซึ่งแตกต่างกับสูตรควบคุม ($p\leq0.05$) ทุกสูตรมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินค่ากำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.1402-2540) คือ 1×10^4 CFU/g [8] เนื่องจากมีค่าความเป็นกรดเบสไม่เกิน 4.1 และมีค่า Aw ต่ำ (0.86-0.88) ซึ่งไม่เอื้อต่อการเจริญของจุลินทรีย์ แม้ทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ทำให้มั่นใจว่าผลิตภัณฑ์น้ำสลัดน้ำมันถั่วดาวอินคานี้ มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคตลอดอายุการเก็บรักษา 30 วัน

ดังนั้นผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเต้าหู้ที่ทดแทนด้วยน้ำมันถั่วดาวอินคาที่ปริมาณ 12% จึงมีผลต่อการเกิดออกซิเดชันสูงขึ้น โดยผลของการตรวจวัดค่า Total acidity และ TBA ที่ใช้บ่งชี้การเกิดกลิ่นหืนในอาหารที่มีไขมันสูงได้นั้น เพราะมีผลต่อการเสื่อมเสียและทำให้อายุการเก็บรักษาอาหารสั้นลง ด้วยเป็นสาเหตุสำคัญของเกิดกลิ่นผิดปกติหรือกลิ่นหืน แสดงว่าน้ำมันถั่วดาวอินคาซึ่งมีสัดส่วนของไขมันโอเมกา 3 สูงกว่าน้ำมันถั่วเหลือง นั้นส่งผลทำให้น้ำสลัดดาวอินคาเกิดกลิ่นหืนได้มากกว่า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการ

มีไขมันไม่อิ่มตัวของน้ำมันที่สูงกว่า ย่อมมีโอกาสเกิดกรดไขมันอิสระได้สูงมากกว่าด้วย เนื่องจากน้ำมันถั่วดาวอินคามีกรดไขมันไม่อิ่มตัว 93.6% ในขณะที่น้ำมันถั่วเหลืองมีอยู่ 80.1% ด้วยปริมาณพันธะคู่ระหว่างอะตอมคาร์บอนของหมู่ไฮโดรคาร์บอนที่มีมากกว่าจึงมีโอกาสเกิดออกซิเดชันของไขมันได้มากกว่าด้วยปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นนี้จะไปกระตุ้นโมเลกุลของกรดไขมันที่เหลือให้เกิดปฏิกิริยาต่อไปจนถึงขั้นสุดท้าย (Termination) ผลผลิตของอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นมากมาย เช่น อัลดีไฮด์ คีโทน แอลกอฮอล์ อัลเคน และกรดอินทรีย์ ยังสามารถรวมตัวกันเกิดเป็นสารใหม่ (Secondary product) ทำให้ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดมีสี กลิ่น กลิ่นรส และเนื้อสัมผัส เปลี่ยนแปลงจากสภาพเดิมของการเก็บรักษาในวันเริ่มต้น

ตารางที่ 4 สมบัติทางเคมีและจุลินทรีย์ทั้งหมดของน้ำสลัดเต้าหู้น้ำมันถั่วดาวอินคาระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

การทดสอบ	ทรีตเมนท์	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
		0	7	14	21	30
pH	Control	3.91±0.01^{Ca}	3.92± 0.01^{Ca}	3.94±0.01^{Bab}	3.96±0.01^{Aa}	3.97±0.01^{Aa}
	1	3.83±0.01^{Cb}	3.87±0.01^{Bb}	3.88±0.01^{Abc}	3.87±0.01^{Dc}	3.88±0.01^{Bb}
	2	3.84±0.01^{Cb}	3.89±0.01^{Bb}	3.89±0.01^{Aa}	3.88±0.01^{Dd}	3.92±0.01^{Bb}
	3	3.83±0.00^{Db}	3.88±0.01^{Bb}	3.89±0.01^{Ab}	3.88±0.01^{Cb}	3.95±0.01^{Bb}
Total acidity	Control	0.62±0.00^{Bc}	0.63±0.01^{Bb}	0.64±0.01^{ABb}	0.64±0.01^{ABns}	0.63±0.01^{Bns}
(g acetic	1	0.65±0.00^{NSb}	0.64±0.01^{NSb}	0.65±0.01^{NSb}	0.65±0.01^{NSns}	0.65±0.01^{NSns}
acid / 100 g)	2	0.64±0.00^{ABb}	0.63±0.01^{Bb}	0.64±0.01^{Bb}	0.65±0.01^{ABns}	0.64±0.01^{Bns}
	3	0.66±0.01^{NSa}	0.67±0.01^{NSa}	0.66±0.01^{NSa}	0.67±0.01^{NSns}	0.67±0.00^{NSns}
TBA (mg	Control	0.28±0.03^{BCb}	0.22±0.17^{Cc}	0.31±0.02^{BCc}	0.40±0.08^{ABc}	0.55±0.04^{Ac}
malonal	1	0.37±0.05^{Bab}	0.94±0.05^{Aa}	0.95±0.14^{Aa}	0.98±0.09^{Aa}	1.10±0.02^{Aa}
dehyde/kg)	2	0.37±0.05^{Dab}	0.57±0.05^{Cb}	0.74±0.00^{Bb}	0.78±0.00^{Bb}	0.86±0.05^{Ab}
	3	0.47±0.09^{Da}	0.65±0.41^{Cb}	0.71±0.03^{BCb}	0.85±0.01^{Bb}	1.02±0.15^{Aab}
Total plate	Control	3.5×10^3	5.0×10^3	5.0×10^3	6.0×10^3	9.7×10^3
count	1	17.0×10^3	20.0×10^3	21.0×10^3	22.3×10^3	28.3×10^3
(CFU/g)	2	1.5×10^3	1.7×10^3	3.3×10^3	4.3×10^3	20.0×10^3
	3	1.1×10^3	3.3×10^3	3.0×10^3	3.0×10^3	9.0×10^3

A,B,C ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนและ a,b,c ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$), NS ไม่มีความแตกตางกันอยางมีนัยสำคัญ ($P \geq 0.05$)

สรุป

การเก็บรักษาของน้ำสลัดเต้าหู้น้ำมันถั่วดาวอินคา โดยการทดแทนน้ำมันถั่วเหลืองด้วยน้ำมันถั่วดาวอินคาที่ 6, 9 และ 12% (โดยน้ำหนัก) เป็นเวลา 30 วันที่อุณหภูมิห้อง ในช่วง 14 วันแรก ความหนืดของน้ำสลัดเต้าหู้ทั้ง 3 สูตร มีแนวโน้มสูงขึ้น หลังจากนั้นมีแนวโน้มลดลง, L* และ b* มีแนวโน้มลดลง, a* มีแนวโน้มสูงขึ้น หลังจาก 21 วัน ค่า pH มีแนวโน้มลดลงสอดคล้องกับความเป็นกรดทั้งหมด, TBA มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดใน 30 วัน ไม่เกินค่ามาตรฐาน และผู้บริโภคมีความต้องการซื้อน้ำสลัดน้ำมันถั่วดาวอินคาสูตร 2 (9%) มากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

1. Chirinos R., Zuloeta G, Pedreschi R, Mignolet E, Larondelle Y, Campos D. Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*): A seed source of polyunsaturated fatty acids, tocopherols, phytosterols, phenolic compounds and antioxidant capacity. Food Chemistry 2013; 141: 1732–1739.
2. Maurer, N.E., Hatta-Sakoda, B., Pascual-Chagman, G., Rodriguez-Saona, L.E. Characterization and authentication of a novel vegetable source of omega-3fatty acids, sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil, Food Chemistry 2012; 134: 1173–1180.
3. Gonzales, G.F., Gonzales, C. A randomized, double-blind placebo-controlled study on acceptability, safety and efficacy of oral administration of sacha inchi oil (*Plukenetia volubilis* L.) in adult human subjects. Food and Chemical Toxicology 2014; 65: 168-176.
4. ดวงจันทร์ เฮงสวัสดิ์, กรุณา วงษ์กระจ่าง, พัชรี ตั้งตระกูล, รัศมี ศุภศรี, สมจิต อ่อนเหม, มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์, ชมดาว สิกขะมณฑล. ผลิตภัณฑ์เต้าหู้และนมถั่วเหลืองที่มีสารGABA สำหรับผู้สูงอายุ. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2554.
5. ชรินทร์ ถาวรคุโณ. ไอโซฟลาโวนจากถั่วเหลือง: ชีวเคมีกลไกการออกฤทธิ์และความเกี่ยวข้องในการป้องกันมะเร็งเต้านม. Thai J. Genet. 2014; 7(1) : 7–15.
6. ทัศนีย์ วัฒนชัยยงค์, อภิญญา เจริญกูล. การทดแทนน้ำมันถั่วเหลืองด้วยน้ำมันถั่วดาวอินคาในน้ำสลัดจากเต้าหู้. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 2561; 49 (2) (พิเศษ): 49-52.
7. AOAC. Official methods of analysis of AOAC International. 17th ed. Gaithersburg, Maryland: Association of Analytical Communities; 2000.
8. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมายองเนสและสลัดครีม, มอก.1402-2540. กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม; 2540.
9. Sanitpanichwong, R. and Suphantharika, M. Carotenoids as colorants in reduced-fat mayonnaise containing spent brewer's β-glucan as a fat replacer. Food Hydrocolloids 2007, 21: 565-574.
10. พจนีย์ บุญนา, จอมขวัญ สุวรรณรักษ์, วรลักษณ์ ปัญญาธิติพงศ์, ปรัชญา แพมงคล. การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดชนิดข้นจากเต้าหู้เพื่อสุขภาพ. กรุงเทพฯ: คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร; 2553.
11. Eidhin, D.N., O'Beirne, D. Oxidative stability of camelina oil in salad dressings, mayonnaises and during frying. International Journal of Food Science and Technology 2010, 45: 444–452.
12. ศุภมาศ กลิ่นขจร, นารีรัตน์ สุนทรธรรม, พัจนา สุภาสูรย์. การวิจัยและพัฒนาน้ำสลัดผลไม้เพื่อสุขภาพ. ใน: รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2553. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร, กรมวิชาการเกษตร; 2553. หน้า 351-364.

[AS-P29] การเปรียบเทียบคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของไก่พื้นเมืองสายพันธุ์การค้าและไก่พื้นเมืองสายพันธุ์ตองหนึ่ง

Comparison of Carcass Quality and Meat Quality in Commercial Thai Native and Thong Nueng Native Chickens

ศรัญญ่า บุญสำลี และ ศิริพร นามเทศ*
Sarunya Boonsamlee and Siriporn Namted*
หลักสูตรเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: Siriporn.nam@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

การศึกษาการเปรียบเทียบคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของไก่พื้นเมืองสายพันธุ์การค้าและไก่พื้นเมืองสายพันธุ์ตองหนึ่ง ทำการทดลองในไก่เพศผู้ จำนวน 20 ตัว สายพันธุ์ละ 10 ตัว โดยวางแผนการทดลองแบบ T-test for Independent Sample (T-test) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ไก่พื้นเมืองสายพันธุ์การค้า และกลุ่มที่ 2 ไก่พื้นเมืองสายพันธุ์ตองหนึ่ง ผลการศึกษา พบว่า ค่าเฉลี่ยน้ำหนักรวม เปอร์เซ็นต์อก ปีกรวม และสะโพก ของไก่พันธุ์พื้นเมืองทางการค้าและพันธุ์ตองหนึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนเปอร์เซ็นต์น่อง เท้า ซี่โครง ไขมันในช่องท้อง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ผลของคุณภาพสี พบว่า ค่าสี L* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ค่าสี a* และค่า b* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในส่วนของคุณภาพเนื้อ พบว่า เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการแช่เย็น การสูญเสียน้ำจากการแช่แข็ง ค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ขณะที่พันธุ์ตองหนึ่งมีแนวโน้มการสูญเสียน้ำจากการต้มสุกมากกว่าพันธุ์พื้นเมืองทางการค้า ดังนั้นจากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า ไก่พื้นเมืองพันธุ์ตองหนึ่งมีคุณภาพซากชิ้นส่วนสำคัญภายในดีกว่าพันธุ์พื้นเมืองทางการค้าถึงแม้ว่าจะมีน้ำหนักตัวที่น้อยกว่า

คำสำคัญ: *คุณภาพซาก, คุณภาพเนื้อ, ไก่พื้นเมืองสายพันธุ์ตองหนึ่ง*

Abstract

The aim of this study to compares of carcass quality and meat quality in commercial Thai native and Thong Nueng native chickens. Total of 20 male chickens includes 10 individual per beed. Experimental design, T-test for Independent Sample (T-test) was divided into 2 groups of 10 or over 1 percent of Group 1 commercial Thai native chickens and group 2 Thong Nueng native chickens. The results found that averang chicken weight chicken breast percentage, wings and thigh of Commercial Thai native and Thong Nueng were significantly different ($p \leq 0.05$).While, the percentage of Drumstick chicken feet ribs abdominal fat not statistically different. The results of color quality showed that L* color values were not significantly different,but color values a* and b* were statisticantly different. In terms of meat quality, found that the percentage of dip loss thawing loss and shear force were no significant different ($p > 0.05$) while Thong Nueng tended to be increase Cooking loss of Thai native commercial. Therefore, from the experiment results indicate that the Thong Nueng native chickens had better quality of carcass than the Thai native commercial, although it had a lower body weight.

Keywords: *carcass quality, meat quality, Thong Nueng native chickens*

บทนำ

ไก่ลูกผสมพื้นเมือง (Native crossed) เป็นไก่ที่เกิดจากการผสมข้าม ที่ใช้พ่อพันธุ์เป็นไก่พื้นเมือง ได้แก่ ประดู่หางดำ เหลืองหางขาว ชี และแดง แม่พันธุ์เป็นไก่กึ่งไข่กึ่งเนื้อ เช่น ไก่โร๊ดไอส์แลนด์เรด ไก่บาร์พลีมัทร็อค ไก่เซี่ยงไฮ้ โดยมีสายเลือดของไก่พื้นเมืองในลูกผสมอย่างน้อย 50 เปอร์เซ็นต์ จุดประสงค์เพื่อ ให้ได้ไก่ลูกผสมที่ใกล้เคียงกับไก่พื้นเมือง ทั้งลักษณะภายนอก สีขน รสชาติของเนื้อ และมีลักษณะสำคัญทางเศษรฐกิจคือมีอัตราการเจริญเติบโตเร็วกว่าไก่พื้นเมืองพันธุ์แท้ นอกจากนี้คุณสมบัติของไก่พื้นเมืองที่จะต้องอนุรักษ์ไว้คือ ความเป็นแม่ที่ดี ได้แก่ การฟักไข่ การเลี้ยงลูก ความต้านทานโรค และความทนทานต่อสภาพอากาศร้อน ส่วนคุณสมบัติที่จะต้องรักษาไว้เพื่อประโยชน์ในเชิงอุตสาหกรรมคือคุณภาพเนื้อ คุณภาพเนื้อไก่พื้นเมืองและไก่ลูกผสมพื้นเมืองดีกว่าไก่เนื้อในแง่รสชาติและสุขภาพของผู้บริโภค เนื่องจากเนื้อมีความเหนียวนุ่ม เปอร์เซ็นต์โปรตีนและสัดส่วนระหว่างกรดไขมันไม่อิ่มตัวต่อกรดไขมันอิ่มตัวในเนื้อสูงแต่มีคลอเลสเตอรอลต่ำกว่า ซึ่งเป็นผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภค[1]

ปัจจุบันภาคเอกชนในการผลิตเชิงอุตสาหกรรม ได้มีการพัฒนาสายพันธุ์มีไก่พื้นเมืองลูกผสมขึ้นมากมาย เพื่อให้ได้สายพันธุ์ที่มีคุณภาพเนื้อที่เหมาะสมกับความต้องการของผู้บริโภค เนื้ออร่อย ไม่เหนียว ไม่ยุ่ย ไม่คาว ไม่มีกลิ่นสาบ มีโครงร่างดีปริมาณเนื้อมาก แม่พันธุ์สามารถผลิตไข่ได้ดี เช่น บริษัทตะนาวศรีไก่ไทย ผลิตตะนาวศรี บริษัทเจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน) ผลิตไก่บ้านสีทองและไก่ไทยซีพี และบริษัทฟาร์มชัยอารีย์ จำกัด ผลิตไก่ชัยอารีย์ เป็นต้น เช่นเดียวกับทางบริษัท ฟาร์มไก่พันธุ์ 111 จึงผลิตไก่พื้นเมืองลูกผสมระหว่างไก่พ่อพันธุ์พื้นเมืองไทย (เหลืองหางขาว) กับไก่แม่พันธุ์ทางการค้า (specific combining ability; SCA) ทำให้ได้ไก่พื้นเมืองพันธุ์ตองหนึ่ง[2]

ดังนั้นการทดลองครั้งนี้จึงมุงศึกษาถึงคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของไกลูกผสมพื้นเมืองพันธุ์ตองหนึ่งและไก่ลูกผสมพื้นเมืองทางการค้า (ที่มีการเลี้ยงเปนเชิงอุตสาหกรรม) เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ และสีเนื้อของไก่ลูกผสมพื้นเมืองพันธุ์ตองหนึ่งและไก่ลูกผสมพื้นเมืองทางการค้า

วิธีดำเนินการวิจัย

1. สัตว์ทดลอง

ใช้ไก่พื้นเมืองพันธุ์ตองหนึ่งและไก่พื้นเมืองพันธุ์ทางการค้าเลี้ยงแบบปล่อยพื้น เพศผู้ ทั้งหมด 20 ตัว อายุ 75 วัน โดยน้ำหนักของไก่จะอยู่ระหว่าง 1.8 – 2.0 กิโลกรัม

2. การศึกษาคุณภาพซาก (Carcass Quality)[3]

บันทึกน้ำหนักมีชีวิต แล้วทำการตัดแต่งซากออกเป็นส่วนต่างๆ เพื่อบันทึกน้ำหนักได้แก่ เนื้อหน้าอก ปีก สะโพก น่อง และไขมันช่องท้องรวมไขมันรอบกึ๋น แล้วนำมาคำนวณหาคุณภาพซากเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวมีชีวิต

3. การศึกษาคุณภาพเนื้อ (Meat Quality)

ใช้เนื้อหน้าอก (เนื่องจากเนื้อหน้าอกมีสัดส่วนของเนื้อมากที่สุดในร่างกาย) ซึ่งแบ่งเป็นการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้:

3.1 การสูญเสียน้ำภายหลังจากการแช่เย็น (Drip loss)

โดยนำเนื้อหน้าอก มาชั่งน้ำหนักเริ่มต้นแล้วบันทึกค่า จากนั้นห่อด้วยผ้าก๊อซแล้วบรรจุในถุงพลาสติก แล้วนำไปแขวนในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาซับให้แห้ง แล้วชั่งน้ำหนัก เพื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์ค่า drip loss

3.2 การสูญเสียน้ำขณะประกอบอาหาร (Cooking loss)

โดยนำเนื้อหน้าอกมาชั่งน้ำหนักเริ่มต้นแล้วบันทึกค่า จากนั้นนำเนื้อหน้าอกใส่ถุงพลาสติกปิดผนึกให้สนิท แล้วนำไปต้มที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส จนใจกลางของเนื้อมีอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส แล้วนำขึ้นมาทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วซับให้แห้ง จากนั้นชั่งน้ำหนัก เพื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์ค่า cooking loss

3.3 การทดสอบแรงตัดผ่าน (Shear force)

นำเนื้อหน้าอก มาทำการวิเคราะห์ค่าแรงตัดผ่านเนื้อด้วยเครื่อง Texture analyzer ด้วยหัววัดแบบ Warner-Blazler blade โดยนำเนื้อหน้าอกที่ได้หลังจากทำ cooking loss แล้วมาทำการตัดชิ้นเนื้อตามเส้นใยให้มีความยาว 1 เซนติเมตร กว้าง 2 เซนติเมตร และสูง 1.5 เซนติเมตร หลังจากนั้นทำการวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (shear force)

4. วัดสีเนื้อ (Color measurement)[4]

โดยนำเนื้อหน้าอก (ใช้เนื้อดิบ) มาทำการวัดสีของเนื้อด้วยเครื่องมือวัดสีของเนื้อ (Miniscan E7, Hunter Lab) ซึ่งจะแสดงผลในรูปของ *L** (ค่าความสว่าง) *a** (ค่าความเป็นสีแดง) และ *b** (ค่าความเป็นสีเหลือง) แล้วทำการบันทึกค่าสีที่ได้

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ใช้ค่า t-test เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ได้จากทั้งสองกลุ่มที่เป็นอิสระ ต่อคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อและสีเนื้อของไก่พื้นเมืองพันธุ์ตองหนึ่ง ใช้โปรแกรมซอฟต์แวร์วิเคราะห์ระบบสถิติ (SAS) เวอร์ชัน 9.0, 2002 โดยใช้ระดับความเชื่อมั่น $p<0.05$

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการวัดคุณภาพซากของไก่พันธุ์พื้นเมืองทางการค้าและพันธุ์ตองหนึ่ง

จากการศึกษาคุณภาพซากของไก่พันธุ์พื้นเมืองทางการค้าและพันธุ์ตองหนึ่ง ดังตาราที่ 1 พบว่า น้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักซาก เปอร์เซ็นต์ซาก เปอร์เซ็นต์อก เปอร์เซ็นต์ปีก และเปอร์เซ็นต์สะโพกของไก่พื้นเมืองทางการค้าและไก่ตองหนึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) โดยพบว่า น้ำหนักมีชีวิตและเปอร์เซ็นต์ซากของไก่พื้นเมืองทางการค้ามีค่ามากกว่าไก่พันธุ์ตองหนึ่ง ขณะที่เปอร์เซ็นต์อก เปอร์เซ็นต์ปีกรวม และเปอร์เซ็นต์สะโพกของไก่พันธุ์ตองหนึ่งมีค่ามากกว่าไก่พื้นเมืองทางการค้า ส่วนเปอร์เซ็นต์น่อง และเปอร์เซ็นต์ไขมันในช่องท้อง ของไก่พันธุ์พื้นเมืองทางการค้าและพันธุ์ตองหนึ่งไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ขณะที่เปอร์เซ็นต์เครื่องในของพันธุ์ตองหนึ่งมีแนวโน้มมากกว่าพันธุ์พื้นเมืองทางการค้า ($P>0.05$) ผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการรายงาน[5] ที่ศึกษาการเปรียบเทียบลักษณะซากของไก่พื้นเมืองและไก่ลูกผสม พบว่าเปอร์เซ็นต์สะโพก อก ปีกของไก่ลูกผสมมีค่าสูงกว่าไก่ลูกผสมพื้นเมือง ส่วนเปอร์เซ็นต์ซากรวมเครื่องในของไก่ลูกผสมพื้นเมืองทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$)

ตารางที่ 1 ลักษณะคุณภาพซากของไก่พันธุ์พื้นเมืองทางการค้าและพันธุ์ตองหนึ่ง

คุณภาพซาก (%)	พื้นเมืองทางการค้า	ตองหนึ่ง	P-value
น้ำหนักมีชีวิต	2055.50±101.17	1923.50±192.94	0.07
น้ำหนักซาก	1925.80±100.13	1775.40±212.97	0.05
เปอร์เซ็นต์ซาก	93.68±1.04	92.20±4.25	0.29
อก	14.29±1.06	15.81±1.75	0.03
ปีกรวม	9.19±1.80	10.48±0.79	0.05
สะโพก	12.36±0.77	14.40±1.33	0.00
น่อง	12.55±0.36	12.79±1.01	0.49
เครื่องใน	8.88±0.91	9.51±0.55	0.08
ไขมันในช่องท้อง	1.04±0.87	0.55±0.40	0.12

2. ผลการวัดคุณภาพสีเนื้ออกไก่พันธุ์พื้นเมืองทางการค้าและพันธุ์ตองหนึ่ง

จากการศึกษาคุณภาพเนื้อของไก่พันธุ์พื้นเมืองทางการค้าและพันธุ์ตองหนึ่ง จากค่าการวัดสีเนื้อ L* a* และ b* ดังตารางที่ 2 พบว่า ค่าสี L* แสดง ค่าความสว่าง (Lightness) มีค่าเท่ากับ 36.89 และ 40.04 ในเนื้ออกของไก่พื้นเมืองทางการค้าและไก่ตองหนึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ส่วนค่าสี a* คือค่าสีแดง (Redness) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.71 และ 3.22 และค่าสี b* แสดงความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน (yellowness/blueness) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.62 และ 11.91 ของไก่พื้นเมืองทางการค้าและไก่ตองหนึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)) ผลการศึกษาครั้งนี้เป็นไปในทางเดียวกับการรายงานของทัศน์วรรณ สมจันทร์ และคณะ (2557) พบว่า ค่าสีของเนื้อไก่ลูกผสมพื้นเมืองเมื่อเปรียบเทียบกับไก่พื้นเมืองพันธุ์แท้ พบว่า ไก่ลูกผสมพื้นเมืองและไก่พื้นเมืองพันธุ์แท้ มีค่าความสว่างของชิ้นส่วนอก (L*) ใกล้เคียงกัน และสอดคล้องกับการรายงานของไชยวรรณ และคณะ (2547) ซึ่ง พบว่า ค่าความแดง (a*) ของเนื้อส่วนอกไก่พื้นเมืองพันธุ์แท้สูงกว่าไก่กระทง ส่วนค่าความเหลือง (b*) เนื้อส่วนอก มีค่าสูงกว่ากัน

ตารางที่ 2 แสดงการวัดคุณภาพสีเนื้ออกไก่พันธุ์พื้นเมืองทางการค้าและพันธุ์ตองหนึ่ง

ค่าวัดสี	พื้นเมืองทางการค้า	ตองหนึ่ง	P-value
*L**	36.89±11.62	40.04±1.60	0.40
*a**	1.71±1.78	3.22±1.21	0.04
*b**	9.62±1.89	11.91±1.58	0.00

3. ผลการวัดคุณภาพเนื้อของไก่พันธุ์พื้นเมืองทางการค้าและพันธุ์ตองหนึ่ง

จากการศึกษาคุณภาพเนื้อของไก่พันธุ์พื้นเมืองทางการค้าและพันธุ์ตองหนึ่ง ดังตารางที่ 3 พบว่า เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการแช่เย็น (drip loss) มีค่าเท่ากับ 3.41 และ 3.46 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการแช่แข็ง (Thawing loss) มีค่าเท่ากับ 3.38 และ 3.34 และเปอร์เซ็นต์ค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อ (Shear force) มีค่าเท่ากับ 59.83 กรัม และ 49.42 กรัม ของไก่พื้นเมืองทางการค้าและไก่ตองหนึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ส่วนเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการต้มสุก (Cooking loss) มีค่าเท่ากับ 17.60 และ 18.99 ของไก่พันธุ์ตองหนึ่งมีแนวโน้มมากกว่าพันธุ์พื้นเมืองทางการค้า (P>0.05) สอดคล้องกับการรายงานของไชยวรรณ และคณะ[6] ซึ่ง พบว่า เปอร์เซ็นต์ค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อ (shear force) ค่าความนุ่มส่วนอกของไก่ลูกผสมพื้นเมืองมีค่าใกล้เคียงกับไก่พื้นเมืองพันธุ์แท้ และสอดคล้องกับการรายงานของทัศน์วรรณ และคณะ[7] ที่พบว่าเปอร์เซ็นต์ค่าแรงตัดผ่านเนื้ออกไก่ของไก่ลูกผสมพื้นเมืองใกล้เคียงกับไก่พื้นเมือง

ตารางที่ 3 ลักษณะคุณภาพเนื้อของพันธุ์พื้นเมืองทางการค้าและพันธุ์ตองหนึ่ง

คุณภาพเนื้อ	พื้นเมืองทางการค้า	ตองหนึ่ง	P-value
จากการแช่เย็น (%)	3.41±0.65	3.46±0.95	0.89
จากการแช่แข็ง (%)	3.38±1.80	3.34±0.70	0.94
จากการต้มสุก (%)	17.60±1.96	18.99±1.35	0.08
ค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อ (กรัม)	59.83±24.12	49.42±10.68	0.22

สรุป

ผลการศึกษาคุณภาพซากของไก่พันธุ์พื้นเมืองทางการค้าและพันธุ์ตองหนึ่ง พบว่า ไก่พื้นเมืองพันธุ์ตองหนึ่งมีเปอร์เซ็นต์อกเปอร์เซ็นต์ปีก เปอร์เซ็นต์สะโพก และเปอร์เซ็นต์เครื่องใน มากกว่าไก่พื้นเมืองทางการค้า ถึงแม้ว่าจะมีน้ำหนักมีชีวิตและเปอร์เซ็นต์ซากที่น้อยกว่า ส่วนเปอร์เซ็นต์น่อง เท้า ซี่โครง ไขมันในช่องท้อง สองสายพันธุ์ไม่แตกต่างกัน คุณภาพสีเนื้ออกของไก่พันธุ์พื้นเมือง

ทางการค้าและพันธุ์ตองหนึ่ง พบว่า ค่าสี *L** แสดงค่าความสว่างไม่แตกต่างกัน แต่จะต่างกันที่ค่า *a** และค่า *b** และคุณภาพเนื้อ พบว่า เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจากการแช่เย็น การสูญเสียน้ำจากการแช่แข็ง ค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อ มีค่าไม่แตกต่างกันของทั้ง 2 สายพันธุ์ ขณะที่การสูญเสียน้ำจากการต้มสุกของพันธุ์ตองหนึ่งที่มีแนวโน้มมากกว่าพันธุ์พื้นเมืองทางการค้า ดังนั้น จากการเปรียบเทียบคุณภาพซากและคุณเนื้อของไก่พื้นเมืองลูกผสมพันธุ์ไก่พันธุ์พื้นเมืองทางการค้าและตองหนึ่ง ทำให้สรุปได้ว่า ไก่พื้นเมืองพันธุ์ตองหนึ่งมีคุณภาพซากของชิ้นส่วนสำคัญในการบริโภคดีกว่าพันธุ์ทางการค้าถึงแม้ว่าจะมีน้ำหนักตัวที่น้อยกว่า

เอกสารอ้างอิง

1. สมควร ดีรัศมี. 2542. การเลี้ยงไก่พื้นเมือง การเลี้ยงไก่ลูกผสมพื้นเมือง. กรุงเทพ ฯ : เลิฟแอนด์ลิพเพรส. 77 น.
2. สุวรรณ เกษตรสุวรรณ. 2538. การเลี้ยงไก่. กรุงเทพฯ 6: พิมพ์ครั้งที่ 7. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
3. ธนาเดช ศิรกุลวัฒน์. 2560. อิทธิพลของอายุต่อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของไก่กระทง. มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์. อ้างถึง จุฑารัตน์ ศรีพรหมมา. 2528. การจัดการเนื้อสัตว์. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์,คณะเทคโนโลยีการเกษตร,กรุงเทพมหานคร : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหาร.
4. ธนาเดช ศิรกุลวัฒน์. 2560. อิทธิพลของอายุต่อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของไก่กระทง. มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์. อ้างถึง สัญชัย จตุรสิทธา. 2543. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์. โรงพิมพ์ธนบรรณการพิมพ์. เชียงใหม่.
5. ภัทรวรรณ กีหา, ผกาแก้ว ทาระเกต และ สจี กัณหาเรียง. 2561. การเปรียบเทียบลักษณะซากและคุณภาพเนื้อไก่ลูกผสมพื้นเมือง พ่อพันธุ์ประดู่หางดำ มข.55 x แม่พันธุ์จีนดำ และ พ่อพันธุ์จีนดำ x แม่พันธุ์ประดู่หางดำ มข.55.อ้างถึง วิศาล อดทน, วรวิทย์ วณิชาภิชาติ, สุธา วัฒนสิทธิ์ และศยาม ขุนชำนาญ. 2545. ผลของระดับโปรตีนในอาหาร ต่อ สมรรถนะการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมือง ไก่ลูกผสมพื้น เมือง 50% และ 75%. น. 79-90. ใน: ประชุมวิชาการ สัตวบาล/สัตวศาสตร์/สัตวแพทย์ ครั้งที่ 3 วันที่ 28-29 มกราคม 2545. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
6. ไชยวรรณ วัฒนจันทร์,อาภรณ์ ส่งแสง,สุธา วัฒนสิทธิ์,พิทยา อดุลยธรรม และ เสาวคนธ์ วัฒนจันทร์. 2547. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์: คุณภาพซาก องค์ประกอบทางเคมี ลักษณะทางกายภาพ ลักษณะเนื้อสัมผัสของไก่คอล่อน และไก่พื้นเมือง. เสนอ สำนักงานกองทุนสนับสนุนงาน วิจัย (สกว.) 136 น.
7. ทัศน์วรรณ สมจันทร์, ขนิษฐา เรืองวิทยานุสรณ์, ดวงนภา พรมเกตุ และ ทรงศักดิ์ จำปาวะดี. 2557. คุณภาพเนื้อไก่ลูกผสมพื้นเมือง (ซี).อ้างถึง สัญชัย จตุรสิทธา,ศุภฤกษ์ สายทอง,อังคณา ผ่องแผ้ว,ทัศนีย์ อภิชาติสรางกรู และ อำนวย เลี้ยวธารากุล. 2546. คุณภาพซาก และเนื้อของไก่พื้นเมืองและสายพันธุ์ลูกผสมสี่สายพันธุ์รายงานการวิจัยชุด “การพัฒนาไก่พื้นเมือง”. 2546. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

[AS-P30] ผลกระทบของสารสกัดจากเครือตดหมูตดหมาในการเป็นสารฆ่าและสารยับยั้งการเจริญเติบโตหนอนกระทู้ผัก, *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae)

Effect of Fever Vine Extract as the Insecticidal and *Growth Inhibition* on Common Cutworm, *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae)

ปาริชาติ สิงหวิบูลย์ และ ณฐพงศ์ เมธินธรังสรรค์*
Parichat Singhawibul and Nathapong Matintarangson*
หลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: Entomology2552@gmail.com*

บทคัดย่อ

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากเครือตดหมูตดหมาที่สกัดด้วยเอทานอล ในการเป็นสารฆ่าและสารยับยั้งการเจริญเติบโตของหนอนกะทู้ผักวัย 3 ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.625, 0.125, 0.25, 5 และ 10% (w/v) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) ความเข้มข้นละ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ตัว ทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการชีววิทยา พบว่าสารสกัดจากเครือตดหมูตดหมามีประสิทธิภาพในการเป็นสารฆ่าและการยับยั้งการเจริญเติบโตของหนอนกระทู้ผัก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ที่ความเข้มข้น 10% มีอัตราการตายของหนอนกระทู้ผักวัย 3 สูงสุด 100% ค่า LC_{50} มีค่าเท่ากับ 2.50 และ 0.93% ในชั่วโมงที่ 24 และ 48 ชั่วโมง ตามลำดับ และในการเป็นสารยับยั้งการเจริญเติบโตที่ความเข้มข้น 0.625% ระยะดักแด้มีเปอร์เซ็นต์การตาย 36.0% ระยะเวลาในการพัฒนาเจริญเติบโตเป็นระยะดักแด้และตัวเต็มวัยใช้เวลาเฉลี่ย 8.40 $\pm$ 0.48 และ 8.60 $\pm$ 0.48 วัน ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมระยะดักแด้ไม่มีเปอร์เซ็นต์การตาย ระยะเวลาในการพัฒนาเจริญเติบโตเป็นระยะดักแด้และตัวเต็มวัยใช้เวลาเฉลี่ย 4.20 $\pm$ 0.48 และ 5.20 $\pm$ 0.48 วัน ตามลำดับ

คำสำคัญ: *สารสกัด, เครือตดหมูตดหมา, สารฆ่า, สารยับยั้งการเจริญเติบโต, หนอนกระทู้ผัก*

Abstract

The insecticidal and *growth inhibition* activities of ethanol extracts from fever vine extract, *Paederia pilifera* Hook f. were tested on 3rd larvae of common cutworm, *Spodoptera litura* (Fabricius). The various concentrations of crude extract form hedge flower 0, 0.625, 0.125, 0.25, 5 and 10% (w/v) were applied. The treatments were arranged in a completely randomized design (CRD) and replicated 5 times on 10 adults. The experiment was conducted at biology laboratory. The results found that the insecticidal and *growth inhibition* activities of fever vine extract on 3rd larvae of common cutworm were significantly effective ($p<0.05$) when compared with the control. At 10% of fever vine extract, the percent mortality were the highest 100% and LC_{50} value with 2.50 and 0.93% at 24 and 48 hours, respectively when compared with the control. The growth inhibition activity, at 0.625% of fever vine extract was 36.0% of mortality of pupae stage when compared with control was none percent mortality. The time of development of pupae stage and adults stage were 8.40 $\pm$ 0.48 and 8.60 $\pm$ 0.48 days, respectively when compared with control were 4.20 $\pm$ 0.48 and 5.20 $\pm$ 0.48 days, respectively.

Keywords: *crude extract, fever vine, insecticidal, growth inhibition, common cutworm*

บทนำ

คะน้า (Chinese broccoli) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica oleracea* L. *Alboglabra* มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปเอเชีย โดยปลูกกันมากในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น จีน ฮ่องกง ไต้หวัน มาเลเซียและประเทศไทย สำหรับประเทศไทย คะน้าเป็นพืชผักเศรษฐกิจที่มีความสำคัญสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี แต่ช่วงเวลาที่ปลูกได้ผลดีที่สุดอยู่ในช่วงเดือนตุลาคมถึงเมษายน ใช้เวลาเก็บเกี่ยวประมาณ 45-55 วัน[1] คะน้ามีสารต่อต้านอนุมูลอิสระจึงช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์ต่าง ๆ ในร่างกายได้ ช่วยเสริมสร้างภูมิต้านทานในกับร่างกาย ทำให้มีสุขภาพแข็งแรง ในคะน้าสด 100 กรัม มีคาร์โบไฮเดรต 2.2-6.8 กรัม ฟอสฟอรัส 58 มิลิกรัม วิตามินอี 24-35 มิลลิกรัม และเบต้าแคโรทีน 186.92 ไมโครกรัม โดยเฉพาะอย่างยิ่งแคลเซียมและวิตามินซีที่มีปริมาณมากถึง 237.5 มิลลิกรัม และ 93.141 มิลลิกรัม ตามลำดับ[2] จากการสำรวจและเก็บตัวอย่างผัก 10 ชนิด พบว่าคะน้ามีสารเคมีตกค้างมากที่สุด โดยเฉพาะไซเปอร์ เมทริน (Cypermethrin) [3]

ปัจจุบันเกษตรกรเผชิญปัญหาในการปลูกคะน้าคือการเข้าทำลายของโรคและแมลงศัตรูคะน้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งหนอนกระทู้ผัก (Common cutworm) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Spodoptera litura* Fabricius อยู่ในวงศ์ Noctuidae อันดับ Lepidoptera[4] หนอนที่ฟักออกจากไข่ใหม่ๆ อยู่รวมกันเป็นกลุ่มมีสีเขียวและน้ำตาลอ่อน มีลายสีดำหรือน้ำตาลไหม้คาดตามขวางบนสันหลังแทะกินผิวใบด้านล่างของต้นพืช ทำให้เหลือแต่เส้นใบเมื่อผิวใบแห้งจะมองเห็นเป็นสีขาว สังเกตเห็นได้ชัดเจนซึ่งเป็นสัญลักษณ์ของการระบาดของหนอนกระทู้ผัก เมื่อหนอนโตขึ้นอยู่ในวัยที่ 2-3 จะแยกกลุ่มออกไปกัดกินใบพืชทั่วทั้งแปลง โดยหนอนจะกัดกินจากขอบใบเข้าไป อัตราการกินอาหารจะเพิ่มขึ้นตามวัยของหนอน หนอนมีการเจริญเติบโต 5 ระยะ ระยะหนอน 10-14 วัน หนอนเข้าดักแด้ในดิน ดักแด้มีสีน้ำตาลเข้มยาวประมาณ 1.5 เซนติเมตร ระยะดักแด้ 7-10 วัน ตัวเต็มวัยเป็นผีเสื้อขนาดกลาง เมื่อกางปีกกว้าง 3-3.5 เซนติเมตร ปีกสีน้ำตาล ปีกคู่หน้ามีเส้นสีเหลืองพาดหลายเส้น ตัวเต็มวัยมีอายุประมาณ 7-10 วัน[5]

การป้องกันกำจัดเกษตรกรนิยมใช้สารเคมีสังเคราะห์ (Synthetic chemical insecticide) เนื่องจากสะดวก หาซื้อง่ายและสามารถกำจัดได้ทุกระยะการเจริญเติบโตของแมลง แต่อย่างไรก็ตามผลกระทบของการใช้สารเคมีสังเคราะห์มีหลายด้าน เช่น สารเคมีตกค้างในผลผลิตและสิ่งแวดล้อม ผลกระทบต่อผู้ใช้และผู้ถูกใช้ และที่สำคัญแมลงสร้างความต้านทานต่อสารเคมีสังเคราะห์[6-7] จากรายงานการวิจัยของ Tong *et al*, (2013) [8] และ Ahmad and Mehmood (2015) [9] พบว่าหนอนกระทู้ผัก (*S. litura*) สามารถสร้างความต้านทานต่อสารเคมีหลายชนิด เช่น organophosphates 14–229 เท่า, pyrethroids 12-277 เท่า, carbamates 15-287 เท่า นอกจากนี้หนอนกระทู้ผักยังสร้างความต้านทานต่อกลุ่มของสารเคมี เช่น indoxacarb, abamectin, fipronil, and methoxyfenozide ได้หลายเท่า และมีค่าความเป็นพิษ (Median lethal concentration; LC_{50}) มีค่าสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

สารสกัดจากพืช (Plant extract) เป็นทางเลือกหนึ่งที่ใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืช เนื่องจากสารออกฤทธิ์จากพืชไม่คงทนและสลายตัวง่าย จึงทำให้ไม่มีปัญหาในเรื่องการสะสมของสารพิษและไม่มีผลต่อสิ่งแวดล้อม[10] จากรายงานของ Isman (2006) [11] พบว่าสารสกัดจากพืชมีคุณสมบัติในการเป็นสารฆ่า (Insecticidal) สารไล่ (Repellent) สารยับยั้งการกิน (Anti-feedant) สารยับยั้งการวางไข่ (Anti-oviposition) และสารยับยั้งการเจริญเติบโต (Insect growth regulator) เครือตดหมูตดหมา (Fever vine) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Paederia pilifera* Hook.f. เป็นพืชที่ขึ้นอยู่ทั่วไปเจริญเติบโตได้ในดินทุกชนิด ชอบดินร่วนซุย แสงแดดจัด ทนแล้งได้ดี ลักษณะเป็นไม้เถาขนาดเล็ก ลำต้นและใบมียางสีขาว เมื่อเด็ดขยี้จะมีกลิ่นเหม็นคล้ายกลิ่นตด[12] ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลกระทบของสารสกัดจากเครือตดหมูตดหมาในการเป็นสารฆ่าหนอนกระทู้ผักในห้องปฏิบัติการ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการควบคุมหนอนกระทู้ผักและเป็นการลดการใช้สารเคมีสังเคราะห์ ซึ่งจะปลอดภัยต่อมนุษย์ สัตว์และสิ่งแวดล้อมต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเลี้ยงและขยายพันธุ์หนอนกระทู้ผัก

นำหนอนกระทู้ผักจากแปลงผักเกษตรกร จ.ปทุมธานี มาเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการชีววิทยาที่อุณหภูมิห้อง 25-27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75-80 เปอร์เซ็นต์ โดยให้ใบคะน้าเป็นอาหาร จนกระทั่งได้ผีเสื้อหนอนกระทู้ผัก นำผีเสื้อหนอนกระทู้ผักใส่ไว้ในกล่องพลาสติกใสขนาด 19 x 28 x 10 เซนติเมตร ให้ผีเสื้อผสมพันธุ์กัน ใช้สำลีชุบน้ำหวานความเข้มข้น 10% สำหรับให้เป็นอาหาร หลังจากนั้นผีเสื้อจะวางไข่แล้วย้ายใส่กล่องใหม่ ให้ความชื้นสำหรับไข่โดยใช้สำลีชุบน้ำให้พอชุ่มใส่ไว้ในกล่อง ประมาณ 2-3 วัน ไข่จะเปลี่ยนจากสีขาวนวลเป็นสีน้ำตาลดำและฟักออกมา ย้ายหนอนวัยแรกใส่ในกล่องพลาสติกใสขนาดเท่าเดิม โดยมีใบคะน้าใส่ไว้ในกล่องเพื่อเป็นอาหาร เปลี่ยนอาหารและกล่องเลี้ยงหนอนทุกวัน หลังจากหนอนเข้าดักแด้นำไปแยกเก็บไว้ในกล่องใหม่ซึ่งรองก้นด้วยกระดาษทิชชู่ที่พรมน้ำพอชื้น ดักแด้จะเข้าสู่ตัวเต็มวัย ในการทดสอบใช้หนอนกระทู้ผักวัย 3 ที่ได้จากการเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ

2. การเตรียมสารสกัดจากเครือตดหมูตดหมา

นำเครือตดหมูตดหมามาล้างน้ำกลั่นให้สะอาด ผึ่งให้แห้งแล้วนำมาหั่นให้ละเอียด นำไปสกัดแบบต่อเนื่อง (continuous extractor) โดยใช้ 95% เอธานอลเป็นตัวทำละลาย นำเครือตดหมูตดหมาบรรจุในท่อแก้วสำหรับบรรจุของแข็งที่ต้องการสกัด (thimble) โดยใช้เครือตดหมูตดหมา 100 กรัมต่อเอธานอล 800 มิลลิลิตร (1:8 w/v) นำไปสกัดด้วยเครื่องสกัดสารแบบซอห์กเล็ท (soxhlet Extraction) สกัดวันละ 8 ชั่วโมงเป็นเวลา 3 วัน หลังจากนั้นนำมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman® เบอร์ 1 นำไประเหยเอาตัวทำละลายออกโดยเครื่องระเหยแบบสุญญากาศ (rotary evaporator) ที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส ก็จะได้สารสกัดหยาบ (crude extract) นำไปเก็บโดยแช่แข็งเพื่อใช้ทดสอบขั้นต่อไป



(ก) (ข)

ภาพที่ 1 (ก) เครื่อง Soxhlet Extraction และ (ข) เครื่อง rotary evaporator

3. การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากเครือตดหมูตดหมาในการเป็นสารฆ่าโดยการกิน

ทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดเครือตดหมูตดหมาโดยวิธีจุ่มใบคะน้า (leaf dipping method) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) ทำการทดสอบโดยวางใบผักคะน้าที่จุ่มสารสกัดเครือตดหมูตดหมา ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.625, 1.25, 2.5, 5 และ 10% (w/v) นาน 30 วินาที ผึ่งให้แห้งในที่รม นำใบคะน้าลงในกล่องเลี้ยงแมลงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 13 เซนติเมตร สูง 3 เซนติเมตร รองก้นกล่องด้วยกระดาษฟางชุบน้ำเพื่อให้ความชื้น ส่วนของฝากล่องเจาะรูและบุด้วยผ้าขาวบางเพื่อระบายอากาศ ปล่อยหนอนกระทู้ผักวัย 3 จำนวน 10 ตัวต่อกล่อง ทำการทดสอบ 5 ซ้ำ บันทึกจำนวนหนอนกระทู้ผักที่ตายที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง หลังการทดสอบ

4. การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากเครือตดหมูตดหมาในการเป็นสารยับยั้งการเจริญเติบโต

ทำการทดสอบแบบเดียวกับการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากเครือตดหมูตดหมาในการเป็นสารฆ่าโดยการกิน โดยนำใบคะน้าที่ชุบด้วยสารสกัดจากเครือตดหมูตดหมาที่ระดับความเข้มข้น 0.625% ซึ่งเป็นความเข้มข้นต่ำสุดที่ไม่มีผลต่อการตายของหนอนกระทู้ผักวัย 3 มาเลี้ยงตัวหนอนจนเข้าดักแด้และเจริญเป็นตัวเต็มวัย ความเข้มข้นละ 10 ตัว ทำการทดลอง 5 ซ้ำ เปรียบเทียบกับชุดควบคุมโดยใช้น้ำกลั่น บันทึกจำนวนหนอนกระทู้ผักที่รอดชีวิต เข้าสู่ดักแด้และเจริญเป็นตัวเต็มวัย

5. วิเคราะห์ข้อมูล

ในการทดสอบประสิทธิภาพในการเป็นสารฆ่านำข้อมูลที่ได้มาหาเปอร์เซ็นต์การตายที่แท้จริงโดยใช้ Abbott's formula[13] ดังสูตร อัตราการตายที่แท้จริง = (A-B) x 100/ (100-B) A = อัตราการตายของกลุ่มทดลอง B = อัตราการตายของกลุ่มควบคุม และนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองแต่ละการทดสอบมาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการ DMRT (Duncan's new multiple range test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และวิเคราะห์ค่า Median Lethal Concentration (LC_{50}) โดยวิธี Probit analysis[14]

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากเครือตดหมูตดหมาในการเป็นสารฆ่าโดยการกิน

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากเครือตดหมูตดหมาในการเป็นสารฆ่าโดยการกินที่ความเข้มข้น 0, 0.625, 1.25, 2.5, 5 และ 10% ในการเป็นสารฆ่าหนอนกระทู้ผักวัย 3 พบว่าสารสารสกัดจากเครือตดหมูตดหมามีผลต่อการฆ่าหนอนกระทู้ผักวัย 3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม พบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารสกัดจากเครือตดหมูตดหมาสูงขึ้นจะมีผลทำให้อัตราการตายของหนอนกระทู้ผักวัย 3 สูงขึ้น โดยที่ความเข้มข้น 10% มีอัตราการตายของหนอนกระทู้ผักวัย 3 สูงสุด 100% ค่า LC_{50} มีค่าเท่ากับ 2.50 และ 0.93 ในชั่วโมงที่ 24 และ 48 ชั่วโมง ตามลำดับ ในขณะที่ความเข้มข้น 0.625, 1.25, 2.5 และ 5 % ในชั่วโมงที่ 24 มีเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนกระทู้ผักวัย 3 เท่ากับ 0.0, 34.0, 50.0 และ 84.0% ตามลำดับ และในชั่วโมงที่ 48 มีเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนกระทู้ผักวัย 3 เท่ากับ 36.0, 66.0, 86.0 และ 94.0% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมไม่มีอัตราการตายของหนอนกระทู้ผักวัย 3 (ตารางที่ 1) จากการวิจัยของ Shu และคณะ[15]; Ali และคณะ[16] อธิบายว่าเมื่อหนอนกระทู้ผักได้รับสารพิษจากพืชโดยการกินเข้าไป สารพิษจากพืชจะมีผลต่อการทำงานของระบบย่อยอาหารส่วนกลาง (midgut of digestive system) ของหนอนกระทู้ผัก สารพิษจะทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อบุผิวของกระเพาะอาหาร เซลล์เยื่อบุผิวมีรูปร่างผิดปกติ ซึ่งจะมีผลต่อการดูดซึมสารอาหาร ลำตัวหนอนกระทู้ผักจะมีสีคล้ำ เคลื่อนที่ช้าลง ส่งผลทำให้หนอนกระทู้ผักตายในที่สุด

ตารางที่ 1 ผลกระทบของสารรสกัดจากเครือตดหมูตดหมาในการเป็นสารฆ่าหนอนกระทู้ผักวัย 3 ที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง

ความเข้มข้น (%) (w/v)	จำนวนเฉลี่ยและและเปอร์เซ็นต์การตาย (ตัว)			
	24 ชม.	การตาย (%)	48 ชม.	การตาย (%)
0	0.0 ± 0.00 d	0.0	0.0 ± 0.00 d	0.0
0.625	0.0 ± 0.00 d	0.0	3.60 ± 0.48 c	36.0
1.25	3.40 ± 0.48 c	34.0	6.60 ± 0.48 b	66.0
2.5	5.00 ± 0.00 c	50.0	8.60 ± 0.48 ab	86.0
5	8.60 ± 0.48 ab	84.0	9.40 ± 0.48 ab	94.0
10	10.00 ± 0.00 a	100.0	10.00 ± 0.00 a	100.0

* ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test.

2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากเครือตดหมูตดหมาในการเป็นสารยับยั้งการเจริญเติบโต

ผลการทดลองประสิทธิภาพของสารสกัดจากเครือตดหมูตดหมา ที่ระดับความเข้มข้น 0.625% ในการเป็นสารยับยั้งการเจริญเติบโตของหนอนกระทู้ผักวัย 3 พบว่าสารสกัดจากเครือตดหมูตดหมามีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตและระยะเวลาในการพัฒนาการเจริญเติบโตของหนอนกระทู้ผักวัย 3 ได้อย่างมีประสิทธิภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมเปรียบเทียบ โดยที่ระดับความเข้มข้น 0.625% ของสารสกัดจากเครือตดหมูตดหมามีผลทำให้หนอนกระทู้ผักวัย 3 มีอัตราการรอดชีวิตเพื่อเข้าดักแด้และเจริญออกเป็นตัวเต็มวัยน้อยลง โดยในระยะดักแด้มีเปอร์เซ็นต์การตาย 36.0% ระยะเวลาในการพัฒนาเจริญเติบโตเป็นระยะดักแด้และตัวเต็มวัยใช้เวลาเฉลี่ย 8.40 $\pm$ 0.48 และ 8.60 $\pm$ 0.48 วัน ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุมเปรียบเทียบระยะดักแด้ไม่มีเปอร์เซ็นต์การตาย ระยะเวลาในการพัฒนาเจริญเติบโตเป็นระยะดักแด้และตัวเต็มวัยใช้เวลาเฉลี่ย 4.20 $\pm$ 0.48 และ 5.20 $\pm$ 0.48 วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 2) จากการวิจัยของ Chinnamani และคณะ[17] อธิบายว่าเมื่อหนอนกระทู้ผักได้รับสารสกัดจากพืชเข้าไป สารพิษจากพืชจะมีผลต่อการยับยั้งการทำงานของฮอร์โมนในการลอกคราบของแมลง (ecdysone) ทำให้แมลงไม่สามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างในการเจริญเติบโตในระยะหนอนเข้าสู่ระยะดักแด้และระยะตัวเต็มวัย ส่งผลทำให้แมลงตายในที่สุด นอกจากนี้ Ray และคณะ[18] อธิบายว่าสารสกัดจากพืชยังส่งผลต่อระยะเวลาการเจริญเติบโตในระยะดักแด้และระยะตัวเต็มวัย ทำให้ระยะเวลาในการเจริญเติบโตยาวนานขึ้น

ตารางที่ 2 การตายและระยะเวลาการ เจริญเติบโตของดักแด้และตัวเต็มวัยของผีเสื้อหนอนกระทู้ผักเมื่อทดสอบด้วยสารสกัดจากเครือตดหมูตดหมา

ความเข้มข้น (%) (w/v)	การตายดักแด้ (%)		ระยะเวลาดักแด้ (วัน)	ระยะเวลาผีเสื้อ (วัน)
	Mean $\pm$ SD	(%)	Mean $\pm$ SD	Mean $\pm$ SD
0.625	3.60 $\pm$ 0.48[a]	36.0	8.40 $\pm$ 0.48[a]	8.60 $\pm$ 0.48[a]
ชุดควบคุม	0.00 $\pm$ 0.00[b]	00.0	4.20 $\pm$ 0.48[b]	5.20 $\pm$ 0.48[b]

* ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test.

สรุป

สารสกัดจากเครือตดหมูตดหมามีประสิทธิภาพในการควบคุมหนอนกระทู้ผัก ในด้านการเป็นสารฆ่า และสารยับยั้งการเจริญเติบโตของหนอนกระทู้ผัก เนื่องจากสารออกฤทธิ์ในเครือตดหมูตดหมามีคุณสมบัติมีกลิ่นเหม็นฉุน ซึ่งอาจจะมีผลในการฆ่าและยับยั้งการเจริญเติบโตของหนอนกระทู้ผักได้ การใช้สารสกัดจากเครือตดหมูตดหมาจะมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้ สัตว์ และสิ่งแวดล้อม ที่สำคัญเป็นการลดการใช้สารเคมีสังเคราะห์ลง ซึ่งในงานวิจัยครั้งต่อไปจะทดสอบในพื้นที่จริงในแปลงปลูกคะน้าของเกษตรกร และนำสารสกัดจากเครือตดหมูตดหมามาพัฒนาในรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมในรูปแบบสเปรย์ที่ใช้กับสภาพพื้นที่จริงต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. ประสิทธิ์ กาปจันทร์. คู่มือการปลูกคะน้าอินทรีย์. พิมพ์ครั้งที่ 1. เชียงใหม่: ฝ่ายนวัตกรรมและถ่ายทอดเทคโนโลยี สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้; 2557.
2. ยงยุทธ โอสถสภา. ธาตุอาหารพืช. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2546.
3. สำนักส่งเสริมวิถีชีวิตสุขภาวะ สสส. "ส้ม-คะน้า" ผักผลไม้มงคลตรุษจีนพบสารพิษตกค้างมาก. หนังสือพิมพ์ผู้จัดการ 24 มกราคม 2560; 4.

4. สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่. [อินเทอร์เน็ต]. ม.ป.ป. หนอนกระทู้ผัก. [เข้าถึงเมื่อ 15 ธันวาคม 2561] เข้าถึงได้จาก: http://www.chiangmai.doae.go.th/news%20aragka/mar%2057_35.pdf.
5. ณฐพงศ์ เมธินธรังสรรค์, ดวงเดือน วัฏฏานุรักษ์. เปรียบทียบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชวงศ์ Piperaceae ในการควบคุมหนอนกระทู้ผัก, *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae). ว.เกษตรราชภัฏ. 2561;17(1):42-50.
6. Dey KR, Choudhury P, Dutta BK. Impact of pesticide use on the health of farmers: A study in Barak valley, Assam (India). J. Environ. Chem. Ecotoxicol. 2013;5(10):269-277.
7. Sarwar M, Salman M. Insecticides resistance in insect pests or vectors and development of novel strategies to combat its evolution. IJBE. 2015;1(3):344-351.
8. Tong H, Su Q, Zhou X. Field resistance of *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) to organophosphates, pyrethroids, carbamates and four newer chemistry insecticides in Hunan, China. J Pest Sci. 2013;86(3):599-609.
9. Ahmad M, Mehmood R. Monitoring of resistance to new chemistry insecticides in *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) in Pakistan. J. Econ. Entomol. 2015;108(3):1279–1288.
10. Dubey NK, Shukla R, Kumar A, Singh P, Prakash B. Prospects of botanical pesticides in sustainable agriculture. Current Science. 2010;98(4):479-480.
11. Isman, MB. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. Annu. Rev. Entomol. 2006;51:45–66.
12. อดุลย์ศักดิ์ ไชยราช. [อินเทอร์เน็ต]. 2560. ตดหมูตดหมา เป็นผักเป็นหญ้า และเป็นยา. [เข้าถึงเมื่อ 1 ธันวาคม 2561] เข้าถึงได้จาก: https://www.technologychaoban.com/folkways/article_10025.
13. Abbott WS. A method for computing the effectiveness of an insecticide. J Econ Entomol. 1925;18:265–267.
14. Finney DJ. Probit Analysis, 3rd ed. London: Cambridge University Press. 1971.
15. Shu B, Zhang J, Cui G, Sun R, Yi X, Zhong G. Azadirachtin Affects the Growth of *Spodoptera litura* Fabricius by Inducing Apoptosis in Larval Midgut. Front. Physiol. 2018;9:1-12.
16. Ali S, Ullah MI, Khalil S, Farooqi MA, Arshad M, Farooq F, et al. Toxicity of *Nerium odorum* (A.) and *Parthenium hysterophorus* (L.) botanicals against *Spodoptera litura* (L.). Pak. Entomol. 2018;40(1):51-55.
17. Chinnamani T, Sivakami R, Jeyasankar A. Antifeedant, larvicidal and growth regulatory activities of fractions isolated from ethyl acetate extract of *Pseudocalymma alliaceum* against *Spodoptera litura* Fabricius and *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidotera: Noctuidae). Int. J. Adv. Res. Biol. Sci. 2016;3(9):98-107.
18. Ray DP, Dutta D, Srivastava S, Kumar B, Saha S. 2012. Insect Growth Regulatory Activity of *Thevetia nerifolia* against *Spodoptera litura* (Fab.). J. appl. bot. food qual. 2012;85:212–215.

[AS-P31] ผลของชีวภัณฑ์เชื้อราไตรโคเดอร์มาและแบคทีเรียบาซิลลัสต่อการเจริญเติบโตของผักบุ้งไมโครกรีน

Effects of *Trichoderma* and *Bacillus* Biocontrol Product on the Growth of Chinese Morning Glory Microgreen

พเยาว์ เสียงสมใจ*, เบญจรัตน์ ท้าวแก้ว, อรวรรยา นุ่มดี, นรกมล ขำวารี, และ พราวมาส เจริญรักษ์
Payao Seangsomjai*, Benjarat Thaokaew, Orawanya Numdee, Narakamon Khamwaree and Phraomas Charoenrak
สาขาการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: payao.15012541@gmail.com*

บทคัดย่อ

เชื้อรา *Trichoderma asperellum* และแบคทีเรีย *Bacillus* spp. เป็นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่มีรายงานมากมายถึงประสิทธิภาพในการควบคุมโรคพืช และการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชต่าง ๆ การศึกษาครั้งนี้ได้นำเอาชีวภัณฑ์จุลินทรีย์ปฏิปักษ์รูปแบบต่าง ๆ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร รดเมล็ดผักบุ้งทันทีหลังเพาะ พบว่ากรรมวิธีที่รดด้วยสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *T. asperellum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ชนิดสด (อัตรา 10 กรัม/น้ำ 4 ลิตร) และชนิดเม็ด (อัตรา 1 กรัม/น้ำ 1 ลิตร) ช่วยเพิ่มน้ำหนักสด 100 ต้น เพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ของผักบุ้งไมโครกรีนอายุ 7 วันหลังงอกได้ (9.52-10.52 และ 9.20-22.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม) ในขณะที่การรดด้วยเซลล์แขวนลอยของแบคทีเรียบาซิลลัส (อัตรา 1 กรัม/น้ำ 1 ลิตร) ช่วยเพิ่มน้ำหนักสด 100 ต้นของผักบุ้ง (9.32-17.26 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม) ซึ่งการใช้ชีวภัณฑ์จุลินทรีย์ปฏิปักษ์รดเมล็ดทันทีหลังเพาะไม่มีผลต่อความสูง และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำของผักบุ้งไมโครกรีนอายุ 7 วัน

***คำสำคัญ**: ไมโครกรีน, บาซิลลัส, ไตรโคเดอร์มา, ผักบุ้ง, การเจริญเติบโต*

Abstract

Trichoderma asperellum and *Bacillus* sp. bacteria are antagonistic microorganisms with numerous reports of plant disease control effectiveness and promoting the growth of various plants. This research, different forms of antagonistic biocontrol products were drenching on Chinese morning glory seeds immediately after seeding. Results reveals that the spore suspension of *T. asperellum*, CB-Pin-01 fresh culture treatment (10 g/ 4 L) and wettable pellet (1 g/ 1 L) increased fresh weight of 100 plants, increased the chlorophyll content of 7-day-old morning glory microgreen (by 9.52-10.52 and 9.20-22.15 %, respectively, when compared to the control). While the *Bacillus* bacterial cell suspension treatments (1 g / 1 L) increased fresh weight of 100 plants (9.32-17.26 % when compared to the control). The use of antagonistic biocontrol bioproducts drenched immediately after seeding are not affect the height and the total of soluble solids of 7-day-old microgreen morning glory.

***Keywords**: microgreen, Bacillus, Trichoderma, morning glory, growth*

บทนำ

ไมโครกรีน เป็นผลผลิตผักในรูปต้นกล้าขนาดเล็กที่เพาะจากเมล็ดผัก มีหลายชนิด และกำลังได้รับความนิยมของผู้บริโภคในประเทศไทย เช่น เมล็ดทานตะวันงอก ผักโขมแดงงอก เป็นต้น จุดเด่นของผักกลุ่มไมโครกรีน คือ ผลิตได้ตลอดปี ใช้ระยะเวลาสั้น ปลอดภัยจากสารเคมี ดูแลง่าย สามารถปลูกในพื้นที่จำกัดได้ เป็นทางเลือกในการบริโภคผัก สำหรับผู้ที่ไม่ชอบรับประทานผัก ก็สามารถรับประทานได้ เพราะผักกลุ่มไมโครกรีน มีรสชาติเข้มข้นมากกว่าผักทั่วไป อีกทั้งยังมีคุณค่าทางอาหารสูง เพราะนักวิจัยหลายท่านรายงานว่า มีองค์ประกอบของวิตามิน เกลือแร่ และสารแอนตี้ออกซิแดนซ์ (antioxidants) มากกว่าผลผลิตปกติ (mature green) [1] ในปัจจุบัน มีผู้ผลิตผักไมโครกรีนจำหน่ายเป็นจำนวนมาก แต่มักประสบปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดกับเมล็ดพันธุ์ เช่น เมล็ดพันธุ์ไม่สมบูรณ์ เมล็ดไม่งอกหรืองอกช้าผิดปกติ การเกิดโรคระบาดเนื่องจากการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรคพืช เป็นต้น ส่งผลให้ต้นอ่อนไมโครกรีนไม่สมบูรณ์ ส่งผลกระทบต่อผู้ผลิต ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงได้นำชีวภัณฑ์จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่าง ๆ ได้แก่ชีวภัณฑ์เชื้อราไตรโคเดอร์มา (*Trichoderma asperellum*) ชนิดสด และชนิดเม็ด ที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคพืช เพิ่มความแข็งแรงของต้นกล้า ส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตของพืชชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ข้าว แตงกวา พริก มะเขือเทศ กล้วยไม้ หน่อไม้ฝรั่ง และผักที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ เป็นต้น [2,3,4,5] และชีวภัณฑ์แบคทีเรียบาซิลลัส (*Bacillus* spp.) ชนิดเกล็ด ที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคพืช และเพิ่มผลผลิตของพืชชนิดต่าง ๆ เช่น มะม่วง พริก ข้าว ส้ม มะเขือเทศ [6,7,8,9,10] เป็นต้น มาทดสอบกับผักบุ้งไมโครกรีน เพื่อเป็นแนวทางเบื้องต้นในการศึกษาถึงผลของชีวภัณฑ์จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตของผักไมโครกรีนชนิดอื่น ๆ ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมชีวภัณฑ์จุลินทรีย์ปฏิปักษ์เพื่อใช้ในการทดลอง

ชีวภัณฑ์จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ได้รับความอนุเคราะห์จาก รศ.ดร.จิระเดช แจ่มสว่าง ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยมีขั้นตอนในการเตรียมเป็นสปอร์แขวนลอย หรือเซลล์แขวนลอยก่อนนำมาใช้ดังนี้

1.1 การเตรียมสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *Trichoderma asperellum* ชนิดสด

นำหัวเชื้อรา *T. asperellum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 มาเลี้ยงบนปลายข้าวหอมมะลิที่หุงในอัตราส่วนปลายข้าว 2 ส่วนต่อน้ำ 1 ส่วน ตามกรรมวิธีของ จิระเดช และวรรณวิไล [11] บ่มไว้ 4-5 วันจนให้เส้นใยสีเขียวขึ้นปกคลุมเมล็ดข้าวทั้งหมดจึงนำมาเตรียมเป็นสปอร์แขวนลอย ในอัตราส่วนเชื้อสด 10 กรัมต่อน้ำ 4 ลิตร

1.2 การเตรียมสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *Trichoderma asperellum* ชนิดเม็ด

นำเชื้อรา *T. asperellum* ชนิดเม็ด สายพันธุ์ CB-Pin-01 มาผสมกับน้ำสะอาด โดยให้เม็ดเชื้อแตกตัวก่อนนำไปใช้ในอัตราส่วนเชื้อเม็ด 1 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร

1.3 การเตรียมเซลล์แขวนลอยของชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *Bacillus* spp.

นำชีวภัณฑ์แบคทีเรียบาซิลลัส เบอร์ 1 (*Bacillus* sp.) เบอร์ 2 (*B. amyloliquefaciens* สายพันธุ์ BB165) และเบอร์ 3 (*Bacillus* sp.) มาผสมกับน้ำสะอาด ในอัตราส่วนแบคทีเรีย 1 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร

2. การเพาะผักบุ้งไมโครกรีน

เตรียมภาชนะที่ใช้เพาะ ได้แก่ ถ้วยพลาสติกใสปริมาตร 400 มิลลิลิตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 11 เซนติเมตร เจาะรูที่ก้นถ้วยเพื่อระบายน้ำ บรรจุวัสดุเพาะ (พีทมอส) น้ำหนัก 80 กรัม ใส่ลงในถ้วย เกลี่ยวัสดุเพาะให้สม่ำเสมอ จากนั้นโรยเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจำนวน 5 กรัม ให้ทั่วผิวหน้าวัสดุเพาะ แล้วโรยวัสดุเพาะกลบเมล็ดพันธุ์หนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร หลังจากนั้นรดจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ปริมาตร 100 มิลลิลิตรต่อถ้วยทันทีหลังเพาะเมล็ด โดยมีทั้งหมด 6 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 : กรรมวิธีควบคุม (control) รดด้วยน้ำเปล่า
กรรมวิธีที่ 2 : รดด้วยเซลล์แขวนลอยของแบคทีเรียบาซิลลัส เบอร์ 1 (*Bacillus* sp.)
กรรมวิธีที่ 3 : รดด้วยเซลล์แขวนลอยของแบคทีเรียบาซิลลัส เบอร์ 2 (*B. amyloliquefaciens*)
กรรมวิธีที่ 4 : รดด้วยเซลล์แขวนลอยของแบคทีเรียบาซิลลัส เบอร์ 3 (*Bacillus* sp.)
กรรมวิธีที่ 5 : รดด้วยสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *T. asperellum* ชนิดเม็ด
กรรมวิธีที่ 6 : รดด้วยสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *T. asperellum* ชนิดสด

นำไปวางในโรงเรือนปลูกพืชระบบเปิด เพื่อเป็นการเลียนแบบสภาพที่เกษตรกรปลูกจริง คลุมด้วยตาข่ายพรางแสงสีดำ ดูแลและรดน้ำปริมาตร 100 มิลลิลิตรต่อถ้วยทุกวัน เมื่อเมล็ดเริ่มงอก ประมาณ 3 วันหลังเพาะให้เปิดตาข่ายพรางแสงออก บันทึกผลการทดลอง และเก็บเกี่ยวเมื่อผักบุ้งไมโครกรีนอายุ 7 วันหลังงอก

3. การวางแผนและวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ทำการทดลองกรรมวิธีละ 4 ซ้ำ ๆ ละ 3 ถ้วย วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจากกรรมวิธีต่างๆ ด้วยวิธี Least significant Difference (LSD) ($P \leq 0.05$)

4. การบันทึกผลการทดลอง

เมื่อผักบุ้งไมโครกรีนอายุ 7 วันหลังงอก บันทึกความสูงของต้นกล้าผักบุ้งโดยใช้ไม้บรรทัดวัดจากโคนต้นจนถึงปลายใบที่สูงที่สุด และวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบด้วยเครื่อง Digital Chlorophyll Meter รุ่น SPAD502 โดยสุ่มวัดซ้ำละ 4 ต้น ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตโดยตัดต้นผักบุ้งแต่ละถ้วยให้ชิดโคนต้นที่อยู่เหนือวัสดุปลูก 0.5 เซนติเมตร นำมาวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (total soluble solid; TSS) ด้วยเครื่อง refractometer จากนั้นสุ่มต้นผักบุ้งมา 100 ต้นและนำมาบันทึกเป็นน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นกล้าผักบุ้ง

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ความสูง ปริมาณคลอโรฟิลล์ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ของผักบุ้งไมโครกรีนอายุ 7 วันหลังงอก

จากการทดลองพบว่า กรรมวิธีควบคุมที่รดด้วยน้ำเปล่ามีความสูงของต้นผักบุ้งไมโครกรีนสูงที่สุด คือ 12.86 เซนติเมตร ซึ่งสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ที่รดด้วยจุลินทรีย์ปฏิปักษ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รองลงมาได้แก่กรรมวิธีที่ใช้แบคทีเรียเบอร์ 1 และเบอร์ 2 (12.06 และ 11.90 เซนติเมตร ตามลำดับ) (ตารางที่ 1 และ ภาพที่ 1)

ในขณะที่กรรมวิธีที่รดด้วยชีวภัณฑ์เชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดสดอัตรา 10 กรัมต่อน้ำ 4 ลิตร มีปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบผักบุ้งสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 39.15 SPAD units โดยชีวภัณฑ์เชื้อราไตรโคเดอร์มาทั้งสองรูปแบบ ได้แก่ ชนิดสด และชนิดเม็ด ช่วยเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบของผักบุ้งได้ 22.15 และ 9.20 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (ตารางที่ 1)

ในส่วนของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (total soluble solid ; TSS) พบว่าทุกกรรมวิธีที่รดด้วยจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (2.25-2.60 ° Brix) โดยไม่แตกต่างกับกรรมวิธีควบคุมที่ใช้น้ำเปล่า (2.75 ° Brix) (ตารางที่ 1) จึงอาจกล่าวได้ว่า การใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ไม่มีผลต่อความสูง และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ในใบผักบุ้งอายุ 7 วันหลังงอก ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของอารีรัตน์ และคณะ [12] ที่พบว่า การแช่เมล็ดข้าวสาลีด้วยสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *T. asperellum* (ชื่อ

เดิม *T. harzianum*) CB-Pin-01 หรือแบคทีเรีย *B. amyloliquefaciens* BB165 หรือน้ำเปล่าที่ไม่เป่าอากาศ ไม่มีผลต่อค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ



ภาพที่ 1 ความสูงของต้นผักบุ้งไมโครกรีนอายุ 7 วันหลังงอก ที่ผ่านการรดด้วยชีวภัณฑ์จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ชนิดต่าง ๆ

ตารางที่ 1 ความสูง ปริมาณคลอโรฟิลล์ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ของผักบุ้งไมโครกรีนอายุ 7 วันหลังงอก

กรรมวิธี	ความสูง (เซนติเมตร)	ปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD units)	TSS (° Brix)
กรรมวิธีควบคุม (น้ำเปล่า)	12.86 [a]	32.05 [bc]	2.75 [a]
แบคทีเรียบาซิลลัส เบอร์ 1 (*Bacillus* sp.)	12.06 [b]	9.25 [cd]	2.45 [ab]
แบคทีเรียบาซิลลัส เบอร์ 2 (*B. amyloliquefaciens*)	11.90 [b]	25.98 [d]	2.50 [ab]
แบคทีเรียบาซิลลัสเบอร์ 3 (*Bacillus* sp.)	10.97 [c]	28.53 [cd]	2.30 [ab]
เชื้อรา *T. asperellum* ชนิดเม็ด	10.54 [c]	35.00 [b] (+9.20)***	2.60 [ab]
เชื้อรา *T. asperellum* ชนิดสด	10.85 [c]	39.15 [a] (+22.15)	2.25 [b]
f-test	**	**	**
CV. (%)	2.57	9.50	13.23

หมายเหตุ ns คือ แสดงความไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
** คือ แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์
*** คือ เปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้น (+) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม
a,b คือ ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากการวิเคราะห์ด้วย Least significant Difference (LSD) ($P \leq 0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

2. น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง 100 ต้นของผักบุ้งไมโครกรีนอายุ 7 วันหลังงอก

พบว่าทุกกรรมวิธีที่รดด้วยชีวภัณฑ์เชื้อรา *T. asperellum* และแบคทีเรีย *Bacillus* spp. มีน้ำหนักสด 100 ต้นสูงกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่ากรรมวิธีที่ใช้แบคทีเรียบาซิลลัสเบอร์ 2 (*B. amyloliquefaciens*) มีน้ำหนักสดสูงที่สุด (38.44 กรัม) รองลงมาได้แก่กรรมวิธีที่ใช้แบคทีเรียบาซิลลัสเบอร์ 1 (36.88 กรัม) และกรรมวิธีที่ใช้เชื้อรา *T. asperellum* ชนิดสด และชนิดเม็ด ตามลำดับ (36.37 และ 35.91 กรัม ตามลำดับ) ซึ่งการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์รดเมล็ดผักบุ้งช่วยเพิ่มน้ำหนักสดได้ 9.52-17.23 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่ใช้น้ำเปล่า (ตารางที่ 2) ในขณะที่น้ำหนักแห้ง 100 ต้นของผักบุ้งจากทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่า กรรมวิธีที่ใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ช่วยเพิ่มน้ำหนักแห้งได้ 1.08-5.38 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (ตารางที่ 2)

การใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์แช่หรือคลุกเมล็ดพันธุ์ก่อนปลูกช่วยเพิ่มอัตราการงอก ความแข็งแรง และความสมบูรณ์ของต้นกล้าได้ [13] Charoenrak and Chamswarng [5] พบว่าการแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวในสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *T. asperellum* ชนิดเม็ดและชนิดสด ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของกล้าข้าว (seed vigour) ได้ ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ได้ปรับเป็นการรดจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ลงบนเมล็ดผักบุ้งเพื่อสะดวกต่อการปฏิบัติงาน จากการทดลองจะเห็นได้ว่า การใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ไม่มีผลต่อความสูงของผักบุ้งไมโครกรีนในระยะ 7 วันหลังงอก แต่มีผลอย่างยิ่งต่อการเพิ่มน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง สอดคล้องกับอารีรัตน์และคณะ [12] ที่พบว่าทุกกรรมวิธีที่ใช้เชื้อรา *T. asperellum* CB-Pin-01 แช่เมล็ด หรือร่วมกับการเป่าอากาศช่วยเพิ่มน้ำหนักสดของต้นอ่อนข้าวสาลีได้ 3.19-35.52 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม และรายงานของพรประภา และคณะ [14] ที่พบว่ากรรมวิธีการแช่เมล็ดทานตะวันในสปอร์แขวนลอยของชีวภัณฑ์เชื้อรา *T. harzianum* ชนิดผงความเข้มข้น $2x10^8$ cfu/g ร่วมกับการเป่าอากาศเป็นเวลานาน 12 ชม. สามารถเพิ่มผลผลิตต้นอ่อนทานตะวันได้ดีที่สุด นอกจากนี้การใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์แช่ คลุก หรือรดเมล็ดพันธุ์ก่อนปลูกจะเป็นการส่งเสริมการเจริญของต้นกล้าพืชแล้ว ยังเป็นการป้องกันการเกิดโรคต่าง ๆ ของต้นกล้าพืช จนกระทั่งต้นพืชเจริญเติบโตเต็มที่อีกด้วย สอดคล้องกับการทดลองของครองใจ และอังคณา [15] ที่พบว่าทุกกรรมวิธีที่ใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาช่วยเพิ่มความสูง เพิ่มผลผลิต และลดการเกิดโรคราสนิมขาวที่เกิดจากเชื้อรา *Albugo ipomoeae-aquaticae* ของผักบุ้งอายุ 35 วันหลังปลูกได้ เช่นเดียวกันกับนิชากร [8] ที่พบว่าการใช้แบคทีเรียบาซิลลัสแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวก่อนปลูกช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์การงอก เพิ่มอัตราการงอกของเมล็ดข้าว ส่งเสริมการเจริญของต้นข้าวทั้งในระยะกล้า และระยะต้นโต ตลอดจนช่วยเพิ่มผลผลิตและลดโรคเมล็ดด่างของข้าวได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรรมวิธีที่ใช้ *B. amyloliquefaciens* BB165 สายพันธุ์กลาย มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีเพิ่มขึ้น และลดเปอร์เซ็นต์เมล็ดด่างลงได้ดีกว่ากรรมวิธีควบคุมที่ใช้น้ำเปล่า

ตารางที่ 2 น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง ของผักบุ้งไมโครกรีนอายุ 7 วันหลังงอก จำนวน 100 ต้น

กรรมวิธี	น้ำหนักสด 100 ต้น (กรัม)	น้ำหนักแห้ง 100 ต้น (กรัม)
กรรมวิธีควบคุม (น้ำเปล่า)	32.79 ^{c}	1.86 -
แบคทีเรียบาซิลลัส เบอร์ 1 (*Bacillus* sp.)	36.88 ^{ab} (+12.47) ***	1.93 (+3.76)
แบคทีเรียบาซิลลัส เบอร์ 2 (*B. amyloliquefaciens*)	38.44 ^{a} (+17.23)	1.91 (+2.69)
แบคทีเรียบาซิลลัสเบอร์ 3 (*Bacillus* sp.)	35.84 ^{b} (+9.30)	1.85
เชื้อรา *T. asperellum* ชนิดเม็ด	35.91 ^{ab} (+9.52)	1.88 (+1.08)
เชื้อรา *T. asperellum* ชนิดสด	36.37 ^{ab} (+10.92)	1.96 (+5.38)
f-test	**	ns
CV. (%)	4.83	7.75

หมายเหตุ ns คือ แสดงความไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** คือ แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

*** คือ เปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้น (+) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม

a,b คือ ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากการวิเคราะห์ด้วย Least significant Difference (LSD) ($P \leq 0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์บางสายพันธุ์สามารถช่วยเพิ่มธาตุอาหาร และคุณค่าทางโภชนาการบางประการในพืชได้ แพรทอง [3] และ วิราพร [4] พบว่าการใช้เชื้อรา *T. asperellum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 (ชื่อเดิม *T. harzianum*) ชนิดสด ใส่ลงในสารละลายธาตุอาหารช่วยลดการเกิดโรครากเน่า และเพิ่มธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และเหล็ก ในใบของผักกาดหอมชนิดกรีนคอสได้ และยังช่วยลดการสะสมของไนเตรทในใบผักกาดหอมได้อีกด้วย ในขณะที่จารุวรรณ [16] พบว่าการใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *B. mycoides* สายพันธุ์ FL17 ชนิดเกล็ดแป้งใส่ลงในสารละลายธาตุอาหารช่วยลดการเกิดโรครากเน่า และเพิ่มธาตุฟอสฟอรัส และแคลเซียม ในใบของผักกาดหอมชนิดบัตเตอร์เฮดได้ ดังนั้นจึงอาจมีการศึกษาอิทธิพลของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อธาตุอาหาร หรือคุณค่าทางโภชนาการของผักไมโครกรีนเพิ่มเติมต่อไป

สรุป

การใช้ชีวภัณฑ์จุลินทรีย์ปฏิปักษ์รดเมล็ดผักบุ้งทันทีหลังเพาะช่วยเพิ่มน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของผักบุ้งไมโครกรีนอายุ 7 วันหลังเพาะได้ โดยกรรมวิธีที่รดด้วยชีวภัณฑ์จุลินทรีย์ปฏิปักษ์มีน้ำหนักสด 100 ต้นเพิ่มขึ้น 9.30-17.23 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ช่วยเพิ่มน้ำหนักแห้งได้ 1.08-5.38 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้ชีวภัณฑ์เชื้อรา *Trichoderma asperellum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ทั้งสองรูปแบบช่วยเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบผักบุ้งได้ 9.20-22.15 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ในขณะที่กรรมวิธีที่รดด้วยชีวภัณฑ์แบคทีเรียบาซิลลัสพบว่า ทุกกรรมวิธีมีน้ำหนักสดของผักบุ้ง 100 ต้น เพิ่มขึ้น 9.32-17.26 เปอร์เซ็นต์ โดยแบคทีเรียบาซิลลัสเบอร์ 2 (*Bacillus amyloliquefaciens* สายพันธุ์ BB165) มีค่าน้ำหนักสด 100 ต้นสูงที่สุด (38.44 กรัม)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (ศูนย์รังสิต) ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านสถานที่และอุปกรณ์สำหรับการทดลอง

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร. จิระเดช แจ่มสว่าง ห้องปฏิบัติการควบคุมโรคพืชโดยชีวภาพ ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่ให้ความอนุเคราะห์ชีวภัณฑ์จุลินทรีย์ปฏิปักษ์และอุปกรณ์บางส่วนในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

1. Xiao Z, Lester GE, Luo Y, Wang Q. Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: Edible microgreens. J Agric Food Chem 2012;60: 7644-51.
2. จิระเดช แจ่มสว่าง. ไตรโคเดอร์มา: เชื้อราปฏิปักษ์ควบคุมโรคพืช. นครปฐม: ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน; 2559.

3. แพรทอง ละมุล. ประสิทธิภาพของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ในการควบคุมรากเน่าของผักกาดหอมที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์ สาเหตุจากเชื้อรา *Pythium aphanidermatum.* [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2549.
4. วิราพร ชีวะพานิช. ประสิทธิภาพของเชื้อรา *Trichoderma asperellum* และโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตในสารละลายธาตุอาหารต่อการลดโรครากเน่า และส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักกาดหอมที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2559.
5. Charoenrak P, Chamswarng, C. Efficacies of wettable pellet and fresh culture of *Trichoderma asperellum* biocontrol products in growth promoting and reducing dirty panicles of rice. Agriculture and Natural Resources. 2016; 50(4): 243-9.
6. ประคอง เย็นจิตต์. การคัดเลือกและการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนส ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ในระยะก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2547.
7. วราภรณ์ บุญเกิด. การใช้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* ร่วมกับเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* spp. ควบคุมเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของพริก. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2551.
8. นิชากร แซ่ตั้ง. การคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ เพื่อเพิ่มผลผลิตและลดโรคเมล็ดด่างของข้าว. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2553.
9. อมรรัชฎ์ คิดใจเดียว. ประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการป้องกันโรครากเน่าของส้มเขียวหวานที่เกิดจากเชื้อรา *Phytophthora parasitica* (Dastur.) [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์; 2541.
10. อุรัจฉทา กสิกรรมไพบูลย์, วิชัย โฆสิตรัตน, นิพนธ์ ทวีชัย, ลอลิตา เมฆสองสี. ผลของแบคทีเรียและแอนทาโกนิสต์ต่อการควบคุมโรคเหี่ยวของมะเขือเทศ. ใน รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 30 (สาขาพืช). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพ ฯ; 2535. น. 321-8.
11. จิระเดช แจ่มสว่าง, วรรณวิไล อินทนู. การผลิตเชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดสดด้วยเทคนิคอย่างง่าย เพื่อใช้ควบคุมโรคเน่าระดับดินที่เกิดจากเชื้อรา *Sclerotium rolfsii*. ใน รายงานการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 40th มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 4-7 กุมภาพันธ์ 2545. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ; 2545. น. 114-22.
12. อารีรัตน์ แดงกระจ่าง, จิระเดช แจ่มสว่าง, วรรณวิไล อินทนู, รณภพ บรรเจิดเชิดชู, ทัศนวรรณ ทรัพย์เล็ก. ประสิทธิภาพของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* CB-Pin-01 และ เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* BB165 ในการควบคุมโรคใบจุดของต้นอ่อนข้าวสาลี ที่เกิดจากเชื้อรา *Helminthosporium sativum ใน* การประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติครั้งที่ 11 “อารักขาพืชไทย ก้าวไกลในประชาคมอาเซียน”; 26-28 พฤศจิกายน 2556. โรงแรมเซ็นทาราแอนด์คอนเวนชันเซ็นเตอร์, ขอนแก่น, 2556. น. 609-22.
13. Harman GE. Multifunctional fungal plant symbionts: new tools to enhance plant growth and productivity. New Phytologist. 2011; 189: 647-9.
14. พรประภา คงตระกูล, พรรณิภา ยั่วยล, ศิริขวัญ สุดวัดแก้ว. ประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ *Trichoderma harzianum* ต่อการผลิตผักกลุ่มไมโครกรีน. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. ชุมพร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร. 2558.

15. ครองใจ โสมรักษ์, อังคณา เทียนกล่ำ. ประสิทธิภาพของเชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดสดในการควบคุมโรคราสนิมขาวของผักบุ้งที่เกิดจากเชื้อรา *Albugo ipomoeae-aquaticae*. วารสารเกษตรพระวรุณ. 2559; 13: 26-33.
16. จารุวรรณ บัวสุวรรณ. ประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *Bacillus* spp. ในการควบคุมโรครากเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ของผักกาดหอม ซึ่งปลูกด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์แบบ NFT. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2556.

[AS-P32] ผลของการเสริมแมกนีเซียมในน้ำดื่มต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทง

Effect of Adding Magnesium in Drinking Water on Growth Performance of Broiler Chickens

พรนิภา คนขยัน, และราชาวดี ยอดเศรณี*
Pornnipa Konkayan and Rachawadee Yodseranee*
หลักสูตรเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: rachawadee@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการเสริมแมกนีเซียมในน้ำดื่มต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทง ทำการทดลองโดยใช้ไก่กระทงพันธุ์ ROSS 308 อายุ 1 วัน เพศผู้ จำนวน 192 ตัว วางแผนการทดลองแบบ T-Test โดยแบ่งไก่กระทงออกเป็น 2 กลุ่มทดลอง กลุ่มละ 8 ซ้ำ ซ้ำละ 12 ตัว ไก่กระทงทั้ง 2 กลุ่ม ถูกสุ่มให้ได้รับน้ำดื่มตลอดการทดลอง 36 วัน ดังนี้ กลุ่มที่ 1 ได้รับน้ำดื่มปกติ (กลุ่มควบคุม) กลุ่มที่ 2 ได้รับน้ำเสริมแมกนีเซียม จากการศึกษาพบว่าสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงด้านปริมาณน้ำที่กิน ปริมาณอาหารที่กิน น้ำหนักตัว อัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว และอัตราการตายของทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังนั้นการเสริมแมกนีเซียมในน้ำดื่มไก่กระทงไม่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทง

คำสำคัญ: *แมกนีเซียม, สมรรถภาพการผลิต, ไก่กระทง*

Abstract

This study was conducted to investigate the effect of adding magnesium (Mg) in drinking water on growth performance of ROSS 308 broiler chickens. In all, 192 commercial male broiler chickens were used to compare two groups of adding Mg in drinking water. Chickens were raised for 36 days in the open-side housing. Experimental design, T-test design was used by the chicken was divided into two treatments in 8 replications with 12 chickens each. The first group was the control group (no supplementation of Mg in drinking water) and the second group was supplied with 10 mg of Mg/L in drinking water. The result founds productive performance, feed intake, average daily gain (ADG), feed conversion ratio (FCR) and mortality rate were not significantly different between the two drinking water treatments ($p>0.05$). Therefore, supplementation of Mg in drinking water had no significantly affect the growth performance of broiler chickens.

Keywords: *magnesium, drinking water, performance, broiler chickens*

บทนำ

สมรรถภาพการผลิตไก่กระทงขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยสำคัญทั้งการจัดการเลี้ยงดู ปริมาณโภชนาที่ได้รับจากอาหาร สายพันธุ์ และสุขภาพ แต่เนื่องจากสายพันธุ์ไก่กระทงมีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว สามารถเลี้ยงและจำหน่ายได้ในระยะเวลาอันสั้น โดยใช้หลักการเลี้ยง 3 ประการ คือ พันธุ์ อาหาร และการจัดการที่มีระบบควบคุมสามารถตรวจสอบย้อนกลับได้ [(1)] นอกจากนี้ปัจจุบันการเลี้ยงไก่กระทงมักมีการใช้ยาปฏิชีวนะเร่งการเจริญเติบโต ซึ่งหากใช้เป็นระยะเวลานานๆ จะเป็นสารตกค้างส่งผลเกิดการดื้อยาของคน และสัตว์ การดื้อยาของคนกรณีที่ได้รับยาปฏิชีวนะจากยารักษาโรค เช่น Amoxycillin เป็นยาที่มีสัดส่วนการใช้ในสถานพยาบาลมากที่สุด เมื่อเกิดการดื้อยาคนก็จะป่วยง่ายรักษาให้หายขาดได้ยาก [(2)] สำหรับการตกค้างที่ทำให้เกิดการดื้อยาสาร

ปฏิชีวนะในสัตว์ เช่น oxytetracycline อาการดื้อยาแบคทีเรียหลายชนิดในตัวยาจะเริ่มดื้อยา ทำให้สัตว์เกิดการล้มป่วย และต้องใช้เวลาในการรักษานานขึ้นกว่าสัตว์จะหายป่วย [3] ด้วยเหตุนี้จึงมีแนวคิดในการนำสารเสริมจำพวกสมุนไพร วิตามิน แร่ธาตุช่วยในการเจริญเติบโต เช่น แมกนีเซียม ซึ่งเป็นสารเสริมที่มีอยู่ในธรรมชาตินำมาทดแทนยาปฏิชีวนะในการเลี้ยงสัตว์ โดยการผสมลงไปในน้ำดื่มไก่กระทง

แมกนีเซียม (Magnesium) หรือแร่ธาตุหลัก มีอยู่ในร่างกายมากกว่า 5 กรัม [4] แมกนีเซียมมีหน้าที่เผาผลาญสาร ATP (Adenosine Triphosphate) ทำให้เกิดพลังงาน (energy metabolism) ขึ้นใช้ภายในเซลล์ การสร้างพลังงานเอทีพีจะต้องอาศัยแมกนีเซียมเป็นตัวช่วยในวงจรเครบ (Krebs cycle) ในกระบวนการวงจรเครบ หรือ TCA cycle มีเอนไซต์ที่ใช้แมกนีเซียม 4 ชนิด pyruvate dehydrogenase, isocitrate dehydrogenase, oxoglutarate dehydrogenase และ succinyl-CoA synthetase ในนิวเคลียสแมกนีเซียมมีบทบาทในการควบคุมการสร้างและโครงสร้างของ DNA โดยแมกนีเซียมจำนวนมากรวมกับ pentosephosphate backbone ของ DNA แมกนีเซียมจึงเป็นส่วนสำคัญในการเจริญของเซลล์การสร้างเนื้อเยื่อในร่างกาย เป็นตัวควบคุมการซึมผ่านเยื่อเซลล์ (membrane permeability) [14] แมกนีเซียมทำปฏิกิริยาเคมีกับทุกเอนไซม์เกี่ยวข้องกับการถ่ายทอดฟอสเฟต (Phosphate transfer) เช่น แมกนีเซียมฟอสเฟต (Magnesium Phosphate) เป็นตัวสร้างความแข็งแกร่งให้กับกระดูก แมกนีเซียมช่วยสังเคราะห์โปรตีน ช่วยยับยั้งสารสื่อประสาท N-methyl-Daspartate (NMDA) ที่ทำหน้าที่กระตุ้นระบบประสาท แมกนีเซียมและวิตามินบี 6 เป็นผู้ผลิตซีโรโตนิน (serotonin) จากสารอาหารชนิดกรดอะมิโน (Amino acid) ชื่อทริปโตเฟน (tryptophan) ทริปโตเฟนนอกจากเป็นสารตั้งต้นซีโรโตนินแล้วยังเป็นสารตั้งต้นวิตามินบี 3 หรือ Niacin เป็นสารเคมีที่ผลิตในสมอง มีคุณสมบัตรคล้ายมอร์ฟีน (morphine - like) ออกฤทธิ์ต่อร่างกายสูงกว่าฝิ่นทำให้ทนต่อความเจ็บปวดสูง อีกทั้งยังช่วยลดความเครียดได้ [5,6] การบริโภคแมกนีเซียมจากอาหาร (Dietary Magnesium) พบได้ในอาหารหลายชนิดแต่ที่มีมากและหาได้ง่าย คือ จากพืชตระกูลถั่ว เช่น ถั่วลันเตา ถั่วฝักยาว ถั่วเปลือกแข็ง ฯลฯ นอกจากนี้ยังมี น้ำกระด้าง (Hard Water) ที่มีแมกนีเซียมและแคลเซียมละลายอยู่ในปริมาณสูงก็พอนับได้ว่าเป็นแหล่งของแมกนีเซียม แต่การใช้ต้องระวังอาจมีโลหะหนักปนเปื้อนอยู่ในน้ำด้วย การทำอาหารที่ทำให้ขาดแมกนีเซียมเกิดจากการปรุงแต่งนั้นมีหลายปัจจัย โดยจะถูกความร้อน สารเคมี การขัดสี ฯลฯ ทำให้สูญเสียหรือขาดหายไป แต่มีอาหารบางชนิด ซึ่งปรากฏว่านอกจากจะบกพร่องแมกนีเซียมในตัวมันเองแล้วยังมีตัวคอยขัดขวางแมกนีเซียมที่มีอยู่ในอาหารอื่นๆที่กินเข้าไปตามปกติ ไม่ให้ดูดซึมเข้าร่างกายได้ หรือขับออกไปจากร่างกายทำให้สภาวะการขาดแมกนีเซียมของร่างกายรุนแรงขึ้น ฮาเปอร์ สรุปไว้ว่า อาหารที่ขัดขวางการดูดซึมของแมกนีเซียม ได้แก่ ไขมัน วิตามินดี สารอินทรีย์ฟอสเฟต โปรตีน แคลเซียม และใยอาหาร [7] แมกนีเซียมจำเป็นสำหรับปฏิกิริยาทางชีวเคมีในร่างกายมากกว่า 300 ชนิดโดยเป็นตัวกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ (cofactor) ทำให้การทำงานของกล้ามเนื้อและประสาทดีขึ้น ช่วยให้หัวใจเต้นสม่ำเสมอ กระดูกแข็งแรง สำหรับการศึกษาในสัตว์แมกนีเซียมออกไซด์ถูกใช้เป็นยาลดกรดในกระเพาะอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยเฉพาะกรดแลคติคที่เกิดจากการหมักเซลลูโลสของจุลินทรีย์ หรือที่เกิดภาวะ lactic acidosis นอกจากนั้นยังถูกนำมาใช้ประโยชน์ต่อสัตว์เคี้ยวเอื้องที่เกิดภาวะ hypomagnesaemia หรือภาวะที่มีระดับแมกนีเซียมในเลือดลดต่ำกว่าปกติ เมื่อสัตว์กินหญ้าอ่อนจำนวนมากเพราะหญ้าอายุน้อยจะมีแมกนีเซียม มีไนโตรเจนสูง เมื่อย่อยจะถูกเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียจำนวนมากก่อนที่แอมโมเนียจะเข้าจับกับแมกนีเซียมที่มีน้อยในหญ้า ทำให้แมกนีเซียมอยู่ในรูปที่ใช้ประโยชน์ไม่ได้ จึงมีการเสริมแมกนีเซียมให้สัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยเสริมในอาหาร วันละ 50-80 กรัมต่อตัวต่อวัน [10] สำหรับแมกนีเซียมที่เสริมในอาหารไก่ ไก่ได้รับอาหารที่มีการเสริมแมกนีเซียมในรูปของ Magnesium oxide (MgO) Magnesium-L-aspartate (MgAsp) และMonomagnesium-di-L-aspartate (MgdiAsp) ในปริมาณของการให้อยู่ที่ 0.9 1.8 และ 2.7 กรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ผลปรากฏว่ามีระดับแมกนีเซียมในตับเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า Hepatic catalase เพิ่มขึ้น และเพิ่มประสิทธิภาพของ catalase เพราะแมกนีเซียมทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นเอนไซม์ในเมแทบอลิซึม และการแสดงออกของ mRNA จึงสรุปได้ว่าการเสริมแมกนีเซียมในอาหารเสริม เพิ่มปริมาณแมกนีเซียมในตับ เพิ่มการแสดงออกของ catalase การแสดงออกของ mRNA การแสดงออกของ mRNA เป็นการแสดงออกแบบ gene expression ของแมกนีเซียมที่เป็นสารอินทรีย์ในร่างกายของสัตว์ปีก [8] มีรายงานการใช้แมกนีเซียมซัลเฟต แมกนีเซียมออกไซด์ และแมกนีเซียมคลอไรด์ ผสมลงไปในอาหารที่ 3 ระดับ ได้แก่ 0.255 1.02 และ 2.04 กรัมต่อกิโลกรัมอาหาร มีผลต่อระดับ

ความชื้นในพื้นคอก โดยระดับแร่ธาตุในอาหารมีผลต่อสภาวะทางเดินอาหารที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการดูดซึมน้ำและการละลายได้ของแมกนีเซียมในน้ำ แมกนีเซียมจะเป็นตัวดูดซึมน้ำจากอาหารจึงส่งผลทำให้แมกนีเซียมในอาหารไก่เนื้อมีการดูดซึมน้ำของลำไส้ลดลง [9] ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงมีจุดมุ่งหมายศึกษาผลของการเสริมแมกนีเซียมในน้ำดื่มต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงที่เลี้ยงในระบบโรงเรือนเปิดเพื่อนำไปเผยแพร่เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงไก่กระทงในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

1. สัตว์ทดลอง

ทำการทดลองโดยใช้ไก่กระทง (*Gallus domestics*) พันธุ์ ROSS 308 อายุ 1 วัน เพศผู้ จำนวน 192 ตัว แบ่งไก่ออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 8 ซ้ำ ซ้ำละ 12 ตัว โดยทุกกลุ่มมีน้ำหนักเริ่มต้นการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีเฉลี่ยน้ำหนักตัวเท่ากับ 58 กรัม

2. การจัดการเลี้ยงดู

ทำการเลี้ยงไก่กระทงในคอกที่มีแกลบเป็นวัสดุรองพื้น ขนาดคอก 1x1.5 เมตร ในโรงเรือนระบบเปิดแบบด้านข้างเปิดโล่งทั้ง 4 ด้าน เลี้ยงเป็นระยะเวลา 36 วัน (ระหว่างวันที่ 8 ก.ย.- 13 ต.ค. 2560) ทำการเปิดม่านและปิดม่าน และพัดลมเพื่อระบายอากาศภายในโรงเรือน ให้แสงสว่าง 24 ชั่วโมงต่อวัน ตลอดการทดลอง เมื่ออายุ 7 วันทำการให้วัคซีนป้องกันโรคนิวคาสเซิลและหลอดลมอักเสบแต่ละกลุ่มให้ได้รับน้ำดื่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ได้รับน้ำดื่มปกติ (กลุ่มควบคุม)

กลุ่มที่ 2 ได้รับน้ำเสริมแมกนีเซียม

3. การเตรียมน้ำแมกนีเซียม

ใช้แมกนีเซียมสำเร็จรูป ในรูปเกล็ดแมกนีเซียมแต่ถูกทำให้อยู่ในรูปของสารละลายเพื่อสะดวกต่อการใช้ ความเข้มข้นสารละลายแมกนีเซียม 10 มิลลิกรัม/น้ำดื่ม 1 ลิตร ใช้ปริมาณความเข้มข้นนี้ ซึ่งเป็นอัตราส่วนตามที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ วัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ได้ 7.25 ชั่งแมกนีเซียมด้วยเครื่องชั่งดิจิตอลทศนิยม 3 ตำแหน่ง ผสมในน้ำสะอาดคนให้เข้ากัน ทิ้งไว้ในอุณหภูมิปกติ บรรจุใส่อุปกรณ์ให้น้ำขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ ตามลำดับ ในแต่ละช่วงอายุ ให้น้ำแก่ไก่วันละ 2 ครั้งตอนเช้าและเย็น และทำการเตรียมน้ำดื่มเสริมแมกนีเซียมใหม่ทุกครั้งที่ให้น้ำ

4. การบันทึกข้อมูล

ทำการบันทึกปริมาณน้ำที่กิน ปริมาณอาหารที่กิน จำนวนไก่ที่ตายทุกวัน บันทึกน้ำหนักตัวเริ่มต้น และน้ำหนักตัวสิ้นสุดแต่ละสัปดาห์ เพื่อนำมาคำนวณสมรรถภาพการผลิต ได้แก่ อัตราการเจริญเติบโต (ADG) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) และอัตราการตายของไก่แต่ละคอก ใน 2 ระยะการเจริญเติบโต คือ 1-3 สัปดาห์ และ 4-5 สัปดาห์ โดยวิธีการคำนวณ ดังนี้

$$\text{อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน} = \frac{\text{น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย}}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง}}$$

$$\text{ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว} = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อตัว}}{\text{น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อตัว}}$$

$$\text{อัตราการตาย} = \frac{\text{จำนวนไก่ที่ตาย}}{\text{จำนวนไก่ทั้งหมด}} \times 100$$

5. การวิเคราะห์ทางสถิติ

เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำข้อมูลปริมาณน้ำที่กิน น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว และอัตราการตายไปทำการวิเคราะห์ทางสถิติ ตามแผนการทดลอง T-Test และเปรียบเทียบความแตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ปริมาณน้ำที่กิน

จากผลการเสริมแมกนีเซียมในน้ำดื่มไก่กระทง ต่อปริมาณน้ำที่กินได้ของไก่กระทง แสดงในตารางที่ 1 ผลการทดลองพบว่าการเสริมแมกนีเซียมในน้ำดื่ม ส่งผลให้ปริมาณน้ำที่กินของไก่กระทงทั้ง 2 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) จึงไม่มีผลต่อการกินน้ำได้ของไก่กระทง

จากการทดลองนี้พบว่าไม่มีผลต่อการกินน้ำได้ต่อตัวต่อสัปดาห์ของไก่กระทงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) การกินน้ำได้ของไก่กระทงอาจเกิดจากหลายๆปัจจัย เช่น อุณหภูมิ ขนาดคอก อัตราการตายของไก่กระทง ปริมาณอาหารที่กิน ซึ่งไก่กระทงที่เลี้ยงได้รับอาหารอย่างเต็มที่ แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าเมื่อทำการทดลองถึงช่วงสัปดาห์ที่ 5 การกินน้ำได้ของกลุ่มที่เสริมแมกนีเซียมลดลง ขณะที่กลุ่มที่กินน้ำปกติมีปริมาณน้ำที่กินเพิ่มขึ้นทุกสัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P=0.013$) กลุ่มที่ 1 ได้รับน้ำดื่มธรรมดา (กลุ่มควบคุม) เป็นน้ำบาดาลที่สารเสริมในน้ำ หรือ แร่ธาตุอาจมีน้อย เพราะไม่เหมือนน้ำแร่ธรรมชาติที่มาจากใต้ดิน ซึ่งมีส่วนผสมของแมกนีเซียม แมงกานีส แคลเซียม เป็นต้น น้ำที่มีแร่ธาตุต่างกันรสชาติก็จะต่างกันด้วย ส่วนใหญ่น้ำที่มีแร่ธาตุมากจะมีรสเค็มกว่าน้ำปกติเล็กน้อย ไก่อาจจะชอบน้ำที่รสชาติไม่ค่อยเค็ม เพราะจากการกินอาหารก็มีรสชาติเค็มจากเกลือที่มีในวัตถุดิบส่วนผสมอาหารอยู่แล้ว เมื่อกินอาหารที่มีรสเค็มความต้องการน้ำจากการกินน้ำเพื่อนำน้ำมาใช้ในร่างกาย และเพื่อขับเกลือหรือ โซเดียม (Na) ส่วนเกินนั้นออกจากการกำจัดของเสียจากร่างกาย การกินน้ำในกลุ่มธรรมดาจึงมีมากกว่ากลุ่มที่ได้รับการเสริมแมกนีเซียม [13] และกลุ่มที่ 2 เสริมแมกนีเซียม ที่มีการเสริมลงไปผสมในน้ำดื่มปกติ ระดับปริมาณตัวแร่ธาตุแมกนีเซียมจึงมีมากกว่าน้ำธรรมดารสชาติของน้ำที่มีแร่ธาตุมากกว่านี้จึงส่งผลต่อการกินน้ำได้ และการกินน้ำได้ก็มีผลต่อการนำน้ำไปใช้ในร่างกายของไก่กระทง เมื่อกินอาหารมีรสชาติเค็มอยู่แล้ว และมากินน้ำที่ตัวแร่ธาตุมีมากกว่าน้ำปกติที่รสชาติออกเค็มอีก ถึงจะเค็มเล็กน้อย แต่การกินน้ำได้ย่อมลดลงกว่าเพื่อลดภาระของร่างกายในการขับของเสียออกจากร่างกาย แม้ว่าจะมีการกินน้ำเพิ่มขึ้นทุกสัปดาห์แต่ปริมาณน้ำที่กินก็ยังน้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับน้ำดื่มปกติ (กลุ่มควบคุม) วิษณุ [11] ได้กล่าวว่า ไก่กินน้ำเป็นสองเท่าของอาหาร น้ำจึงมีบทบาทสำคัญในการควบคุมอุณหภูมิร่างกาย และการกำจัดของเสียจากร่างกาย ดังนั้นการเสริมแมกนีเซียมจึงไม่มีผลกระทบต่อปริมาณการกินน้ำได้ของไก่กระทง

ตารางที่ 1 ผลการเสริมแมกนีเซียมในน้ำดื่มต่อปริมาณน้ำที่กินต่อตัวต่อสัปดาห์ของไก่กระทง (มิลลิลิตร) ช่วง 1-5 สัปดาห์

	ปริมาณน้ำที่กินต่อตัวต่อสัปดาห์		
สัปดาห์	น้ำดื่มปกติ	น้ำดื่มเสริมแมกนีเซียม	P-value
1	498.99±17.03	492.23±18.15	0.455
2	1,127.18±61.23	1,115.30±26.34	0.622
3	2,148.25±157.23	2,079.43±124.34	0.348
4	2,917.32±200.77	2,762.32±271.88	0.216
5	3,811.60±342.42	3,247.21±442.62	0.013
1-5	2,100.65±1,333.17	1,939.30±1,138.05	0.842

หมายเหตุ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานปริมาณการกินน้ำของไก่กระทงกลุ่มได้รับน้ำดื่มปกติ (ควบคุม) กับกลุ่มที่ได้รับเสริมแมกนีเซียม มีปริมาณการกินน้ำ 1,221,38±1,055.50 มิลลิลิตร

2. น้ำหนักตัว

ผลการเสริมแมกนีเซียมในน้ำดื่มของไก่กระทงต่อน้ำหนักตัวของไก่กระทงตลอดการทดลอง แสดงในตารางที่ 2 พบว่าน้ำหนักตัวเฉลี่ยของไก่ทั้ง 2 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) เนื่องจากสภาพแวดล้อมดินฟ้าอากาศในสถานที่ทำการทดลองที่ร้อนทำให้การควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนในแต่ละวันนั้นทำได้ยาก โดยสภาวะอากาศที่อุณหภูมิสภาพแวดล้อมและความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงนั้นจะสร้างความเครียด และส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของไก่ [(12)] ในการทดลองนี้มีอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมภายในโรงเรือนเฉลี่ยในช่วงกลางวัน 34 องศา ความชื้นสัมพัทธ์ 83.25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจัดเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของไก่กระทงพันธุ์ ROSS 308 อากาศที่ร้อนทำให้ไก่เกิดความต้องการน้ำ มีการกินน้ำเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการกินอาหารทำให้ไก่กระทงกินอาหารได้น้อยลง ไก่กระทงกลุ่มที่ 2 กลุ่มที่ได้รับการเสริมแมกนีเซียมในน้ำดื่มได้รับแมกนีเซียมจากน้ำที่กินที่มากขึ้นเพราะอากาศร้อนและได้รับจากอาหาร ทำให้ไก่กระทงกลุ่มที่ 2 มีปริมาณแมกนีเซียมมากกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งอาจมีมากเกินความต้องการต่อการนำไปใช้พัฒนาการสร้างเนื้อเยื่อ สร้างเซลล์ สร้างกล้ามเนื้อของไก่กระทง แมกนีเซียมที่ได้รับนี้จึงส่งผลต่อน้ำหนักตัวทำให้ไก่กระทงกลุ่มที่ 2 มีน้ำหนักตัวน้อยกว่ากลุ่มควบคุม เพราะได้รับแมกนีเซียมมากเกินกว่าที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาเซลล์ต่างๆในร่างกายเพื่อให้เป็นน้ำหนักตัวที่มากขึ้นได้ ขณะที่ไก่กระทงกลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม) จะได้รับแมกนีเซียมจากอาหารมากที่สุด ในน้ำดื่มปกติอาจมีแมกนีเซียมแต่มีในปริมาณที่น้อยเพราะเป็นน้ำบาดาลธรรมดา แต่ก็น่าจะเพียงพอต่อการนำไปพัฒนาเปลี่ยนเป็นน้ำหนักตัว ซึ่งน้ำหนักตัวของไก่กระทงกลุ่มควบคุมมีน้ำหนักตัวที่มากกว่ากลุ่มที่ได้รับการเสริมแมกนีเซียม เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่สัปดาห์ที่ 5 ไก่กระทงกลุ่มที่ได้รับน้ำดื่มปกติมีน้ำหนักตัวเท่ากับ 2,343 กรัม ขณะที่ไก่กลุ่มที่เสริมแมกนีเซียม มีน้ำหนักตัวเท่ากับ 2,256 กรัม โดยที่น้ำหนักตัวของไก่กระทงเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 36 วัน ของทุกกลุ่มมีค่าน้ำหนักต่ำกว่าน้ำหนักตัวมาตรฐานสายพันธุ์ไก่ ROSS 308 เพศผู้ ที่เท่ากับ 2,715 กรัม [(12)]

ตารางที่ 2 ผลการเสริมแมกนีเซียมในน้ำดื่มต่อน้ำหนักตัวเฉลี่ย (กรัม) ของไก่กระทง ช่วง 1-5 สัปดาห์

น้ำหนักตัวเฉลี่ย (กรัม) เริ่มต้นและน้ำหนักสิ้นสุด ไก่กระทงตลอดการทดลอง			
สัปดาห์	น้ำดื่มปกติ	น้ำดื่มเสริมแมกนีเซียม	P-value
เริ่มต้นการทดลอง	58.00±0.00	58.00±0.00	0.000
1	217.66±4.08	219.52±5.39	0.451
2	601.96±13.66	593.34±16.06	0.267
3	1,192.98±20.88	1,160.48±31.72	0.030
4	1,818.57±36.53	1,790.70±71.36	0.342
5	2,343.89±76.27	2,256.05±120.47	0.103

3. สมรรถภาพการผลิต

ผลการเสริมแมกนีเซียมในน้ำดื่มต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงช่วงอายุ 1-3 และ 4-5 สัปดาห์ แสดงในตารางที่ 3 และ 4 ด้านปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) และอัตราการตายของไก่กระทงทุกกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ปัจจัยที่แมกนีเซียมไม่ส่งผลต่อสมรรถภาพการผลิตจากปริมาณความเข้มข้นที่ใช้ 10 มิลลิกรัม/น้ำ 1 ลิตร ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ผู้ผลิตแนะนำและเป็นการใช้ในการเสริมแมกนีเซียมเข้าไปการเสริมในรูปของสารละลายสัดส่วนนี้ไก่กระทงไม่สามารถนำไปใช้ได้ หรือ การดูดซึมได้ของแมกนีเซียมอาจจะได้มากไป หรือ น้อยไป นอกจากนี้ไก่กระทงยังได้รับจากอาหาร แต่เนื่องจากว่าในการทดลองนี้ไม่ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณแมกนีเซียมในอาหารสำเร็จรูปที่ใช้เลี้ยงให้ไก่กระทง ปริมาณแมกนีเซียมที่ไก่กระทงได้รับทั้งหมดที่ได้จากอาหารและในน้ำที่เสริมในรูปของสารละลายอาจให้มากไป หรือ น้อยไป เกินความต้องการ หรือ ขาดได้รับไม่เพียงพอ และนอกจากนี้ยังมีปัจจัยเกิดจากค่าความเป็นกรดด่างในน้ำมีผลต่อการกินอาหาร การย่อยได้ของไก่กระทง เนื่องจากไก่ทดลองทั้งสองกลุ่มมีค่า pH เป็นกลาง ซึ่งไม่ได้มีค่าเป็นกรดที่จะมีผลต่อการย่อยได้ในร่างกาย โดยกลุ่มที่ได้รับน้ำดื่มปกติ (กลุ่มควบคุม) มีค่า pH

เท่ากับ 7.29 ส่วนกลุ่มที่ได้รับการเสริมแมกนีเซียม มีค่า pH เท่ากับ 7.25 ซึ่งมีค่าเป็นด่าง จึงไม่มีผลด้านปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) แต่พบว่าในช่วงสัปดาห์ที่ 1-3 ไก่กลุ่มที่ได้รับน้ำดื่มเสริมแมกนีเซียม มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวเท่ากัน หรือ ใกล้เคียงกับกลุ่มที่ได้รับน้ำดื่มปกติ ในช่วงสุดท้ายของการทดลองสัปดาห์ที่ 4-5 ไก่กระทงกลุ่มควบคุมมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีกว่ากลุ่มที่ได้รับน้ำดื่มเสริมแมกนีเซียม และไก่กลุ่มที่เสริมแมกนีเซียมมีแนวโน้มอัตราการตายมากกว่ากลุ่มที่ได้รับน้ำปกติ (P=0.093) เพราะไก่กระทงได้รับแมกนีเซียมมากเกินไป ปริมาณแมกนีเซียมที่ให้เกิด overdose และมีอัตราการตายมากที่สุดในสัปดาห์สุดท้าย เนื่องจากการสะสมแมกนีเซียมค่อยๆมาเรื่อยๆ ตั้งแต่สัปดาห์เริ่มต้นการทดลองในสัปดาห์ที่ 1 จึงทำให้ออกผลในสัปดาห์สุดท้าย

ตารางที่ 3 ผลการเสริมแมกนีเซียมในน้ำดื่มต่อปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) และอัตราการตายของไก่กระทง ช่วง 1-3 สัปดาห์

สมรรถภาพการผลิตไก่กระทงช่วง 1-3 สัปดาห์			
	น้ำดื่มปกติ	น้ำดื่มเสริมแมกนีเซียม	P-Value
ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว)	53.82±25.31	54.49±27.81	0.977
ADG (กรัม/ตัว)	53.09±32.27	51.53±30.45	0.954
FCR	1.09±0.20	1.09±0.11	0.981
อัตราการตาย (เปอร์เซ็นต์)	1.04±1.04	1.42±1.64	0.752

ตารางที่ 4 ผลการเสริมแมกนีเซียมในน้ำดื่มต่อปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) และอัตราการตายของไก่กระทง ช่วง 4-5 สัปดาห์

สมรรถภาพการผลิตไก่กระทงช่วง 4-5 สัปดาห์			
	น้ำดื่มปกติ	น้ำดื่มเสริมแมกนีเซียม	P-Value
ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว)	160.82±42.67	163.02±62.71	0.971
ADG (กรัม/ตัว)	82.21±10.12	78.25±16.65	0.801
FCR	1.96±0.25	2.07±0.36	0.761
อัตราการตาย (เปอร์เซ็นต์)	1.09±1.54	4.36±0.27	0.093

จากตารางที่ 2 3 และ 4 การเสริมแมกนีเซียมในน้ำดื่มไก่กระทงด้านปริมาณน้ำที่กิน น้ำหนักตัว ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวและอัตราการตายของไก่กระทงตลอดการทดลอง แม้พบว่าในช่วงสัปดาห์ที่ 1-3 กลุ่มที่ได้รับน้ำดื่มเสริมแมกนีเซียม จะมีค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวเท่ากัน หรือใกล้เคียงกันกับกลุ่มที่ได้รับน้ำดื่มปกติ (กลุ่มควบคุม) แต่ในระยะช่วงท้ายของการทดลองสัปดาห์ที่ 4-5 พบว่ากลุ่มที่ได้รับน้ำดื่มเสริมแมกนีเซียมมีค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวด้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับน้ำดื่มปกติ มีน้ำหนักสิ้นสุดการทดลองน้อยกว่ากลุ่มได้รับน้ำดื่มปกติ แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ดังนั้นการเสริมแมกนีเซียมในน้ำดื่มจึงไม่มีผลต่อการปรับปรุงสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทง อาจเนื่องจากความเป็นด่างของน้ำดื่มที่ผสมแมกนีเซียม โดยที่ตัวแมกนีเซียมจะคอยควบคุมความเป็นกรดด่างภายในร่างกาย โดยทำงานสัมพันธ์กันกับแคลเซียม ฟอสฟอรัส ที่จะต้องมีความสมดุลกันกับแมกนีเซียมที่เสริมในน้ำดื่ม หรือ ที่มีอยู่แล้วในอาหาร [7] แมกนีเซียมที่ไก่ได้รับอาจมีปริมาณมากเกินไป เพราะปริมาณแมกนีเซียมที่มีอยู่ในอาหารก็น่าจะเพียงพอต่อความต้องการของร่างกายไก่กระทง เมื่อไก่กระทงได้รับเพิ่มขึ้นจากการเสริมลงไปในน้ำดื่มทำให้มีปริมาณแมกนีเซียมที่มากเกินความต้องการของไก่กระทง ทำให้เกิดความไม่สมดุลระหว่างแมกนีเซียม แคลเซียม และฟอสฟอรัสในร่างกายของไก่กระทงได้ ทำให้แมกนีเซียมไม่สามารถที่จะนำมาช่วยส่งเสริมการทำงานของร่างกายและปรับปรุงน้ำหนักตัวและสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงให้สามารถเห็นผลชัดเจนได้ และองค์ประกอบแมกนีเซียม มีผลในด้าน cofactor ของปฏิกิริยาต่างๆ ในร่างกายสัตว์ แมกนีเซียมมีหน้าที่และเผาผลาญ ATP (Adenosine Triphosphate) ทำให้เกิดพลังงาน (energy metabolism) ขึ้น

ใช้ภายในเซลล์และแมกนีเซียมยังช่วยสังเคราะห์โปรตีนในร่างกายอีกด้วย [3] นอกจากนี้การดูดซึมนำแมกนีเซียมไปใช้ในร่างกายของสัตว์ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายด้าน อาทิ อุณหภูมิ ความเป็นกรดด่าง ความเข้มข้นของแสง โลหะ เอนไซม์ วิธีการแปรรูปวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่อาจมีตัวขัดขวางการนำไปใช้ของแมกนีเซียม และออกซิเจน ทำให้การดูดซึมการนำไปใช้เป็นไปได้ยาก หรือ น้อยลงในร่างกายของสัตว์ สอดคล้องกับการทดลองของ Hoeven [9] รายงานว่าผลของแหล่งแมกนีเซียมที่เสริมลงไปในอาหารไก่กระทงที่แตกต่างกันต่อปริมาณความชื้นและประสิทธิภาพการขับถ่ายและประสิทธิภาพการผลิตในไก่เนื้อ ในระดับ 0.255, 1.02 และ 2.04 กรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ผลการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างในเรื่องการดูดซึมน้ำในลำไส้ และการผลิตไก่เนื้อ

สรุป

การศึกษาผลของการเสริมแมกนีเซียมในน้ำดื่มต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทงพบว่าการเสริมแมกนีเซียมไม่มีผลต่ออัตราการกินน้ำ (P>0.05) แต่ในสัปดาห์ที่ 5 สัปดาห์สุดท้ายของการทดลอง กลุ่มที่ได้รับแมกนีเซียมมีปริมาณน้ำที่กินน้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P=0.013) และการเสริมแมกนีเซียมในน้ำดื่มไม่มีผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ต่อสมรรถภาพการผลิต ในด้านน้ำหนักตัว ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการตายของไก่กระทงทุกกลุ่ม แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลองในช่วงสัปดาห์ที่ 4-5 กลุ่มควบคุมที่ได้รับน้ำดื่มปกติ มีสมรรถภาพการผลิตในด้านการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวดีที่สุด และมีแนวโน้มอัตราการตายในกลุ่มที่เสริมแมกนีเซียมในน้ำดื่ม (P=0.093) ดังนั้นการเสริมแมกนีเซียมในน้ำดื่มไม่ได้มีผลช่วยปรับปรุงสมรรถภาพการผลิตของไก่กระทง

เอกสารอ้างอิง

1. ชัยภูมิ บัญชาศักด์. ไก่เนื้อไทยปลอดภัยไม่ใช้สารเร่งโต. ไทยรัฐ. 12 กุมภาพันธ์ 2558.
2. นพคุณ ธรรมธัชอารี, อรอนงค์ วลีขจรเลิศ และ จุฬาภรณ์ ลิมวัฒนานนท์. งานวิจัยปริมาณและมูลค่าการสั่งยาต้านแบคทีเรียแก่ผู้ป่วยนอกในระบบหลักประกันสุขภาพถ้วนหน้า. สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข 2560; 11(4):471-472.
3. ณัฐธิดา สุขสาย, ณัฐพร รัฐบำรุง, พักตร์วิภา สุวรรณพรหม และ หทัยกาญจน์ เชาวนพูนผล. การใช้ยาปฏิชีวนะในฟาร์มปศุสัตว์เชียงใหม่. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2559.
4. ลักษณา อินทร์กลับ. โภชนศาสตร์เชิงชีวเคมี วิตามิน เกลือแร่ น้ำ และใยอาหาร สำหรับพยาบาล นักศึกษาพยาบาลฯ. กรุงเทพฯ:มิเดียการพิมพ์; 2543.
5. Kathleen H. Toto, Carolyn Baratta Yucha. Magnesium Homeostasis Imbalances and Therapeutic Uses. Elsevier 1994; 6(4):767-783.
6. สุวรรณ สุนทรีรัตน์. แมกนีเซียม. กรุงเทพฯ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี; 2529.
7. สมศักดิ์ วรคามิน. มหัศจรรย์แมกนีเซียม. กรุงเทพฯ. บริษัทสามเจริญพาณิชย์ (กรุงเทพฯ) จำกัด; 2547.
8. Liu Y, Arch Anim Nutr. Effects of source and level of magnesium on catalase activity and its gene expression in livers of broiler chickens. Arc.Nut 2007; 61(4):292-300.
9. E. van der Hoeven-Hangoor, IB van de Linde, N.D. Paton, M. WA Verstegen and W.H. Hendriks. Effect of different magnesium sources on digesta and excreta moisture and production performance in broiler chickens. Poul.Sci 2013; 92(2):382-391.
10. วีณาพร จันทะสินธุ์. การตอบสนองของโคนมต่ออาหารที่เสริมด้วยหญ้าแห้งและโซเดียมไบคาร์บอเนตร่วมกับ แมกนีเซียมออกไซด์. แมกนีเซียม (Mg) และประโยชน์จากแมกนีเซียม. เชียงใหม่. บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2547.
11. วิษณุ วรรณแสวง. การทำให้น้ำเป็นกรด ส่งเสริมสุขภาพลำไส้ ไก่โตดี ลดการใช้ยา. ข่าวสารสัตว์ปีก [อินเตอร์เน็ต]. 2560 [เข้าถึงเมื่อ 9 ตุลาคม 2560] เข้าถึงได้ที่ URL: http://thaiavian.blogspot.com/2017/10/blog-post.html?m=1.
12. Aviagen. Ross 308 Broiler Specfication. Midlothian: Aviagen. 2007.

13. วรากรณ์ สามโกเศศ. น้ำดื่มปกติที่ไม่ธรรมดา. กรุงเทพฯ ธุรกิจ. 25 กันยายน 2561.
14. นันทยา ชนะรัตน์. แมกนีเซียมนัยสำคัญทางคลินิก. เทคนิคการแพทย์เชียงใหม่ 2540; 30(3):205-213.

[AS-P33] ผลของการใช้สารพาราควอตในการควบคุมจอกหูหนูและผลต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดของปลาหางนกยูงที่เลี้ยงร่วมกัน

Effect of Paraquat to *Salvinia cucullata* Roxb.ex Bory Control and Effect of Growth and *Poecilia reticulata* Survival on Co-Culture

กิตติมา วานิชกูล*, บุณฑริกา ทองดอนพุ่ม, จิราพร กุลคำ, ศิลาวัตร พลอยเจริญ, และ อภิเดช กล่อมแสง
Kittima Vanichkul*, Boontarika Thongdonphum, Jirapon Kulkham, Silawat Ployjaran and Apidet Klomsang
สาขาประมง สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และวิทยาศาสตร์สุขภาพสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: kittima_v@rmutt.ac..th หรือ kittima_v@exchange.rmutt.ac.th*

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการใช้พาราควอตในการควบคุมจอกหูหนูและผลต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดของปลาหางนกยูงที่เลี้ยงร่วมกัน ดำเนินการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 4 ชุด (ชุดละ 3 ซ้ำ) ตามระดับความเข้มข้นของพาราควอตที่ฉีดพ่น คือ 0 (ชุดควบคุม) 0.19 0.25 และ 0.31 ppm ตามลำดับ โดยทำการฉีดพ่นสารพาราควอตตามกำหนดลงบนใบของจอกหูหนูที่รวบรวมมาจากธรรมชาติ และทำการเลี้ยงจอกหูหนูที่ถูกฉีดพ่นร่วมกับปลาหางนกยูงในกะละมังที่มีดินธรรมชาติอยู่เป็นเวลา 10 วัน พบว่า จอกหูหนูที่ถูกฉีดพ่นด้วยสารพาราควอตทุกชุดทดลองแสดงอาการใบไหม้ และขยายเพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง และพบส่วนใบที่แห้งเพิ่มขึ้นในช่วงท้ายของการทดลอง โดยสารพาราควอตที่ระดับความเข้มข้น 0.25 ppm สามารถควบคุมจอกหูหนูได้มีประสิทธิภาพดีที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์การควบคุม 91.66±1.27 สูงกว่าจอกหูหนูที่ไม่ได้รับสารพาราควอต และจอกหูหนูที่ได้รับสารพาราควอตที่ 0.19 ppm ($p<0.05$) และสารพาราควอตทุกระดับความเข้มข้นที่กำหนดไม่ส่งผลให้มีความแตกต่างของการเจริญเติบโตในด้านความยาวเฉลี่ย น้ำหนักเฉลี่ย และอัตรารอดของปลาหางนกยูงในการทดลอง ($p>0.05$)

คำสำคัญ: *พาราควอต, การควบคุม, การเลี้ยงปลา*

Abstract

The study on effect of paraquat to *Salvinia cucullata* Roxb.ex Bory control and effect of growth and *Poecilia reticulata* survival on co-culture was designed by completely randomized design. Four treatments (3 replications) of paraquat concentration are 0 (control), 0.19, 0.25 and 0.31 ppm respectively. Each paraquat treatments were sprayed on natural *Salvinia* leaf that cultured with guppy in basin that had natural cray for 10 days. The result showed that the leaf colour of *Salvinia* turned to be brown, more spread area for tirals period and more dried leaf in the end of the experiment. Paraquat was 0.25 ppm that show high performance to *Salvinia* control at 91.66±1.27 percent and show high significant difference than control group and group that was sprayed with 0.19 ppm paraquat ($p>0.05$). All treatment groups were not significantly different of guppy for average length, average weight, and survival rate. ($p>0.05$)

Keywords: *paraquat, control, fish culture*

บทนำ

จอกหูหนู (*Salvinia cucullata* Roxb.ex Bory) เป็นวัชพืชลอยน้ำที่พบได้ตามคูคลองทั่วทุกภาคของประเทศไทย จอกหูหนูเป็นเฟิร์นน้ำ ลำต้นกลมเรียว แตกกิ่งก้านสาขาทอดราบไปตามผิวน้ำ ใบออกตามข้อของลำต้น โดยข้อๆหนึ่งมีใบ 3 ใบ ใบสองใบจะมีสีเขียวสด รูปกลมขนละเอียด ซึ่งขนนี้จะมีขี้ผึ้งเคลือบอยู่ป้องกันไม่ให้ใบเปียกน้ำ ส่วนใบที่ 3 เป็นใบใต้น้ำแตกเป็นฝอยคล้ายราก มีสีน้ำตาลคล้ำ เป็นที่เกิดของสปอโรคาร์บ (sporocarp) สำหรับการสร้างสปอร์ในการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ แต่การสืบพันธุ์ส่วนใหญ่เป็นการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ โดยเกิดจากการหลุดขาดต้นเดิมเพื่อไปงอกเป็นต้นใหม่ ซึ่งสภาพแหล่งน้ำนิ่งเป็นแหล่งที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของวัชพืชนี้ จอกหูหนูมีการระบาดอย่างรุนแรงในเขตชลประทาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอ่างเก็บน้ำที่มีการไหลเวียนน้ำเพียงเล็กน้อย [1] ส่งผลให้ภูมิทัศน์ของอ่างเก็บน้ำเกิดมลพิษทางทัศนียภาพที่ไม่น่าดู เพิ่มการคายระเหยของน้ำ การเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนหยุดชะงัก ถ้ามีมากเกินไปอาจเกิดมลพิษทางน้ำ คือ เมื่อจอกหูหนูตายจะเกิดการเน่า และขาดออกซิเจนได้ [2] นอกจากนี้จอกหูหนูก่อให้เกิดอุปสรรคในการสัญจรทางน้ำ ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลง มีผลทำให้สัตว์น้ำ เช่น ปลาลดจำนวนลง ทำให้ประสิทธิภาพของระบบชลประทานลดลง และยังทำให้เกิดปัญหาต่อการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ [3]

พาราควอตเป็นสารสังเคราะห์ทางเคมีที่ผลิตขึ้นในปี 2425 โดยพาราควอตมีชื่อทางเคมีว่าเมธิลไวโอโลเจน ไดคลอไรด์ (methyl viologen dichloride) หรือ 1,1'ไดเมธิล-4,4' ไบไพริดิเนียมไดคลอไรด์ (1,1'-dimethyl-4,4' bipyridinium dichloride) โดยชื่อ ทางการค้าของพาราควอทที่เป็นที่รู้จัก เช่น กรัมม็อกโซน ไตรควอท หรือเดกซ์ซูรอน[4] ลักษณะเป็นผลึกแข็งสีขาวใสหรือเป็นผงค่อนข้างเหลือง สามารถละลายน้ำได้ดีโดยมีค่าการละลายน้ำอยู่ที่ 700,000 มิลลิกรัมต่อลิตร[5] จุดหลอมเหลวอยู่ที่ 340 องศาเซลเซียส ค่าความดันไออยู่ที่ $<10^{-8}$ กิโลปาสคาล ที่ 25 องศาเซลเซียส และค่าคงที่ต่อการละลายน้ำต่อออคทานอล (log Kow) มีค่าอยู่ที่ -4.5 มีความสามารถในการดูดซับกับดินตะกอนได้เป็นอย่างดี การย่อยสลายของพาราควอตในน้ำทั้งในสภาพกรดและด่างมีค่า DT50 เท่ากับ 37 วัน และมีความสามารถในการเป็นสารกำจัดศัตรูพืช [6,7] เป็นสารในกลุ่มบัยพัยริไดเลียม (bipyridilium herbicides) เข้าสู่ประเทศมาเลเซีย และนำมาใช้ในประเทศไทยเมื่อ พ.ศ. 2505 และยังคงใช้ในประเทศไทยจนถึงปัจจุบัน[8] สารเคมีกำจัดวัชพืชนับวันมีปริมาณการใช้เพิ่มมากขึ้นทั่วโลก เนื่องจากสารเคมีในการกำจัดวัชพืชมีต้นทุนน้อยกว่าการกำจัดวัชพืชทางกายภาพ สารพาราควอตเป็นสารกำจัดวัชพืชชนิดหนึ่งที่นิยมใช้กันมาก แต่คุณสมบัติของพาราควอตซึ่งเป็นสารที่มีความสามารถในการละลายได้สูงส่งผลให้เกิดการแพร่กระจายไปในระบบนิเวศทางน้ำได้ [9] นอกจากนี้มีการศึกษาความเป็นพิษของพาราควอตพบว่ามีผลต่อการทำลายเนื้อเยื่ออวัยวะสำคัญของสัตว์น้ำ อาจเป็นสารที่ก่อให้เกิดภัยคุกคามต่อสัตว์น้ำและส่งผลกระทบต่อระดับประชาการของสัตว์น้ำได้ [7]

ดังนั้นในการศึกษาผลของการใช้พาราควอตในการควบคุมจอกหูหนู และผลต่อการเจริญเติบโต และอัตรารอดของปลาหางนกยูงที่เลี้ยงร่วมกันครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาระดับความเข้มข้นของพาราควอตที่สามารถควบคุมจอกหูหนู ซึ่งระดับความเข้มข้นที่ใช้นั้นมีผลต่อปลาหางนกยูง (ตัวแทนสัตว์น้ำที่ใช้ทำการศึกษา) ที่เลี้ยงร่วมกันในด้านการเจริญเติบโต และการตายด้วยหรือไม่ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานให้เกษตรกรนำไปปรับใช้ในการควบคุมจอกหูหนูในลักษณะที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำรวมถึงสิ่งมีชีวิตอื่นๆในแหล่งน้ำ เพื่อนำไปสู่แนวทางในการจัดการและการใช้ประโยชน์ร่วมกันแบบยั่งยืนต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมการทดลอง

นำกะละมังขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 45 เซนติเมตร จำนวน 12 ใบ มาล้างทำความสะอาดแล้วผึ่งไว้ให้แห้ง นำดินจากธรรมชาติมาเกลี่ยใส่ให้มีความสูงจากพื้นกะละมัง 5 เซนติเมตร หลังจากนั้นเติมน้ำจากธรรมชาติสูง 18 เซนติเมตรจากพื้นดิน นำจอกหูหนูที่รวบรวมมาจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติพร้อมจำแนกลักษณะแล้วมาล้างทำความสะอาดแล้วประมาณ 200 กรัม (จำนวน10 กอ) ใส่ในแต่ละกะละมังที่ได้เตรียมไว้ แล้วทำการสุ่มปลาหางนกยูงขนาดเฉลี่ย 2.80±0.13 เซนติเมตร (ซึ่งในการ

ทดลองใช้เป็นตัวแทนสัตว์น้ำที่อาศัยในแหล่งน้ำ) ที่พักปรับสภาพก่อนการทดลองเป็นเวลา 7 วัน จำนวน 10 ตัว นำมาบันทึกน้ำหนัก และวัดความยาวก่อนปล่อยลงเลี้ยงในแต่ละกะละมัง

2. การดำเนินการทดลอง

หลังจากเตรียมการทดลองจะดำเนินการตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยทำการฉีดพ่นสารพารา ควอต (commercial grade) ลงบนใบของจอกหูหนู (เป็นส่วนที่ดูดซับสารพาราควอตได้ดี) จำนวน 4 ระดับความเข้มข้น คือ 0 (ชุดควบคุม) 0.19 0.25 และ 0.31 ppm ให้ทั่วบริเวณใบ โดยแต่ละความระดับจะทำ 3 ซ้ำ และทำการเลี้ยงจอกหูหนูร่วมกับการเลี้ยงปลาหางนกยูงเป็นระยะเวลา 10 วัน

3. การเก็บข้อมูลและบันทึกผล

ทำการเก็บข้อมูลผลของพาราควอตในการควบคุมจอกหูหนู โดยการประเมินด้วยสายตาซึ่งพิจารณาจากการเปลี่ยนสภาพ สี การไหม้ของใบ และการเกิดใบใหม่ของจอกหูหนู และจากการประเมินเปอร์เซ็นต์การควบคุมในวันที่ 3 5 7 และ 10 วัน เทียบกับวันเริ่มต้นของการทดลองโดยน้ำหนัก (Fresh weight) ทำการบันทึกความยาวเฉลี่ย น้ำหนักเฉลี่ย และอัตรารอดของปลาหางนกยูงเมื่อสิ้นสุดการทดลอง และบันทึกค่าคุณภาพน้ำ ประกอบไปอุณหภูมิ (Temperature) และออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) โดยเครื่อง YSI รุ่น 550 A ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) โดยเครื่อง pH meter รุ่น pH PAL ปริมาณแอมโมเนีย (TAN) และฟอสฟอรัส (PO_4^{2-}) วิเคราะห์โดยการ Tritation [10] ในระหว่างการทดลอง

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่บันทึกไว้จะถูกนำไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนด้วย Analysis of Variance และ เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของแต่ละชุดการทดลองโดยวิธี Duncan New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ [11]

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการใช้สารพาราควอตฉีดพ่นที่ใบของจอกหูหนูที่ระดับความเข้มข้น 0 0.19 0.25 และ 0.31 ppm โดยมีการเลี้ยงร่วมกับปลาหางนกยูง พบว่า หลังการทดลอง 3 วัน จอกหูหนูชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารพาราควอตมีลักษณะปกติ แต่จอกหูหนูที่ถูกฉีดพ่นด้วยสารพาราควอตทุกชุดทดลองเริ่มแสดงอาการใบไหม้เป็นสีน้ำตาล โดยมีเปอร์เซ็นต์การควบคุม 0.00±0.00 16.66±5.77 30.00±0.00 และ 33.33±5.77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ หลังการทดลอง 5 วัน จอกหูหนูชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารพาราควอตส่วนใบตรงกลางกอเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และจอกหูหนูที่ถูกฉีดพ่นด้วยสารพาราควอตทุกชุดทดลองแสดงอาการใบไหม้เป็นสีน้ำตาลเข้มขึ้นกว่าเดิม และมีการกระจายตัวของการไหม้มากกว่าในการทดลองวันที่ 3 โดยมีเปอร์เซ็นต์การควบคุม 0.00±0.00 46.66±15.28 70.00±0.00 และ 76.66±5.77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ หลังการทดลอง 7 วัน จอกหูหนูชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารพาราควอตส่วนใบตรงกลางกอเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มขึ้นแต่ใบส่วนอื่นๆยังคงมีสีเขียว แต่จอกหูหนูที่ถูกฉีดพ่นด้วยสารพาราควอตทุกชุดทดลองแสดงอาการใบไหม้ออกเป็นวงกว้างมากขึ้นกว่าการทดลองในวันที่ 5 และพบใบจอกหูหนูตรงส่วนกลางใบเริ่มแสดงอาการใบแห้งให้เห็น โดยมีเปอร์เซ็นต์การควบคุม 0.00±0.00 53.33±11.55 91.67±2.89 และ 88.33±7.64 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 10 วัน จอกหูหนูชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารพาราควอตส่วนใบตรงกลางกอยังคงเป็นสีน้ำตาล และส่วนอื่นๆ ยังคงไม่แสดงอาการใบไหม้ให้เห็น ส่วนจอกหูหนูที่ถูกฉีดพ่นด้วยสารพาราควอตทุกชุดทดลองแสดงอาการใบไหม้เพิ่มและขยายตัวเป็นวงกว้างมากขึ้นจากเดิมจนครอบคลุมในทุกส่วน และส่วนใบที่แห้งมีมากขึ้นกว่าการทดลองในวันที่ 7 และแสดงอาการจมตัวลงเล็กน้อยในชุดที่ได้รับสารพาราควอตที่ 0.25 และ 0.31 ppm โดยมีเปอร์เซ็นต์การควบคุม 0.00±0.00 56.66±2.56 91.66±1.27 และ 90.00±8.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

โดยสารพาราควอตที่ฉีดพ่นให้จอกหูหนูในทุกชุดทดลองมีเปอร์เซ็นต์การควบคุมมากกว่าจอกหูหนูที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นทางสถิติ โดยการฉีดพ่นสารพาราควอต 0.25 และ 0.31 ppm บนจอกหูหนู มีเปอร์เซ็นต์การควบคุมสูงกว่าการฉีดพ่นสารพาราควอตที่ 0.19 ppm อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งจอกหูหนูที่ถูกฉีดพ่นสารพาราควอต 0.25 และ 0.31 ppm ไม่แสดงความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การควบคุม ($p>0.05$) ในทุกช่วงของการเก็บข้อมูล โดยในงานวิจัยนี้ให้ผลการทดลองแตกต่างจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่ได้รายงานไว้ว่า สารพาราควอตซึ่งเป็นสารกำจัดวัชพืชที่ความเข้มข้น 0.19 ppm เป็นปริมาณเพียงพอสำหรับกำจัดจอกหูหนูแล้ว [8] แต่ในการทดลองนี้ต้องใช้สารพาราควอตถึง 0.25 ppm ในการควบคุมจอกหูหนู ซึ่งอาจเนื่องมาสภาวะและแหล่งที่มาของจอกหูหนูแตกต่างกันส่งผลให้การตอบสนองต่อสารพาราควอตแตกต่างกันไปด้วย โดยพาราควอตเป็นสารกำจัดวัชพืชซึ่งมีฤทธิ์ทำลายส่วนที่เป็นสีเขียวที่ใช้ในการสังเคราะห์แสง โดยจะทำลายวัชพืชจอกหูหนูได้อย่างรวดเร็วในระยะเวลา 7 วันหลังการฉีดพ่น และจะเกิดการแห้ง ตาย และเปื่อยเน่า โดยในการทดลองนี้พบว่าจอกหูหนูที่ได้รับสารพาราควอตที่ 0.25 และ 0.31 ppm เป็นเวลา 10 วัน มีการจมตัวลงให้เห็นแต่ยังไม่สูญเสียการลอยตัว ซึ่งจากข้อมูลมีรายงานว่าการสูญเสียการลอยตัวเกิดภายใน 14 วัน และจอกหูหนูจะจมลงเกือบทั้งหมดเมื่อผ่านไป 21 วัน โดยน้ำหนักสดที่ยังหาได้จะเป็นจอกหูหนูที่ตายแล้วแต่ยังไม่เน่าเปื่อย [1] โดยสารพาราควอตเข้าไปขัดขวางการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนในการสังเคราะห์แสงของพืช โดยการขัดขวางจะทำให้เกิดอนุมูลอิสระขึ้น ทำให้ออร์แกเนล (organelle) ของพืชถูกทำลาย และเกิดการตายของเซลล์ [4]

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์การควบคุมจอกหูหนูที่ใบถูกฉีดพ่นด้วยสารพาราควอตที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

วัน	ระดับความเข้มข้นของพาราควอต (ppm)			
	0	0.19	0.25	0.31
เริ่มต้น	0.00 ± 0.00^{a}	0.00 ± 0.00^{a}	0.00 ± 0.00^{a}	0.00 ± 0.00^{a}
3	0.00 ± 0.00^{a}	16.67 ± 5.77^{b}	30.00 ± 0.00^{c}	33.33 ± 5.77^{c}
5	0.00 ± 0.00^{a}	46.67 ± 15.28^{b}	70.00 ± 0.00^{c}	76.67 ± 5.77^{c}
7	0.00 ± 0.00^{a}	53.33 ± 11.15^{b}	91.67 ± 2.89^{c}	88.83 ± 7.64^{c}
10	0.00 ± 0.00^{a}	56.67 ± 5.77^{b}	91.67 ± 7.64^{c}	90.00 ± 8.66^{c}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแถวตามแนวนอนมีตัวอักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$)

ในการศึกษาผลการเจริญเติบโตของปลาหางนกยูงที่เลี้ยงร่วมกับการฉีดพ่นสารพาราควอตตามระดับความเข้มข้นตามกำหนดสำหรับควบคุมจอกหูหนูนั้น พบว่า เมื่อเริ่มต้นการทดลองปลาหางนกยูงมีความยาวเฉลี่ย 2.83±0.41 2.93±0.21 2.73±0.36 และ 2.83±0.40 เซนติเมตร ตามลำดับ และเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 10 วัน ปลาหางนกยูงในแต่ละชุดการทดลองมีความยาวเพิ่มมากขึ้น โดยแต่ละชุดทดลองมีความยาวสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ 2.98±0.17 3.32±0.03 3.07±0.15 และ 3.15±0.05 เซนติเมตรต่อตัว ตามลำดับ โดยความยาวเฉลี่ยของทุกชุดการทดลองในช่วงเริ่มต้น และสิ้นสุดการทดลอง ไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 2) ส่วนในด้านน้ำหนักปลาหางนกยูงมีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 2.00±0.25 2.43±0.32 2.23±0.68 และ 1.93±0.12 กรัม และเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าปลาหางนกยูงมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 2.35±0.41 2.31±0.41 2.31±0.65 และ 2.20±0.41 กรัม ตามลำดับ เมื่อนำไปวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าน้ำหนักเฉลี่ยของปลาหางนกยูงในทุกชุดการทดลองทั้งน้ำหนักช่วงเริ่มต้น และสิ้นสุดการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 2) สำหรับการศึกษาอัตราการรอดของปลาหางนกยูงที่เลี้ยงร่วมกับจอกหูหนูที่ใบถูกฉีดพ่นสารพาราควอตตามกำหนด พบว่า เมื่อสิ้นสุดการทดลองปลาหางนกยูงมีอัตรารอดเท่ากับ 93.33±11.54 86.67±15.28 96.67±5.77 และ 96.67±5.77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 2) โดยไม่มีความแตกต่างทางสถิติในแต่ละชุดทดลอง ($p>0.05$) จากผลการทดลองในด้านความยาว น้ำหนัก และอัตรารอดของปลาหางนกยูงที่เลี้ยงร่วมกับจอกหูหนูที่ถูกฉีดพ่นด้วยพาราควอตแสดงให้เห็นว่าสารพาราควอตที่ฉีดพ่นเพื่อควบคุมจอกหูหนูไม่ได้ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโต (ความยาวและน้ำหนักเฉลี่ย) และอัตรารอดของปลาหางนกยูง โดยความเป็นพิษเฉียบพลันสารพาราควอตต่อปลา

แพลงก์ตอนสัตว์ และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกที่มีการศึกษามีค่า LC50 ที่ 10,000-100,000 ไมโครกรัมต่อลิตร ซึ่งแสดงค่าความเป็นพิษที่น้อย แต่ผลกระทบในด้านสรีระวิทยาของสัตว์น้ำนั้นมีรายงานว่าถ้าได้รับมากเกินไปจะเกิดสภาวะตึงเครียดจากอนุมูลอิสระ (oxidative stress) ซึ่งอาจทำให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตได้ [7] โดยเหงือกของสัตว์น้ำที่ได้รับสารจะมีการเปลี่ยนแปลงซึ่งเกิดอาการบวม และมีเลือดออก (hemorrhaging) [12] แต่จากการสังเกตปลาที่ทำการทดลองครั้งนี้ไม่พบลักษณะอาการดังกล่าว อาจเนื่องมาจากปริมาณของพาราควอตที่ได้รับอาจไม่ส่งผลกระทบจนแสดงลักษณะอาการให้เห็น และการตอบสนองเหล่านี้ยังขึ้นอยู่กับความทนทานของปลาหรือสัตว์น้ำแต่ละชนิดด้วย

คุณภาพน้ำระหว่างการทดลอง พบว่ามีอุณหภูมิระหว่าง 23.8-34.1 องศาเซลเซียส ความเป็นกรดเป็นด่างระหว่าง 7.7-8.9 ออกซิเจนที่ละลายน้ำ 3.85-6.83 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนียรวมระหว่าง 0.067-0.604 มิลลิกรัมต่อลิตร และฟอสฟอรัสระหว่าง 0.072-0.278 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าทางคุณภาพน้ำในการทดลองอยู่ในเกณฑ์ของคุณภาพน้ำสำหรับกำลังผลิตของบ่อปลา [13] และของแหล่งน้ำตามธรรมชาติที่มีอยู่ได้ รวมถึงการเลี้ยงสัตว์น้ำ [14] ซึ่งส่งผลให้ไม่เกิดผลกระทบในปัจจัยด้านคุณภาพน้ำต่อการเจริญเติบโต และการตายของปลาหางนกยูงที่ใช้ในการทดลอง และไม่ส่งผลกระทบต่อผลการควบคุมของจอกหูหนูที่ทำการทดลองด้วย

ตารางที่ 2 ความยาว น้ำหนัก และอัตรารอดของปลาหางนกยูงที่เลี้ยงร่วมกับจอกหูหนูที่ใบถูกฉีดพ่นด้วยสารพาราควอต

พารามิเตอร์	ระดับความเข้มข้นของพาราควอต (ppm)			
	0	0.19	0.25	0.31
ความยาวเริ่มต้นเฉลี่ย (เซนติเมตร)	2.83±0.41[a]	2.93±0.21[a]	2.73±0.36[a]	2.83±0.40[a]
ความยาวสุดท้ายเฉลี่ย(เซนติเมตร)	2.98±0.17[a]	3.32±0.03[a]	3.07±0.15[a]	3.15±0.05[a]
น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย (กรัม)	2.00±0.25[a]	2.43±0.32[a]	2.23±0.68[a]	1.97±0.12[a]
น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย (กรัม)	2.23±0.41[a]	2.31±0.41[a]	2.31±0.65[a]	2.20±0.41[a]
อัตราการรอด (เปอร์เซ็นต์)	93.33±11.55[a]	86.67±15.28[a]	96.67±5.77[a]	96.67±5.77[a]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแถวตามแนวนอนมีตัวอักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$)

สรุป

จากการทดลองฉีดพ่นสารพาราควอตที่ระดับความเข้มข้น 0 0.19 0.25 และ 0.31 ppm ในการควบคุมจอกหูหนูและมีการเลี้ยงปลาหางนกยูงร่วมนั้น พบว่า จอกหูหนูที่ได้รับสารพาราควอตทุกระดับความเข้มข้นเกิดใบสีน้ำตาลสีเข้มขึ้นตลอดระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นในช่วงการทดลอง โดยการใช้สารพาราควอตฉีดพ่นที่ระดับ 0.25 ppm แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การควบคุมจอกหูหนูได้ดีที่สุด และให้ผลไม่แตกต่างกับการฉีดพ่นสารพาราควอตที่ระดับ 0.31 ppm จนเมื่อสิ้นสุดการทดลองสามารถควบคุมจอกหูหนูได้ สำหรับผลกระทบกับปลาหางนกยูงที่เลี้ยงร่วมกับจอกหูหนูที่ถูกฉีดพ่นด้วยสารพาราควอตนั้นไม่พบว่าส่งผลในด้านอัตราการเจริญเติบโตทางด้านความยาว น้ำหนัก และอัตรารอดของปลา ผลจากข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นแนวทางการใช้สารพาราควอตในการควบคุมจอกหูหนูโดยไม่ส่งผลกระทบต่อปลาหรือรวมถึงสัตว์อื่นๆ ที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร ที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์ สถานที่ และสารเคมีสำหรับงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. ประมุก เพ็ญสุต, สุนันทา เพ็ญสุต, เฉลียว แก้วเนตร. การควบคุมจอกหูหนู (*Salvinia cucullata*) ด้วยสารกำจัดวัชพืช. ในเอกสารประกอบการการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 31 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ; 2536. หน้า 59-62.

2. สุทัศ ปินตาเสน. จอกหูหนูจากวัชพืชน้ำสู่การใช้ประโยชน์แบบครบวงจร. [อินเตอร์เน็ต]. มปป. [เข้าถึงเมื่อ 19 เมษายน 2562เข้าถึงได้จาก: http://www.doa.go.th/pibai/pibai/n8/v-6-jul/jakfam.pdf
3. รังสิต สุวรรณเขตนิยม, ถวัลย์ศักดิ์ เผ่าสังข์, ทศพล พรพรหม. ชีววิทยาและการควบคุมจอกหูหนู. วิทยาสารวัชพืช. 2543; 1: 8-22.
4. Suntres, Z.E. Role of antioxidants in paraquat toxicity. Toxicology 2002;180: 65-77.
5. IPCS (International Programme on Chemical Safety). Paraquat health and safety guide. World Health Organization: Geneva; 1991.
6. European Commission. Review report for active substance paraqaut European commission; 2003.
7. นภาพร เลือดประถม. ความเป็นพิษของพาราควอทต่อสัตว์น้ำ. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 2556; 31(2): 95-101.
8. ทศพร พรพรหม, ถวัลย์ศักดิ์ โพธิ์แสง, รังสิต สุวรรณเขตนิคม. การจัดการศัตรูพืชเพื่อป้องกันการระบาดหลังน้ำลด : การแพร่ระบาดของวัชพืชและการควบคุม. กรุงเทพฯ; สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2539.
9. สุรจิต สุนทรธรรม และ สมชัย บวรกิตติ. พาราควอตมีพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อมน้อยมาก. พุทธชินราชเวชสาร. 2560; 34(1): 2-3.
10. APHA, AWWA and WPCA. Standard Method for the Examination of Water and Waste Water. 18th ed Washington, D.C. United states: American Public Health Association; 1992.
11. สายชล สินสมบูรณ์ทอง. สถิติการวางแผนทดลองทางการเกษตร. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ; จามจุรีโปรดักร์; 2549.
12. Babatunde, M.M., Oladimeji, A.A., Balogun, J.K. Acute toxicity of gramoxone to Oreochromis niloticus (Trewavas) in Nigeria. Water, Air and Soil Pollution. 2001; 131: 1–10.
13. ยนต์ มุสิก. คุณภาพน้ำกับกำลังผลิตของบ่อปลา. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์; 2539.
14. กรมควบคุมมลพิษ. มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน. [อินเตอร์เน็ต]. 2535. [เข้าถึงเมื่อ 19 เมษายน 2562]. เข้าถึงได้จาก: http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water05.html

[AS-P34] การเตรียมและศึกษาคุณสมบัติการย่อยสลายได้ทางชีวภาพของแผ่นฟิล์มพลาสติกผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์และแป้งข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1

Preparation and Biodegradability Study of Plastic Blend Film from Polyvinyl Alcohol and Pathum Thani 1 Rice Starch

พชรวรรณ รัตนทรงธรรม[*1] , อารยา แทนคำ[2] และ จิรยา แจ้งวิถี[2]
Pacharawan Ratanasongtham[*1], Araya Tankhum[2] and Jiraya Jangvithee[2]
[1]*หลักสูตรเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์*
[2]*หลักสูตรเคมีและวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์*
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: pacharawan@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเตรียมและศึกษาคุณสมบัติการย่อยสลายได้ทางชีวภาพของแผ่นฟิล์มพลาสติกผสมพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) และแป้งข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 (RS) เพื่อเป็นวัสดุทางเลือกในการนำไปประยุกต์ใช้ในด้านเกษตรกรรม โดยขึ้นรูปแผ่นฟิล์มพลาสติกผสมด้วยเทคนิคการหล่อขึ้นรูปด้วยสารละลาย ผสมสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยมวลต่อปริมาตร และสารละลายแป้งข้าวเจ้าความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยมวลต่อปริมาตรให้เป็นเนื้อเดียวกัน ที่อัตราส่วนต่างๆ โดยน้ำหนัก คือ 90:10 (PVA/RS90) 80:20 (PVA/RS80) 70:30 (PVA/RS70) 60:40 (PVA/RS60) 50:50 (PVA/RS50) เทลงในแม่พิมพ์เทฟลอน และอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แผ่นฟิล์มที่ได้มีความโปร่งแสงและแข็งแรง ศึกษาความสามารถในการดูดซับน้ำของแผ่นฟิล์มผสมในรูปของร้อยละการดูดซับน้ำของแผ่นฟิล์มที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักต่างๆ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวเจ้าแผ่นฟิล์มผสมจะมีความสามารถในการดูดซับน้ำที่สูงขึ้น จากนั้นศึกษาคุณสมบัติการย่อยสลายได้ทางชีวภาพของแผ่นฟิล์มในตัวอย่างดินของพื้นที่ตัวอย่างบริเวณมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ด้วยวิธีการวิเคราะห์โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 1 3 5 และ 7 วัน ผลการทดลองที่ได้พบว่า เมื่อลดปริมาณพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ลงและเพิ่มปริมาณแป้งข้าวเจ้าจะทำให้แผ่นฟิล์มพลาสติกผสมมีค่าร้อยละการดูดซับน้ำและร้อยละการย่อยสลายได้ทางชีวภาพสูงขึ้น โดยแผ่นฟิล์มพลาสติกผสมระหว่างพอลิไวนิลแอลกอฮอล์และแป้งข้าวเจ้าที่อัตราส่วนร้อยละโดยน้ำหนักเท่ากับ 50:50 (PVA/RS50) มีค่าร้อยละการย่อยสลายได้ทางชีวภาพสูงสุดเท่ากับ 85.20

คำสำคัญ: *คุณสมบัติการย่อยสลายได้ทางชีวภาพ, พอลิไวนิลแอลกอฮอล์, แป้งข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1, แผ่นฟิล์มพลาสติกผสม*

Abstract

The aim of this research is to study on the preparation and its biodegradability of plastic blend film between polyvinylalcohol (PVA) and Pathum Thani 1 Rice Starch (RS) for use and alternative materials for agricultural application. The plastic blend film was prepared by the solution casting method. The 2% w/v PVA solution was mixed simultaneously with 1% w/v RS solution at different weight ratios i.e. 90:10 (PVA/RS90) 80:20 (PVA/RS80) 70:30 (PVA/RS70) 60:40 (PVA/RS60) 50:50 (PVA/RS50). The mixed solution was then casted on teflon plate and then dry in hot oven at 60 °C for 24 hours. The PVA/RS plastic blend film was transparent and high strength. The water absorbability of the blend films at different weight ratio was investigated in the term of percent water absorbability. The results showed that the water absorbability of the blend films increased with the increasing of rice starch. The biodegradability of the blended films was then studied in demonstrated area at Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage using gravimetric method for 1, 3, 5 and 7 days. The lower amount of PVA trends to the higher percent biodegradability. The PVA/RS plastic blend film at mixing ratio was 50:50 (PVA/RS50) exhibited the highest percent biodegradability (85.20%).

Keywords: *biodegradability, polyvinyl alcohol, Pathum Thani 1 rice starch, plastic blend film*

บทนำ

ปัจจุบันวัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่อำนวยความสะดวกให้แก่มนุษย์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายและมีการตอบสนองการใช้งานในด้านความแข็งแรงคงทน ตลอดจนราคาที่เหมาะสม ส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์พลาสติกซึ่งเป็นสารประกอบพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งที่ได้มาจากการสังเคราะห์สารเคมีในอุตสาหกรรมปิโตรเลียม ถึงแม้ว่าวัสดุดังกล่าวจะมีจุดเด่นและมีคุณสมบัติที่มนุษย์พึงพอใจก็ตาม แต่วัสดุสังเคราะห์ประเภทนี้ เมื่อผ่านการใช้งานแล้ว จะกลายเป็นขยะที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ หรืออาจจะย่อยสลายได้แต่ต้องใช้เวลายาวนาน นอกจากนี้ทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของขยะซึ่งเป็นสาเหตุในการเกิดมลพิษต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมได้ ด้วยเหตุนี้จึงมีการพัฒนาสมบัติของพลาสติกเพื่อให้เหมาะสมต่อการใช้งาน และปรับปรุงคุณสมบัติในการย่อยสลายหลังการใช้งานให้ดียิ่งขึ้น

พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Biodegradable plastics) จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการลดปริมาณขยะพลาสติก ซึ่งสามารถเตรียมได้หลายวิธี เช่น การสังเคราะห์ทางชีวภาพ (Biosynthesis) การสังเคราะห์ทางเคมี (Chemical synthesis) [1, 2] การเตรียมพลาสติกผสม (Plastic blends) ด้วยพอลิเมอร์ธรรมชาติเพื่อลดปริมาณการใช้พลาสติกสังเคราะห์ลง โดยพอลิเมอร์จากธรรมชาติส่วนใหญ่ได้มาจากพืช หรือสัตว์ เช่น แป้ง เส้นใยจากพืช โปรตีนจากสัตว์ เป็นต้น โดยพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพได้รับความนิยมและนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลายด้าน เช่น วัสดุทางการแพทย์ เช่น ไหมเย็บ วัสดุห้ามเลือด หรือด้านการเกษตร เช่น วัสดุคลุมดิน ถุงเพาะชำ เป็นต้น [3]

ข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 เป็นพันธุ์ข้าวที่นิยมเพาะปลูกอย่างมากบริเวณภาคเหนือตอนล่างและภาคกลางตอนบน ได้แก่ จังหวัดปทุมธานี สุพรรณบุรี ชัยนาท และฉะเชิงเทรา เป็นต้น แป้งข้าวเจ้า เป็นหนึ่งในพอลิเมอร์ที่พบมากในธรรมชาติ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปที่ได้จากกระบวนการผลิตข้าวซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศไทยมาช้านาน และการพัฒนาคุณสมบัติของแป้งให้ดีขึ้นจนได้แป้งดัดแปลง หรือที่เรียกว่า Starch หรือ Modified Starch เป็นการขยายขอบเขตการใช้ประโยชน์จากแป้งให้มากยิ่งขึ้นไปอีก โดยสามารถนำไปใช้ในทางเภสัชกรรมการผลิตยา นำไปใช้เพื่อเคลือบผิวผ้าให้เรียบจากเนื้อในของอุตสาหกรรมสิ่งทอ นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุสำหรับการขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มพลาสติกที่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ โดยการนำไปใช้ทดแทนพอลิเมอร์สังเคราะห์ได้ เนื่องจากแป้งมีราคาถูก และสามารถผลิตได้จากแหล่งวัตถุดิบโดยตรง ซึ่งส่วนประกอบหลักของแป้งคือ อะไมโลส และอะไมโลเพคติน ซึ่งมีลักษณะเป็นโครงร่างตาข่ายที่เชื่อมโมเลกุลแป้งเข้าด้วยกัน ดังนั้นแผ่นฟิล์มพลาสติกที่เตรียมได้จะมีความแข็งแรง และมีความยืดหยุ่นที่ดี ถ้าผสมในอัตราส่วนที่เหมาะสม [4, 5]

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาการผลิตแผ่นฟิล์มพลาสติกผสมที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น โดยศึกษาวิธีการเตรียมแผ่นฟิล์มพลาสติกผสมระหว่างพอลิไวนิลแอลกอฮอล์และแป้งข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี1 ในอัตราส่วนต่างๆ กัน จากนั้นศึกษาคุณสมบัติของแผ่นฟิล์มผสมที่เตรียมได้ ได้แก่ ความสามารถในการดูดซับน้ำ และความสามารถในการย่อยได้ทางชีวภาพของแผ่นฟิล์มพลาสติกผสม เพื่อเป็นวัสดุทางเลือกในการนำไปประยุกต์ใช้ในด้านการเกษตร เช่นวัสดุคลุมดิน หรือถุงเพาะชำ ต่อไป อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรอีกด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) และแป้งข้าวเจ้า (RS)

1.1 การเตรียมสารละลาย 2% w/v PVA

ชั่ง PVA น้ำหนัก 2.00 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตร คนสารละลายอย่างต่อเนื่องเป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง จนกระทั่งสารละลายเป็นเนื้อเดียวกันโดยใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 ˚C ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นปรับปริมาตรของสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) เป็น 100 mL ในขวดวัดปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

1.2 การเตรียมสารละลาย 1% w/v RS

ชั่งแป้งข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 จากตลาดไทย น้ำหนัก 1.00 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตร คน

สารละลายอย่างต่อเนื่องเป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง จนกระทั่งสารละเป็นเนื้อเดียวกันโดยใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นปรับปริมาตรของสารละลายแป้งข้าวเจ้า (RS) เป็น 100 mL ในขวดวัดปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

2. การเตรียมแผ่นฟิล์มพลาสติกผสม PVA และ RS ที่อัตราส่วนต่างๆ โดยน้ำหนัก

การขึ้นรูปแผ่นฟิล์มพลาสติกผสม ทำได้โดยผสมสารละลาย 2% w/v PVA และสารละลาย 1% w/v RS ที่อัตราส่วนต่างๆ โดยน้ำหนัก ดังแสดงในตารางที่ 1 จากนั้นคนสารละลายให้เป็นเนื้อเดียวกัน อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง วัดค่าความเป็นกรดเบสของสารละลายผสมที่อัตราส่วนต่างๆ ด้วยพีเอชมิเตอร์ ก่อนเทลงในแม่พิมพ์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร นำไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ในตู้อบสุญญากาศ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะได้แผ่นฟิล์มพลาสติกผสม PVA/RS ที่อัตราส่วนต่างๆ โดยน้ำหนัก ลอกเก็บแผ่นฟิล์มที่เตรียมได้ในโถดูดความชื้นก่อนนำไปทดสอบความสามารถในการดูดซับน้ำ (%Water Absorption) และความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพ (% Biodegradable) ต่อไป

ตารางที่ 1 ปริมาณพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) และแป้งข้าวเจ้า (RS) ที่ใช้ในการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มพลาสติกผสม(PVA/RS) ที่อัตราส่วนต่างๆ โดยน้ำหนัก

แผ่นฟิล์ม	2 %W/V PVA		1 %W/V RS	
	น้ำหนักสาร (g)	ปริมาตร (mL)	น้ำหนักสาร (g)	ปริมาตร (mL)
PVA100	0.40	20.00	0.00	0.00
PVA/RS 90	0.36	18.00	0.04	4.00
PVA/RS 80	0.32	16.00	0.08	8.00
PVA/RS 70	0.28	14.00	0.12	12.00
PVA/RS 60	0.24	12.00	0.16	16.00
PVA/RS 50	0.20	10.00	0.20	20.00

3. การทดสอบความสามารถในการดูดซับน้ำของแผ่นฟิล์ม (% Water Absorption)

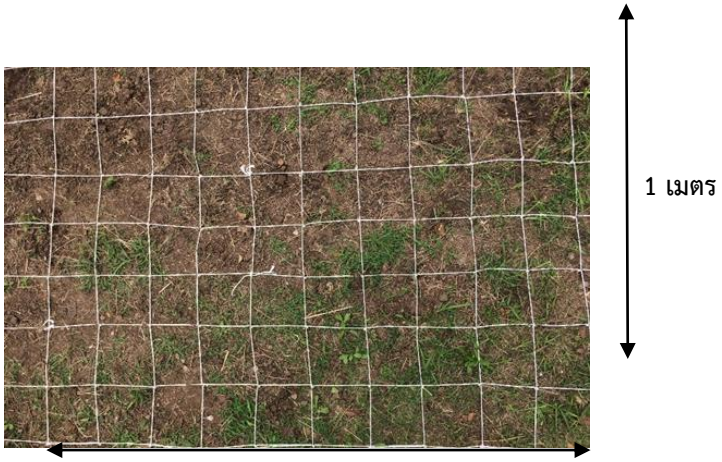
การทดสอบความสามารถในการดูดซับน้ำของแผ่นฟิล์มทำได้โดยวิธีการวิเคราะห์โดยน้ำหนัก ที่ดัดแปลงมาจากวิธีของ Tongdeesoontorn, *et. al* [6] คือ ตัดแผ่นฟิล์มตัวอย่าง ขนาด 4x4 เซนติเมตร ตัวอย่างละ 3 ชิ้น นำไปอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เก็บในโถดูดความชื้นก่อนนำไปทดสอบ ชั่งน้ำหนักของแผ่นฟิล์มก่อนการดูดซับน้ำ (W_0) ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของถุงตาข่าย (Little bag) ใส่แผ่นฟิล์มตัวอย่างที่ต้องการทดสอบในถุงตาข่าย ชั่งน้ำหนักรวมของแผ่นฟิล์มทดสอบแห้งและถุงตาข่าย จากนั้นแช่แผ่นฟิล์มตัวอย่างในกล่องพลาสติกที่มีน้ำกลั่นปริมาตร 20 มิลลิลิตร ปิดปากกล่องพลาสติกด้วยพาราฟิล์ม วางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 นาที เมื่อครบกำหนดเวลา กรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง เบอร์ 1 (กระดาษกรองที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง) จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เก็บแผ่นฟิล์มที่ได้ในโถดูดความชื้นก่อนนำไปชั่งน้ำหนักหลังการดูดซับน้ำ (W_1) คำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำของแผ่นฟิล์มผสม ณ อุณหภูมิห้อง ดังสมการ

$$\% \text{ Water Absorbability} = \frac{- W_0 - W_1}{W_0} \times 100$$

เมื่อ W_0 คือ น้ำหนักแผ่นฟิล์มทดสอบก่อนการดูดซับน้ำ (กรัม)
W_1 คือ น้ำหนักแผ่นฟิล์มทดสอบหลังการดูดซับน้ำ (กรัม)

4. การทดสอบความสามารถในการย่อยสลายได้ทางชีวภาพของแผ่นฟิล์ม (% Biodegradability)

ทดสอบความสามารถในการย่อยสลายได้ทางชีวภาพของแผ่นฟิล์มตัวอย่างด้วยวิธี Little bag และการวิเคราะห์โดยน้ำหนักที่ดัดแปลงมาจากวิธีของ Rudnik และ Briassoulis. [7] คือ ตัดแผ่นฟิล์มขนาด 4x4 เซนติเมตร ตัวอย่างละ 3 ชิ้น นำไปอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ใส่ในถุงตาข่าย (Little bag) เก็บแผ่นฟิล์มตัวอย่างในโถดูดความชื้น และบันทึกน้ำหนักเริ่มต้นของแผ่นฟิล์มและถุงตาข่าย (W_0) จากนั้นนำแผ่นฟิล์มตัวอย่างฝังลงในดินของพื้นที่ตัวอย่างขนาด 1x1 เมตร บริเวณภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ซึ่งเป็นบริเวณที่เป็นพื้นที่โล่ง มีแสงแดดส่องถึง ลักษณะดินเป็นดินร่วนสามารถขุดและฝังกลบได้ง่าย ดังภาพที่ 1 ที่ระดับความลึกจากผิวดินประมาณ 5 เซนติเมตร กลบด้วยดินตัวอย่างในสภาพแวดล้อมธรรมชาติจนครบระยะเวลาที่กำหนด คือ 1, 3, 5 และ 7 วัน นำแผ่นฟิล์มตัวอย่างและถุงตาข่ายที่กำจัดเศษวัสดุอื่นๆ ที่ปนมากับแผ่นฟิล์มตัวอย่างออก เช่น เศษดิน เศษทราย เศษรากไม้ เป็นต้น



ภาพที่ 1 บริเวณพื้นที่ทดสอบการย่อยสลายได้ทางชีวภาพของแผ่นฟิล์มพลาสติกผสม PVA/RS ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

จากนั้นอบแผ่นฟิล์มตัวอย่างที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เก็บในโถดูดความชื้น ชั่งและบันทึกน้ำหนักของแผ่นฟิล์มตัวอย่างหลังการฝังดิน (W_1) ณ อุณหภูมิห้อง คำนวณเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ทางชีวภาพของแผ่นฟิล์ม ดังสมการ

$$\% \text{ Biodegradability} = \frac{W_0 - W}{W_0} \times 100$$

เมื่อ W_0 คือ น้ำหนักแผ่นฟิล์มตัวอย่างก่อนฝังดิน (กรัม)
W_1 คือ น้ำหนักแผ่นฟิล์มตัวอย่างหลังการฝังดินตามระยะเวลาที่กำหนด (กรัม)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

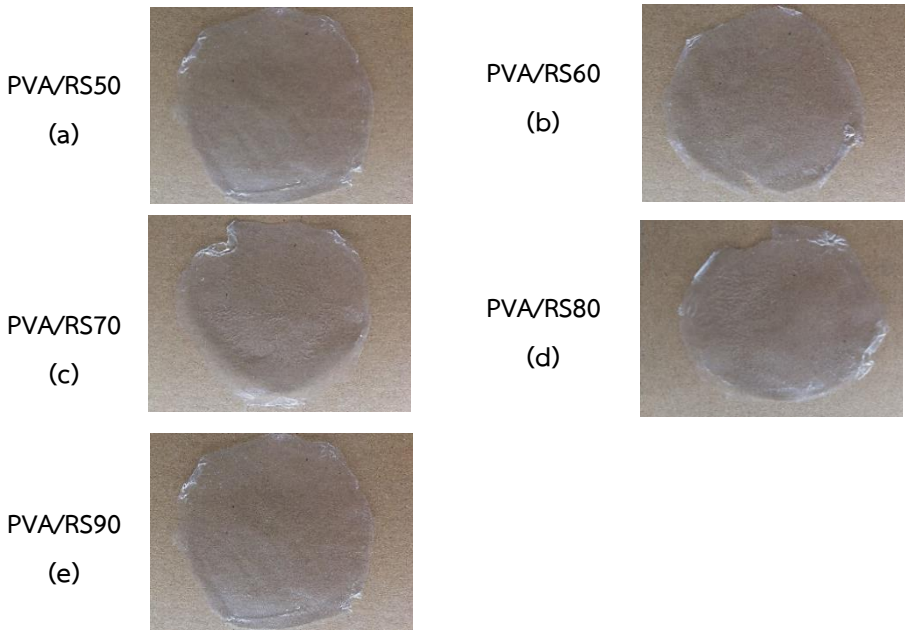
1. การเตรียมแผ่นฟิล์มพลาสติกผสม PVA และ RS ที่อัตราส่วนต่างๆ โดยน้ำหนัก

จากการศึกษาค่าความเป็นกรดเบสของแผ่นฟิล์มชิ้นงาน ทำได้โดยการวัดค่าพีเอช ของสารละลายผสมPVA และ RS ที่อัตราส่วนต่างๆ ก่อนนำไปขึ้นรูป ด้วยเครื่องพีเอชมิเตอร์ ได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่า pH ของสารละลายก่อนการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มพลาสติก

สารละลาย	pH ของสารละลาย
PVA100	6.62
RS100	6.74
PVA/RS90	6.72
PVA/RS80	6.70
PVA/RS70	6.65
PVA/RS60	6.63
PVA/RS50	6.60

ผลการวัดค่า pH ของสารละลายก่อนการขึ้นรูป พบว่าสารละลาย PVA (PVA100) และ RS (RS100) มีความเป็นกรดอ่อน และในสารละลายผสม PVA/RS ค่า pH ของสารละลายที่มีปริมาณ RS น้อย ค่า pH ของสารละลายจะมีความเป็นกรดอ่อนและมีความเป็นกรดมากขึ้นเมื่อปริมาณ RS เพิ่มมากขึ้น หลังจากการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มพลาสติกผสม วิเคราะห์คุณสมบัติของแผ่นฟิล์มทดสอบ โดยการสังเกตลักษณะทางกายภาพภายนอก โดยคำนึงถึงปัจจัยความแข็งแรง, ความสามารถในการขึ้นรูปเป็นแผ่น และความเปราะ โดยลักษณะของแผ่นฟิล์มพลาสติกผสม PVA/RS ที่อัตราส่วนต่างๆ แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของแผ่นฟิล์มพลาสติกผสม PVA/RS ที่อัตราส่วนต่างๆ (a) PVA/RS50, (b) PVA/RS60, (c) PVA/RS70, (d) PVA/RS60 และ (e) PVA/RS50

ผลการวิเคราะห์การเลือกแผ่นฟิล์มทดสอบ โดยวิธีการสังเกตลักษณะทางกายภาพภายนอก ซึ่งใช้เกณฑ์ความแข็งแรง ความเปราะและความสามารถในการขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มของแผ่นฟิล์มทดสอบ พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณ RS แผ่นฟิล์มจะมีความแข็งเปราะมากขึ้น โดยแผ่นฟิล์ม PVA/RS50 จะมีความแข็งเปราะมากที่สุด แต่ยังสามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มได้ ซึ่งถือเป็นการลดปริมาณการใช้พอลิเมอร์สังเคราะห์โดยใช้พอลิเมอร์ทางธรรมชาติเข้ามาทดแทน

2. การทดสอบความสามารถในการดูดซับน้ำของแผ่นฟิล์ม PVA/RS (%Water Absorption)

ผลการวิเคราะห์การความสามารถในการดูดซับน้ำของแผ่นฟิล์มทดสอบ PVA/RS (%Water Absorption) ที่อัตราส่วนต่างๆ โดยน้ำหนัก ด้วยวิธี Little bag เป็นเวลา 60 นาที แสดงดังตารางที่ 3

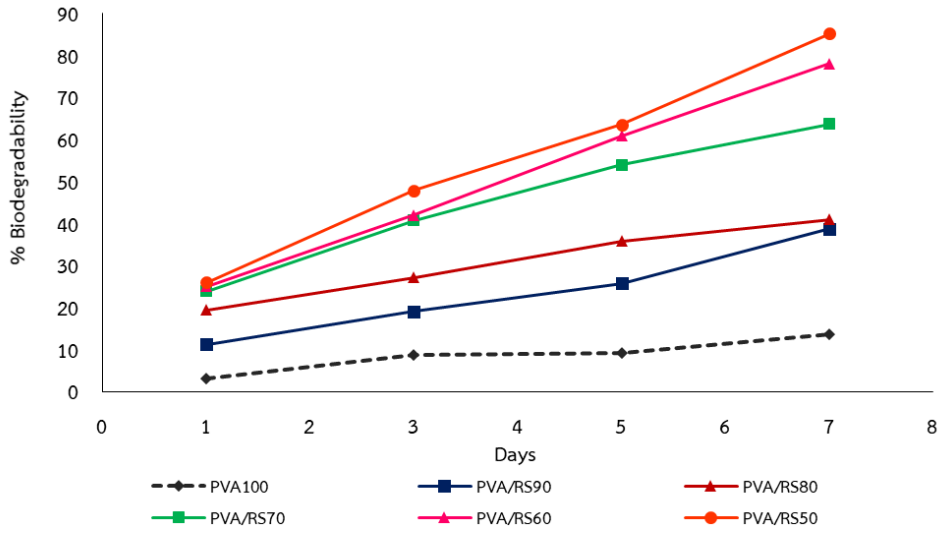
ตารางที่ 3 เปอร์เซนการดูดซับน้ำ (% Water absorption) ของแผ่นฟิล์มพลาสติกผสม PVA/RS ที่อัตราส่วนต่างๆ

แผ่นฟิล์ม	% Water absorption
PVA100	69.50±0.05
PVA/RS90	71.40±0.02
PVA/RS80	85.30±0.42
PVA/RS70	87.70±0.25
PVA/RS60	88.20±0.01
PVA/RS50	88.68±0.05

จากผลการศึกษาเปอร์เซนการดูดซับน้ำของแผ่นฟิล์มพลาสติกผสม PVA/RS ที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่า แผ่นฟิล์ม PVA/RS50 จะมีอัตราการดูดซับน้ำสูงที่สุดเท่ากับ 88.68% และเมื่อปริมาณของ PVA ลดลงและปริมาณ RS เพิ่มขึ้นจะพบว่าเปอร์เซนการดูดซับน้ำของแผ่นฟิล์มพลาสติกผสมจะมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มปริมาณของ RS จะทำให้แผ่นฟิล์มมีความแข็งแรงและธรรมชาติของแป้งข้าวเจ้าที่มีหมู่ไฮดรอกซิลเป็นองค์ประกอบในโมเลกุลจำนวนมาก ทำให้แผ่นฟิล์มมีความสามารถในการดูดซับน้ำมากยิ่งขึ้น[8]

3. ความสามารถในการย่อยสลายได้ทางชีวภาพของแผ่นฟิล์มพลาสติกผสม PVA/RS (%Biodegradability) ในตัวอย่างดิน

ผลการวิเคราะห์อัตราการย่อยสลายได้ของแผ่นฟิล์มพลาสติกผสม PVA/RS ที่อัตราส่วนต่างๆ ด้วยวิธีการวิเคราะห์โดยน้ำหนัก ที่ระยะเวลา 1 3 5 และ 7 วัน แสดงดังรูปภาพที่ 3



ภาพที่ 3 เปอร์เซนการย่อยได้ทางชีวภาพของแผ่นฟิล์มพลาสติกผสม PVA/RS ที่อัตราส่วนต่างๆ โดยน้ำหนัก

จากผลการศึกษาอัตราการย่อยสลายทางชีวภาพของแผ่นฟิล์มพลาสติกผสม PVA/RS ที่อัตราส่วนต่างๆ โดยน้ำหนัก สรุปได้ว่าเปอร์เซนการย่อยสลายได้ทางชีวภาพของแผ่นฟิล์มในดินบริเวณพื้นที่ตัวอย่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบการย่อยสลาย เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นฟิล์มพลาสติกที่ไม่ได้ผสมแป้งข้าวเจ้า (PVA100) และที่ระยะเวลา 7 วัน พบว่าแผ่นฟิล์ม PVA/RS50 จะมีเปอร์เซนการย่อยสลายได้ทางชีวภาพสูงที่สุด (85.20%) เนื่องจากการเพิ่มปริมาณ RS ถือเป็นการเพิ่มปริมาณพอลิเมอร์ธรรมชาติที่ทำให้แผ่นฟิล์มพลาสติกผสมสามารถย่อยสลายได้ดีขึ้นในธรรมชาติ ซึ่งการย่อยสลายได้ทางชีวภาพยังสอดคล้องกับความสามารถในการดูดซับน้ำของแผ่นฟิล์มอีกด้วย กล่าวคือแผ่นฟิล์มที่มีความสามารถในการดูดซับน้ำสูง แผ่นฟิล์มจะมีค่าความสามารถในย่อยสลายได้ทางชีวภาพในดินที่สูงขึ้นด้วยเช่นกัน เนื่องจากแผ่นฟิล์มจะสามารถดูดซับน้ำที่อยู่ในชั้นผิวดินไว้ได้มากและเกิดการบวมพอง ทำให้แผ่นฟิล์มแตกและเกิดการย่อยสลายได้ดีขึ้น[9]

สรุป

แผ่นฟิล์มพลาสติกผสมระหว่างพอลิไวนิลแอลกอฮอล์และแป้งข้าวเจ้า ที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักต่างๆ กัน สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มที่มีความแข็งแรงได้ด้วยวิธีการหล่อขึ้นรูปด้วยสารละลาย เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นฟิล์มพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ พบว่า การผสมแป้งข้าวเจ้าเข้าไปในกระบวนการขึ้นรูปนั้นค่าความเป็นกรดเบสของสารละลายก่อนขึ้นรูปจะมีความเป็นกรดที่มากขึ้นเล็กน้อย และเมื่อขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มแล้ว แผ่นฟิล์มที่มีปริมาณแป้งข้าวเจ้าเพิ่มขึ้นจะมีความแข็งเปราะมากขึ้น ค่าการดูดซับน้ำและความสามารถในการย่อยสลายได้ทางชีวภาพมีค่าสูงขึ้น สรุปได้ว่าแผ่นฟิล์มพลาสติกผสมระหว่างพอลิไวนิลแอลกอฮอล์และแป้งข้าวเจ้า ถือเป็นวัสดุทางเลือกที่มีความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ ลดปริมาณการใช้พอลิเมอร์สังเคราะห์ และมีคุณสมบัติเหมาะสมที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นวัสดุทางการเกษตรได้ อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ศูนย์วิทยาศาสตร์ และ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์ สารเคมี และ เครื่องมือต่างๆ ในการทำวิจัยครั้งนี้ทำงานวิจัยชิ้นนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. สุวิมล กาญจนสุธา. 2551. การใช้กากมันสำปะหลังและฟางข้าวเป็นวัตถุดิบในการผลิตพลาสติกชีวภาพโพลีไฮดรอกซีอัลคาโนเอตและการผลิตก๊าซไฮโดรเจนโดยวิธีชีวภาพจากกากของแข็งที่เกิดจากอุตสาหกรรมสกัดปาล์มน้ำมัน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม. คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
2. กรวิกา ข่ายทอง. 2553. การศึกษาคุณสมบัติการใช้งานของพลาสติกชีวภาพสาหรับชิ้นส่วนยานยนต์. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. คณะวิศวกรรมศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
3. ศุภณี เรียบเลิศหิรัญ และสุณี ภู่สีม่วง. 2557. Bioplastics: The Choice of Sustainable Life. สมาคมอุตสาหกรรมพลาสติกชีวภาพไทย. ณ นิทรรศการและการประชุมไบเทค บางนา. 19 มิถุนายน พ.ศ. 2557 หน้า 11.
4. Tassavil, P., Kerdchoechen, O., and Laohakunjit, N. Properties of Biopolymer Composite Films from Starch and Pectin. Agricultural Sci. J. 2010; 41(3/1) (Suppl.): 597-600.
5. Rohitsatien J., Sreewongchai T., Sripichitt P. and Kaveeta R. Marker Assisted Selection for Aroma and Low Amylose Content Traits in Pedigree Breeding of Rice (*Oryza sativa L.*). Proceeding of Khon Kaen University Graduate Research Conference. 2014; 869-875.
6. Tongdeesoontorn, W., Mauer, L.J., Wongruong, S., Sriburi, P. and Rachtanapun, P. Effect of carboxymethyl cellulose concentration on physical properties of biodegradable cassava starch based films. Chemistry Central Journal. 2011; 5(1): 1-8.
7. Rudnik, E. and Briassoulis, D. Degradation behaviour of poly (lactic acid) films and fibers in soil under Mediterranean field conditions and laboratory simulations testing. Industrial Crops and Products. 2011; 33: 648-658.
8. Azahari N. A., Othman N. and Ismail H. Biodegradation Studies of Polyvinyl Alcohol/Corn Starch Blend Films in Solid and Solution Media. Journal of Physical Science. 2011; 22(2): 15–31.
9. Mittal, A., Garga, S., Kohlia, D., Maitib, M., Jana, A.K. Bajpai, S. Effect of Cross Linking of PVA/Starch and Reinforcement of Modified Barley Husk on the Properties of Composite Films. Carbohydrate Polymers. 2016; 151: 926–938.

[AS-P35] ผลของระดับความเข้มข้นปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายพวงองุ่น

Effects of Chemical Fertilizers Concentration on *Caulerpa lentillifera* J.Agardh Growth

สงบ ศรีเมือง*, สมใจ เปรมสมิทธ์, สมิง จำปาศรี, จิราพร กุลคำ, เกศินี น้อยทรัพย์, และ ณัฐสุดา ซ้ำคำ
Sangob Srimueang*, Somjai Premsmith, Saming Champasri, Jiraporn Kulkham, Kasinee Noisub and Nutsuda Sumkome
สาขาประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: fishboy_2009@hotmail.com

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของอัตราความเข้มข้นปุ๋ยเคมีที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa lentillifera* J. Agardh) โดยทำการเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 11.60±0.00 กรัม เลี้ยงในโหลแก้วขนาด 4x4x8 นิ้ว เติมน้ำที่มีระดับความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน ปริมาตร 1.50 ลิตร วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) แบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ที่ระดับความเข้มข้นปุ๋ยเคมีแตกต่างกัน คือ 0, 20, 30 และ 40 ส่วนในล้านส่วน เป็นระยะเวลา 42 วัน พบว่า น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ โดยสาหร่ายพวงองุ่นที่เติมความเข้มข้นปุ๋ยเคมี 30 และ 40 ส่วนในล้านส่วนมีการเจริญเติบโตดีที่สุด โดยน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยเท่ากับ 23.56±3.28 และ 25.70±2.41 กรัม น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 11.96±3.28 และ 14.10±2.41 กรัม อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยเท่ากับ 0.28±0.08 และ 0.34±0.06 กรัมต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเท่ากับ 9.35±1.30 และ 10.20±0.96 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ตามลำดับ จากการทดสอบทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับชุดการทดลองอื่นๆ

***คำสำคัญ**: สาหร่ายพวงองุ่น, ปุ๋ยเคมี, การเจริญเติบโต*

Abstract

The effects of the appropriate chemical fertilizer concentration rates on growth sea grape (*Caulerpa lentillifera* J. Agardh) was studied by raising sea grape at the average initial weight 11.60±0.00 g. the culture in a glass dozen sizes 4x4x8 inch. Fill water with salinity levels 30 ppt volume 1.50 liter. They were laid out in completely randomized design (CRD) with 4 treatments 3 replications. The treatment consisted of four appropriate chemical fertilizer concentration rates i.e. 0, 20, 30 and 40 ppm for 42 days. The results showed that the average final weight, Average increasing weight, Average daily growth (ADG) and Specific growth rate (SGR). In culture of sea grape with chemical fertilizer rates 30 and 40 ppm was the highest. The average final weight were 23.56±3.28 and 25.70±2.41 g. average increasing weight were 11.96±3.28 and 14.10±2.41 g. Average daily weight gain (ADG) were 0.28±0.08 และ 0.34±0.06 g/day. And the Specific growth rate (SGR) were 9.35±1.30 and 10.20±0.96 %/day, respectively. In statistic were significantly different ($p<0.05$) with other treatment sets.

***Keywords**: sea grape, chemical fertilizer, growth*

บทนำ

สาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa lentillifera* j. Agardh) เป็นสาหร่ายทะเลสีเขียว มีลักษณะเป็นพวงเล็ก ๆ สีเขียวเข้ม มีเม็ดกลม ๆ ใส ๆ พบการแพร่กระจายทั้งในอ่าวไทยและอันดามันในพื้นที่ชายฝั่งของประเทศไทย ประชาชนในท้องถิ่นรู้จักนำ

สาหร่ายมาบริโภคกันเป็นเวลานานแล้ว โดยเก็บรวบรวมจากธรรมชาติมาจำหน่ายและบริโภคกันภายในครัวเรือน ปัจจุบันสาหร่ายพวงองุ่นเป็นที่นิยมบริโภคอย่างแพร่หลายทั้งในประเทศและต่างประเทศ ได้แก่ จีน ญี่ปุ่น เกาหลี และฟิลิปปินส์ จึงทำให้ผลผลิตจากธรรมชาติไม่เพียงพอต่อผู้บริโภค และนอกนำสาหร่ายมาบริโภคแล้วยังสามารถใช้ในการบำบัดสารประกอบไนโตรเจนจากการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้อีกด้วย[1] ปัจจุบันจึงทำให้เกษตรกรหันมาเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นเชิงพาณิชย์มากขึ้นไม่ว่าจะเป็นการเลี้ยงในบ่อดิน บ่อปู PE ถังไฟเบอร์ หรือเลี้ยงร่วมกับกุ้งขาวแวนนาไม แต่อย่างไรก็ตามการเจริญเติบโตของสาหร่ายนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุอาหารในน้ำ[2] ฉะนั้นเกษตรอาจประสบปัญหาสาหร่ายเจริญเติบโตช้า รามูลัสไม่สวยตามที่ตลาดต้องการ

เห็นได้ว่าปัจจัยที่สำคัญในการเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นนอกจากสภาพแวดล้อมแล้ว คือแร่ธาตุอาหาร เกษตรกรหลายรายอาจมีการเติมปุ๋ยเคมีในการเลี้ยงสาหร่ายแต่อาจมีการเติมในปริมาณที่ไม่เหมาะสมทำให้สาหร่ายโตช้า หรือเติมในปริมาณมากก็เป็นการเพิ่มต้นทุนมากขึ้น จากปัญหาข้างต้นจึงนำมาสู่การศึกษาทดลองครั้งนี้เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายพวงองุ่นที่เลี้ยงด้วยความเข้มข้นปุ๋ยเคมีแตกต่างกัน และคุณภาพน้ำที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่น เพื่อเกษตรกรจะได้สามารถเลือกใช้ความเข้มข้นปุ๋ยที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายพวงองุ่น นำไปสู่ผลผลิตที่ดีขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การวางแผนการทดลอง

การศึกษาผลของระดับความเข้มข้นปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายพวงองุ่น วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) โดยแบ่งเป็น 4 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ คือ

ชุดการทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (ชุดควบคุม)
ชุดการทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีความเข้มข้น 20 ส่วนในล้านส่วน
ชุดการทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ยเคมีความเข้มข้น 30 ส่วนในล้านส่วน
ชุดการทดลองที่ 4 ใส่ปุ๋ยเคมีความเข้มข้น 40 ส่วนในล้านส่วน

2. การเตรียมโหลและอุปกรณ์

โหลที่ใช้ในการทดลองเป็นโหลแก้วขนาด 4x4x8 นิ้ว จำนวน 12 ใบ วางเรียงกัน 2 แถว แถวละ 6 ใบ บนชั้นเลี้ยงแพลงก์ตอน ในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอน เดินสายออกซิเจนโดยการใช้หลอดพลาสติกต่อกับวาล์วลมใส่ในทุกชุดการทดลอง พร้อมติดตั้งหลอดไฟนีออนจำนวน 4 หลอด

3. การเตรียมสาหร่ายในการทดลอง

นำสาหร่ายที่ทำการเพาะเลี้ยงจากศูนย์วิจัยและพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ มาพักไว้ในถังไฟเบอร์ ขนาด 200 ลิตร ทำการกำจัดสาหร่ายชนิดอื่น ๆ ที่ปะปนออก พักไว้เป็นเวลา 1 อาทิตย์ มีการให้อากาศโดยผ่านหัวทรายตลอดเวลา

4. การเตรียมน้ำในการทดลอง

นำน้ำทะเลที่มีความเค็มสูงปรับความเค็มให้เหลือ 30 ส่วนในพันส่วน โดยใช้สูตรคำนวณความเข้มข้น $N_1V_1=N_2V_2$ โดยจะได้น้ำทะเลที่มีความเค็ม 80 ส่วนในพันส่วน ปริมาตร 75 ลิตร เติมลงในน้ำจืดปริมาตร 125 ลิตร จะได้น้ำทะเลที่มีความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน ปริมาตร 200 ลิตร ตวงน้ำใส่ขวดแก้วนำเข้าหม้อนึ่งฆ่าเชื้อโรค (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ให้เย็นนำไปพักยังถังไฟเบอร์ขนาด 200 ลิตร แล้วนำไปเติมลงในแต่ละซ้ำของชุดการทดลองในปริมาตร 1.5 ลิตร และเติมปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 ตามแผนการทดลองที่วางไว้

5. วิธีการทดลอง

ชั่งน้ำหนักของสาหร่ายพวงองุ่นลงในแผงตะแกรงที่มีขนาดพื้นที่ 0.002 ตารางเมตร แล้วนำไปใส่ในแต่ละชุดการทดลองที่มีการเติมปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 ความเข้มข้น 4 ระดับตามแผนการทดลอง ในแต่ละชุดการทดลองเติมน้ำ 1.5 ลิตร จำนวน 4 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ใส่สาหร่ายชุดการทดลองละ 11.60 กรัมต่อ 0.002 ตารางเมตร (อัตราความหนาแน่น 500 กรัมต่อ 0.25 ตารางเมตร) ปิดปากโหลด้วยแรปอาหาร และเติมออกซิเจนโดยใช้หลอดพลาสติกที่ต่อสายออกซิเจนในแต่ละชุดการทดลอง ตลอดระยะเวลาการทดลองมีการชั่งน้ำหนัก สังเกตการณ์เจริญเติบโตของสาหร่ายพวงองุ่น มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ เติมปุ๋ยตามแผนการทดลอง และตรวจวัดคุณภาพน้ำก่อนและหลังการทดลองทุก ๆ 7 วัน จนกระทั่งครบ 42 วัน

วิเคราะห์ข้อมูลความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way-Anova) ของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายพวงองุ่นและค่าคุณภาพน้ำด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป และหาความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีของ Duncan's new multiple range test โดยใช้สูตร:

5.1 ผลผลิตเพิ่มขึ้นเฉลี่ย (กรัม) = น้ำหนักสาหร่ายสุดท้าย-น้ำหนักสาหร่ายเริ่มต้น

5.2 อัตราการเจริญเติบโต (Average daily weight gain; ADG) (กรัมต่อวัน)

$$ADG = \frac{Wt - W0}{t}$$

5.3 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate; SGR) (เปอร์เซ็นต์ต่อวัน)

$$SGR = 100 \ln (W_t / W_0)$$

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. การเจริญเติบโต

การศึกษาผลของระดับความเข้มข้นปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายพวงองุ่น ที่เลี้ยงด้วยระดับความเค็มของน้ำทะเล 30 ส่วนในพันส่วน โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 อัตราความเข้มข้นต่างกัน 4 ระดับ คือ 0,20,30 และ 40 ส่วนในล้านส่วน มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ยของสาหร่ายพวงองุ่นเท่ากับ 11.60±0.00 กรัม เท่ากันทุกชุดการทดลอง เลี้ยงเป็นระยะเวลา 42 วัน ดังผลการทดลอง ดังนี้

1.1 น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า สาหร่ายพวงองุ่นมีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย เท่ากับ 12.04±1.74 ,14.11± 3.47, 23.56±3.28 และ 25.70±2.41 กรัม (ภาพที่ 1) เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ชุดการทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นด้วยความเข้มข้นปุ๋ย 30 และ 40 ส่วนในล้านส่วน มีน้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับชุดการทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นด้วยความเข้มข้นปุ๋ย 0 และ 20 ส่วนในล้านส่วน (ตารางที่ 1)

1.2 น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า สาหร่ายพวงองุ่นมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย เท่ากับ 0.44±1.74 ,2.51±3.47 , 11.96±3.28 และ 14.10±2.41 กรัม (ภาพที่ 1) เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ชุดการทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นด้วยความเข้มข้นปุ๋ย 30 และ 40 ส่วนในล้านส่วน มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับชุดการทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นด้วยความเข้มข้นปุ๋ย 0 และ 20 ส่วนในล้านส่วน (ตารางที่ 1)

1.3 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate; SGR)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า สาหร่ายพวงองุ่นมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ เท่ากับ 4.78±0.69, 5.60±1.38, 9.35±1.30 และ 10.20±0.96 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน (ภาพที่ 3) เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ชุดการทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นด้วยความเข้มข้นปุ๋ย 30 และ 40 ส่วนในล้านส่วน มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับชุดการทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นด้วยความเข้มข้นปุ๋ย 0 และ 20 ส่วนในล้านส่วน (ตารางที่ 1)

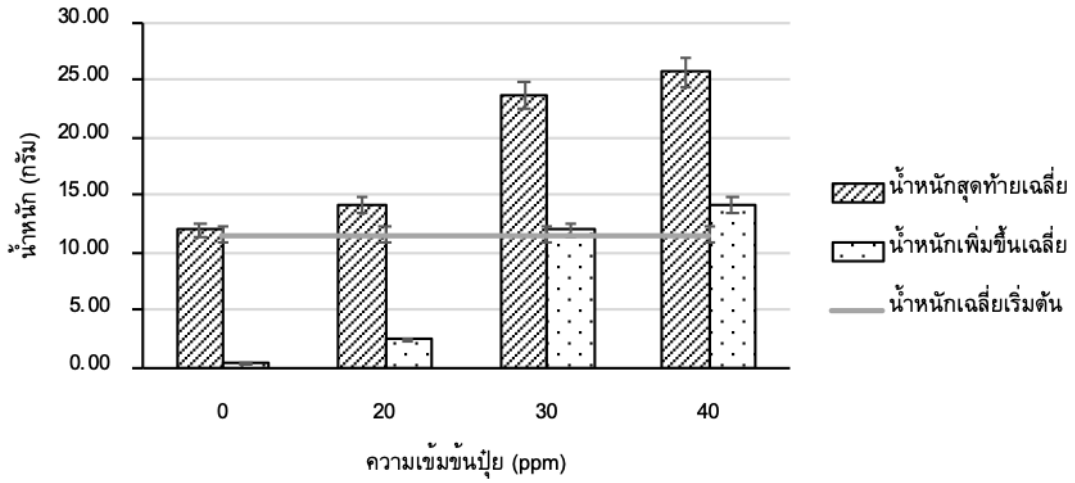
1.4 อัตราการเจริญเติบโต (Average daily weight gain; ADG)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า สาหร่ายพวงองุ่นมีอัตราเจริญเติบโตเฉลี่ย เท่ากับ 0.01±0.041, 0.06±0.08, 0.28±0.08 และ 0.34±0.06 กรัมต่อวัน (ภาพที่ 2) เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ชุดการทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นด้วยความเข้มข้นปุ๋ย 30 และ 40 ส่วนในล้านส่วน มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับชุดการทดลองที่เลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นด้วยความเข้มข้นปุ๋ย 0 และ 20 ส่วนในล้านส่วน (ตารางที่ 1)

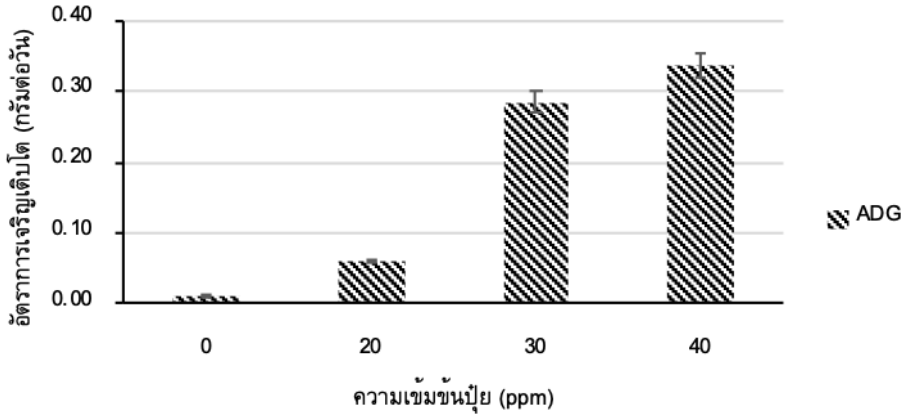
ตารางที่ 1 การเจริญเติบโตของสาหร่ายพวงองุ่นที่เลี้ยงด้วยความเข้มข้นปุ๋ยต่างกัน 4 ระดับ

พารามิเตอร์	ความเข้มข้นปุ๋ย (ppm)			
	0	20	30	40
น้ำหนักสุดท้ายเฉลี่ย (กรัม)	12.04±1.74[a]	14.11±3.47[a]	23.56±3.28[b]	25.70±2.41[b]
น้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย (กรัม)	0.44±1.74[a]	2.51±3.47[a]	11.96±3.28[b]	14.10±2.41[b]
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) (% ต่อวัน)	4.78±0.69[a]	5.60±1.38[a]	9.35±1.30[b]	10.20±0.96[b]
อัตราการเจริญเติบโต (ADG) (กรัมต่อวัน)	0.01±0.04[a]	0.06±0.08[a]	0.28±0.08[b]	0.34±0.06[b]

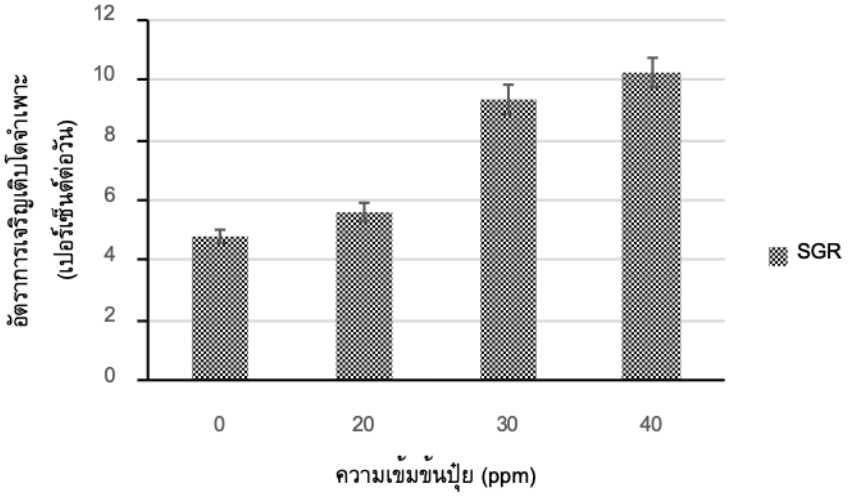
หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย (Mean±SD) ที่กำกับด้วยอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



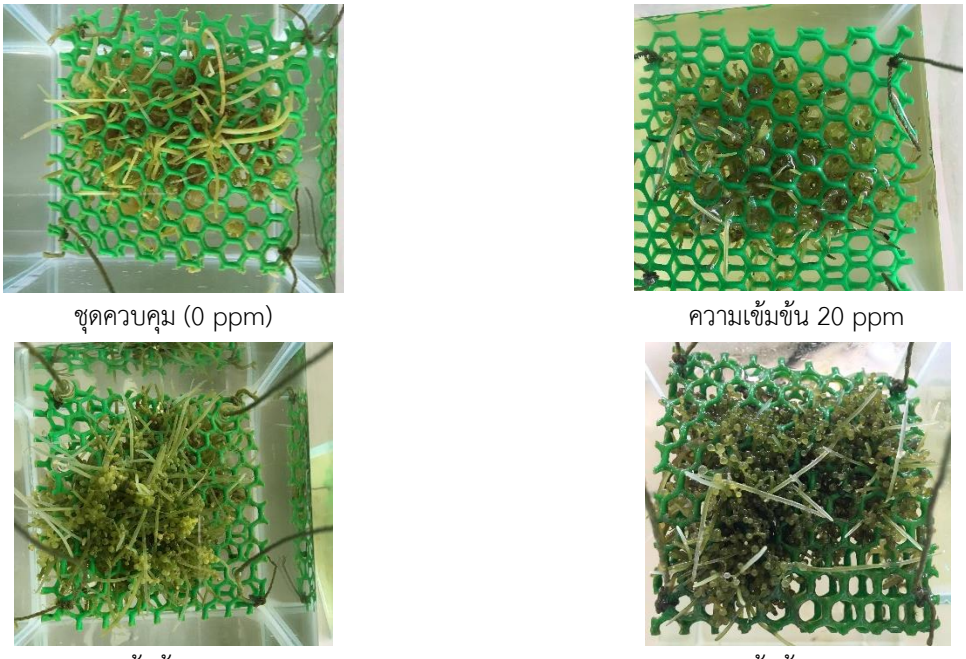
ภาพที่ 1 การเจริญเติบโตของสาหร่ายพวงองุ่นที่เลี้ยงด้วยความเข้มข้นปุ๋ยต่างกัน



ภาพที่ 2 อัตราการเจริญเติบโต (ADG) ของสาหร่ายพวงองุ่นที่เลี้ยงด้วยเข้มข้นปุ๋ยต่างกัน



ภาพที่ 3 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (SGR) ของสาหร่ายพวงองุ่นที่เลี้ยงด้วยเข้มข้นปุ๋ยต่างกัน



ชุดควบคุม (0 ppm) ความเข้มข้น 20 ppm

ความเข้มข้น 30 ppm ความเข้มข้น 40 ppm

ภาพที่ 4 สาหร่ายพวงองุ่นที่เลี้ยงด้วยความเข้มข้นปุ๋ย 4 ระดับ ระยะเวลา 42 วัน

2. คุณภาพน้ำ

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า อุณหภูมิของน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.36±0.20, 31.36±0.05, 31.43±0.15 และ 31.43±0.15 องศาเซลเซียส ความเค็มมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.00±0.00 ส่วนในพันส่วนเท่ากันทุกชุดการทดลอง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.43±0.20, 5.36±0.25, 5.80±1.08 และ 5.16±0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.36±0.05, 7.43±0.05, 7.46±0.05 และ 7.43±0.05 แอมโมเนียมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.82±0.04, 0.98±0.06, 1.15±0.07 และ 0.15±0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนไตรท์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.00±0.01, 0.37±0.48, 0.00±0.01 และ 0.00±0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรทมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.00±0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร เท่ากันทุกชุดการทดลอง ค่าความนำไฟฟ้ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1187.67±33.65, 1202±50.26, 1167.33±40.64 และ 1033.33±55.51 ไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร ความเข้มแสงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 468.00±0.00 ลักซ์ เท่ากันทุกชุดการทดลอง เมื่อนำไปวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และฟอสเฟตมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.27±0.16, 1.17±1.17, 4.22±3.16 และ 3.61±1.96 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยความเข้มข้นปุ๋ย 30 ส่วนในล้านส่วน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับชุดการทดลองที่เลี้ยงด้วยความเข้มข้นปุ๋ย 0, 20 และ 30 ส่วนในล้านส่วน (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 คุณภาพน้ำของการเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นที่ความเข้มข้นปุ๋ยต่างกัน 4 ระดับ

พารามิเตอร์	ความเข้มข้นปุ๋ย (ppm)			
	0	20	30	40
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	31.36±0.20[a]	31.36±0.05[a]	31.43±0.15[a]	31.43±0.15[a]
ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)	30.00±0.00[a]	30.00±0.00[a]	30.00±0.00[a]	30.00±0.00[a]
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	5.43±0.20[a]	5.36±0.25[a]	5.80±1.08[a]	5.16±0.25[a]
ความเป็นกรดเป็นด่าง	7.36±0.05[a]	7.43±0.05[a]	7.46±0.05[a]	7.43±0.05[a]
แอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	1.82±0.04[a]	0.98±0.06[a]	1.15±0.07[a]	0.15±0.02[a]
ไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.00±0.01[a]	0.37±0.48[a]	0.00±0.01[a]	0.00±0.00[a]
ไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.00±0.00[a]	0.00±0.00[a]	0.00±0.00[a]	0.00±0.00[a]
ความนำไฟฟ้า(ไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร)	1187.67±33.65[a]	1202±50.26[a]	1167.33±40.64[a]	1033.33±55.51[a]
ความเข้มแสง (ลักซ์)	468.00±0.00[a]	468.00±0.00[a]	468.00±0.00[a]	468.00±0.00[a]
ฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.27±0.16[a]	1.17±1.17[a]	4.22±3.16[b]	3.61±1.96[ab]

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย (Mean±SD) ที่กำกับด้วยอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

สรุป

1. การเจริญเติบโต

การศึกษาด้านการเจริญเติบโตของสาหร่ายพวงองุ่นที่เลี้ยงด้วยความเข้มข้นปุ๋ยต่างกัน 4 ระดับ พบว่า สาหร่ายพวงองุ่นที่เลี้ยงด้วยปุ๋ยเคมีที่ระดับความเข้มข้น 30 และ 40 ส่วนในล้านส่วน มีการเจริญเติบโตดีที่สุดเนื่องจากสาหร่ายพวงองุ่นได้รับธาตุไนโตรเจน และฟอสเฟตในปริมาณที่เพียงพอซึ่งจะนำไปใช้ในกระบวนการเจริญเติบโต สอดคล้องกับการศึกษาผลของระดับความเข้มข้นในการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น 2 ชนิด พบว่าอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่ใส่ปุ๋ย 20 และ 40 ส่วนในล้านส่วนสูงกว่าชุดควบคุมอย่างชัดเจน[2] และสอดคล้องกับการศึกษาผลของวิธีการจัดการที่แตกต่างกันต่อผลผลิตของสาหร่ายพวงองุ่น พบว่า การเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นในบ่อคอนกรีตที่มีการเติมปุ๋ยเคมี มีอัตราการเจริญเติบโตกว่าชุดการทดลองที่ไม่เติมปุ๋ยเคมี ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้สรุปได้ว่าการเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นโดยมีการเติมปุ๋ยเคมีที่ระดับความเข้มข้น 30 และ 40 ส่วนในล้านส่วนทำให้สาหร่ายพวงองุ่นมีการเจริญเติบโตดีที่สุด[3]

2. คุณภาพน้ำ

ผลการศึกษาพบว่า คุณภาพน้ำอยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาด้านปัจจัยแวดล้อมที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายพวงองุ่นที่เลี้ยงภายใต้ภาวะควบคุมของห้องปฏิบัติการ พบว่าสาหร่ายพวงองุ่นสามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วงความเค็มระหว่าง 30-40 ส่วนในพันส่วน และจะสามารถสังเคราะห์แสงได้ดีในช่วงความเค็ม 30 - 35 ส่วนในพันส่วน[4,5] อุณภูมิที่เหมาะสมสำหรับการสังเคราะห์อยู่ในช่วง 28-34 องศาเซลเซียส[6] ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 8-9 แอมโมเนียไม่ควรต่ำกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ฟอสเฟตควรมีค่าไม่น้อยกว่า 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร[7] และการที่ไนไตรท์ และไนเตรทมีค่าต่ำ แสดงให้เห็นถึงการดึงสารประกอบไนโตรเจนไปใช้ในการเจริญเติบโตของสาหร่ายได้ดี[8] ดังนั้นการทดลองครั้งนี้สรุปได้ว่าคุณภาพน้ำสำหรับการเลี้ยงสาหร่ายพวงองุ่นอยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโต

เอกสารอ้างอิง

1. แก้วตา ลิ้มเฮง, เลอลักษณ์ แซ่เฮง และกิตติยาพันธ์ ขุนพล. 2557. ประสิทธิภาพของการบำบัดสารประกอบไนโตรเจนในน้ำที่ใช้เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยสาหร่ายพวงองุ่น. คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร, วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี. 8 หน้า.
2. กรมประมง. 2560. การเพาะเลี้ยงและการจัดการสาหร่ายพวงองุ่นหลังการเก็บเกี่ยว. ศูนย์พัฒนาประมงพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ, กองวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง. 15 หน้า
3. สุวัฒน์ ธนานุภาพไพศาล. 2534. ผลของระดับความเข้มข้นในการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และความหนาแน่นของสาหร่ายต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายวุ้น 2 ชนิดที่เลี้ยงในบ่อดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ ฯ. 133 หน้า.
4. กฤษณะ จันทร์ปรางค์ และ สิริวรรณ หนูเช่ง. 2560. ผลของวิธีการจัดการที่แตกต่างกันต่อผลผลิตของสาหร่ายพวงองุ่นที่เลี้ยงแบบแขวนในบ่อคอนกรีต. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 6/2560. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งเขต 3 (สุราษฎร์ธานี), กองวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. 24 หน้า.
5. นิสราภรณ์ ภัคดีพันธ์. 2544. การเจริญเติบโตและคุณค่าทางอาหารของสาหร่ายพวงองุ่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ ฯ. 122 หน้า.
6. Toma, T. 1987. *Caulerpa lentillifera*, pp 45-55. In S.shokito and M.Yamaguchi (eds.).Aquaculture in Tropical Area Midori Shobo, Japan.
7. Horstmann, U. 1983. Cultivation of the green alga, Caulerpa racemose, in tropical waters and some aspects of its physiological ecology. Aquaculture 32: 361-371.
8. กรมประมง. 2559. การเพาะเลี้ยงและแปรรูปสาหร่ายพวงองุ่น. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งเพชรบุรี, กองวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง. 30 หน้า.
9. Friedlander, M. and I. Levy. 1995. Cultivation of *Gracilaria* in outdoor tanks and ponds. J. Applied Phycol. 7(3): 315-324.

[AS-P36] การเปรียบเทียบชนิดของบล็อกปลูกหญ้าในงานภูมิทัศน์ที่มีผลต่ออุณหภูมิของพื้นผิว
The Comparison of Different Turf Stones in Landscaping Affecting Surface Temperature

อรัญญา ภู่รอด* และ นที ภู่รอด
Aranya Purod* and Natee Purod
หลักสูตร/ภาควิชา เทคโนโลยีภูมิทัศน์ คณะ เทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: aranya_p@exchange.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบชนิดของบล็อกปลูกหญ้าในงานภูมิทัศน์ที่มีผลต่ออุณหภูมิของพื้นผิว ใช้การวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดหรือ CRD (Completely Randomized Design) สิ่งทดลองคือบล็อกปลูกหญ้า 5 ชนิด และทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละสิ่งทดลองโดยใช้ค่า Least Significant Difference (LSD) ผลการทดลองพบว่า ชนิดของบล็อกปลูกหญ้าในงานภูมิทัศน์ทุกชนิดมีผลต่ออุณหภูมิของพื้นผิวแตกต่างกัน บล็อกปลูกหญ้าที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุดคือบล็อกปลูกหญ้าที่ทำด้วยพลาสติกสีดำมีค่าอุณหภูมิเท่ากับ 29.63 องศาเซลเซียส แผ่นคอนกรีตเต็มแผ่นจะมีอุณหภูมิสูงที่สุดมีค่าอุณหภูมิเท่ากับ 35.59 องศาเซลเซียส จากการศึกษาเรื่องความชื้นในดิน พบว่าชนิดของบล็อกปลูกหญ้าในงานภูมิทัศน์ทุกชนิดมีผลต่อความชื้นในดินแตกต่างกัน แผ่นคอนกรีตเต็มแผ่นมีค่าความชื้นในดินต่ำที่สุดมีค่าความชื้นเท่ากับร้อยละ 0.00 ส่วนบล็อกปลูกหญ้าที่ทำด้วยพลาสติกสีดำจะมีค่าความชื้นในดินสูงที่สุดมีค่าความชื้นเท่ากับร้อยละ 48.42

คำสำคัญ: *บล็อกปลูกหญ้า, อุณหภูมิพื้นผิว, การลดอุณหภูมิ*

Abstract

The purpose is to compare types of turf stone in landscaping that have effects on the surface temperature. The experiment was designed by Completely Randomized Design (CRD). Five types of turf stone were repeatedly tested for three times. The data were analyzed using Analysis of Variance (ANOVA) and compared the distinction in average of each test using Least Significant Difference (LSD). It was found that all types of turf stone in landscaping had distinctive effects on surface temperature. The turf stone with the lowest temperature was made of black plastics at 29.63 degree Celsius. The concrete turf stone had the highest temperature at 35.59 degree Celsius. For the study of moisture, it was found that different types of turf stone in landscape affects moisture in the soil distinctively. Concrete turf stone had the lowest moisture at 0%. On the other hand, the black plastic turf stone had the highest moisture at 48.42%.

Keywords: *turf stone, surface temperature, temperature reduction*

บทนำ

ปัญหาภาวะโลกร้อนในปัจจุบันองค์การสหประชาชาติประมาณการว่าอุณหภูมิโลกจะร้อนขึ้น 2-3 องศาเซลเซียส กรุงเทพมหานครมีการร่วมหารือหลายหน่วยงานเพื่อหามาตรการป้องกันและลดการใช้พลังงาน โดยการปลูกต้นไม้เพิ่มขึ้น ภาวะโลกร้อน (Global Warming) เป็นปรากฏการณ์อันเนื่องมาจากการที่โลกไม่สามารถระบายความร้อนออกไปได้ จึงทำให้โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น สาเหตุของภาวะโลกร้อนก็เนื่องมาจากการดำเนินกิจกรรมของมนุษย์ในปัจจุบัน เช่น การใช้ไฟฟ้า การใช้น้ำมัน

เชื้อเพลิงในการขนส่งและภาคอุตสาหกรรมทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases) มากเกินสมดุลธรรมชาติ และเป็นตัวสกัดกั้นความร้อนที่จะสะท้อนออกจากผิวโลกขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ จากการที่ความร้อนถูกกักเก็บเอาไว้ จึงมีผลทำให้อุณหภูมิบนผิวโลกเพิ่มสูงขึ้น เป็นเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศหลายพื้นที่ เช่น การเกิดพายุเฮอริเคน คาธารินา (Kartalina) ในมลรัฐหลุยเซียนา หรือแม้กระทั่งการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในแถบประเทศยุโรป การเกิดน้ำท่วมในแผ่นดินใหญ่ เช่น ประเทศจีน น้ำท่วมในแถบยุโรปอย่างที่ไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อน นับเป็นปรากฏการณ์ที่ทั่วโลกกังวลและเกรงกลัวในขณะนี้ จากสถานการณ์ในปัจจุบัน ประเทศไทยก็ได้ตระหนักถึงปัญหาดังกล่าว จึงได้เกิดความร่วมมือในการลดภาวะโลกร้อน ระหว่างหน่วยงานภาครัฐและเอกชน อันประกอบไปด้วย กระทรวงพลังงาน กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กรมการขนส่งทางบก จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล การไฟฟ้านครหลวง กรุงเทพมหานคร สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย องค์กรมูลนิธิ และสมาคมที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม ได้มีการประชุมร่วมกันและได้เกิดแนวทางในการแก้ไขปัญหาโดยจัดกิจกรรม ได้แก่ การลดและควบคุมการใช้พลังงาน โดยการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้ามาใช้หลอดตะเกียบแทนหลอดไส้ การใช้รถยนต์ยานพาหนะ โดยให้ดับเครื่องยนต์ระหว่างรอเติมน้ำมัน การลดปริมาณขยะโดยใช้หลัก 3R คือ Reuse Reduce Recycle หลีกเลี่ยงการใช้วัสดุที่รีไซเคิลไม่ได้ สร้างนิสัยในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า และอื่นๆ เช่น การส่งเสริมการปลูกต้นไม้ การเดินแทนการใช้รถยนต์ เป็นต้น[1]

การจัดภูมิทัศน์เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อนได้โดยเฉพาะในเมืองใหญ่ๆที่ต้องการความเป็นธรรมชาติล้วนแต่มีการจัดภูมิทัศน์ทั้งสิ้น เพราะการจัดภูมิทัศน์เป็นการเลียนแบบธรรมชาติ โดยการนำธรรมชาติมาไว้ใกล้ตัว งานภูมิทัศน์ไม่ได้เกี่ยวข้องแต่เฉพาะงานทางด้านพืชพรรณเท่านั้น แต่ยังเกี่ยวข้องกับงานภูมิทัศน์ดาดแข็งระดับพื้นผิว (ground plane) ที่มีความสำคัญมากต่อการใช้ประโยชน์อยู่ใกล้ระดับสายตาที่สามารถมองเห็นได้ง่าย และมีส่วนใช้งานอยู่เป็นประจำ เช่น ถนน ทางเดิน บาทวิถี ลานพัก ลานจอดรถ ลานอเนกประสงค์ เฉลียงไม้ บันได ทางลาด ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวสามารถเล่นลวดลายบนพื้นได้ วัสดุและรูปแบบที่ทำการก่อสร้างมักจะเป็นโครงสร้างที่เป็นคอนกรีตซึ่งมีข้อดีคือมีความแข็งแรง ทนทาน รับน้ำหนักได้มาก ข้อเสียคือมองดูไม่เป็นธรรมชาติ กระด้าง ที่สำคัญคือมีการสะสมความร้อน ส่งผลกระทบทำให้อุณหภูมิภายในตัวอาคารและบริเวณโดยรอบสูงขึ้น ทำให้ต้องดำเนินการติดตั้งเครื่องปรับอากาศภายในอาคารเพื่อลดอุณหภูมิซึ่งต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก อันเป็นสาเหตุหนึ่งของภาวะโลกร้อน[2]

ปัจจุบันได้มีผู้ผลิตวัสดุที่สามารถใช้ในการจัดสร้างงานภูมิทัศน์ระดับพื้นผิวดังกล่าวทดแทนการจัดสร้างในรูปแบบเดิมที่เป็นคอนกรีตทั้งหมด โดยพัฒนามาเป็นบล็อกปลูกหญ้าที่เน้นความเป็นธรรมชาติมากขึ้น ในขณะเดียวกันก็มีความคงทน แข็งแรง มีอายุการใช้งานเป็นระยะเวลายาวนานสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ช่วยประหยัดพลังงาน ลดการสะสมความร้อนที่พื้นผิว เป็นการช่วยลดภาวะโลกร้อนอย่างหนึ่ง บล็อกปลูกหญ้าที่มีจำหน่ายในปัจจุบันผลิตมาจากวัตถุดิบชนิดเดียวกันกับที่ใช้ในงานคอนกรีต แต่จะมีความโปร่ง มีรูพรุนมากกว่างานคอนกรีตทั่วไป นอกจากนี้ยังมีบล็อกปลูกหญ้าที่ทำจากวัสดุอื่นอีกเช่น พลาสติกจะมีความแข็งแรงสามารถรับน้ำหนักได้มาก และยังมีคุณสมบัติในการกักเก็บน้ำภายในตัว และคายไอเย็นออกมาเมื่อได้รับแสงแดด เมื่อไอเย็นถูกลมพัดพาเข้าสู่ตัวอาคารและบริเวณโดยรอบ มีผลทำให้อุณหภูมิภายในตัวอาคารลดลง ผู้อยู่ภายในอาคารรู้สึกเย็นสบายขึ้น สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศในการไล่ความร้อนออกจากตัวอาคารได้ บล็อกปลูกหญ้านี้เมื่อปลูกหญ้าลงไปแล้ว ลักษณะการเจริญเติบโตของหญ้าจะเป็นไปตามปกติเหมือนเจริญอยู่บนพื้นดินทั่วไป ทำให้งานพื้นผิวมีความเป็นธรรมชาติและสวยงาม ช่วยกรองแสง ฝุ่นละออง ความร้อน สร้างความสดชื่นแก่ผู้พบเห็น แต่บล็อกปลูกหญ้าที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมีอยู่ด้วยกันหลายชนิด ดังนั้นจึงเห็นสมควรศึกษาเปรียบเทียบชนิดของบล็อกปลูกหญ้าในงานภูมิทัศน์ที่มีผลต่ออุณหภูมิของพื้นผิว เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบและเลือกใช้วัสดุปูพื้นผิวในงานภูมิทัศน์ และเพื่อเป็นแนวทางในการลดอุณหภูมิของพื้นผิวเพื่อลดภาวะโลกร้อน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมหน่วยทดลอง

1.1 การเตรียมหน่วยทดลอง เริ่มจากการปรับพื้นที่ให้ราบเรียบเสมอกันทุกหน่วยทดลอง โดยใช้ทรายหยาบรองพื้นแล้วบดอัดให้ราบเรียบ จากนั้นวางบล็อกปลูกหญ้าตามผังที่จัดเตรียมไว้ของการวางแผนทดลอง

1.2 นำวัสดุปลูกใส่ในบล็อกปลูกหญ้าประมาณ 3 ใน 4 ส่วนของความลึกของช่องว่างในบล็อกแต่ละบล็อก

1.3 ปลูกหญ้าสนามลงในบล็อกและรดน้ำให้ชุ่ม

1.4 ดูแลรักษาหญ้าสนามโดยการรดน้ำในตอนเช้าของทุกวัน ใส่ปุ๋ยบำรุงเพื่อให้เกิดการเจริญเติบโตสวยงาม

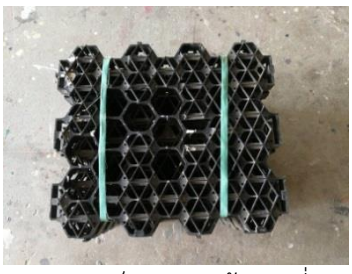
1.5 ตัดหญ้าเดือนละ 2 ครั้ง เพื่อกระตุ้นการแตกกอใหม่ เพื่อทำให้เกิดความหนาแน่นของหญ้าในบล็อก


บล็อกปลูกหญ้าชนิดที่ 1


บล็อกปลูกหญ้าชนิดที่ 2


บล็อกปลูกหญ้าชนิดที่ 3


บล็อกปลูกหญ้าชนิดที่ 4


บล็อกปลูกหญ้าชนิดที่ 5

ภาพที่ 1 ชนิดของบล็อกปลูกหญ้าที่ใช้ในการวิจัย



ภาพที่ 2 สถานที่ทำการทดลอง

2. วิธีการเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 เริ่มทำการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังจากจัดเตรียมหน่วยทดลองเสร็จสิ้นแล้ว 2 เดือน เพื่อให้หน่วยทดลองมีสภาพใกล้เคียงสภาพการใช้งานจริงให้มากที่สุด ทำการเก็บข้อมูลโดยการวัดความชื้นและอุณหภูมิด้วยเครื่องมือวัดที่จุดกึ่งกลางของหน่วยทดลองทุกหน่วย ในเวลา 13.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่อากาศร้อนจัดของแต่ละวันเป็นเวลา 7 วันติดต่อกัน

2.2 นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variance (ANOVA) หาค่า F-test ในกรณีที่ข้อมูลมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ มีการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละสิ่งทดลองโดยใช้ค่า Least Significant Difference (LSD) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป


บล็อกปลูกหญ้าชนิดที่ 1


บล็อกปลูกหญ้าชนิดที่ 2


บล็อกปลูกหญ้าชนิดที่ 3


บล็อกปลูกหญ้าชนิดที่ 4


บล็อกปลูกหญ้าชนิดที่ 5

ภาพที่ 3 บล็อกปลูกหญ้าทั้ง 5 ชนิดที่พร้อมในการเก็บข้อมูล

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น

ตารางที่ 1 แสดงผลการเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น

ซ้ำ	ครั้ง	บล็อกปลูกหญ้าที่ 1		บล็อกปลูกหญ้าที่ 2		บล็อกปลูกหญ้าที่ 3		บล็อกปลูกหญ้าที่ 4		บล็อกปลูกหญ้าที่ 5	
		อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น
ซ้ำที่ 1	1	36.7	0	34.8	40.3	33.0	40.4	31.4	44.2	29.1	46.9
	2	36.5	0	34.9	39.8	33.0	41.1	31.4	44.1	30.1	45.8
	3	34.2	0	33.1	40.1	32.9	40.0	31.3	45.1	29.5	46.2
	4	34.0	0	33.0	40.2	33.0	39.8	32.0	44.8	29.8	46.7
	5	35.8	0	33.8	37.0	33.2	39.8	32.3	43.9	29.8	45.9
	6	36.0	0	33.8	37.5	32.5	40.5	32.1	43.4	29.8	46.1
	7	35.8	0	34.2	40.1	33.3	38.9	32.0	44.5	30.5	45.8
ซ้ำที่ 2	1	36.5	0	33.5	42.3	32.8	44.9	31.1	46.8	28.8	51.0
	2	36.4	0	35.0	37.0	32.8	42.5	31.0	46.1	29.1	52.2
	3	35.0	0	32.9	41.1	32.9	42.1	31.2	46.5	29.5	53.1
	4	34.1	0	33.1	41.0	32.5	42.4	31.2	45.9	30.6	52.7
	5	35.5	0	33.9	40.1	32.1	40.1	31.0	45.4	29.3	51.9
	6	36.0	0	33.5	40.5	32.0	41.5	31.4	46.0	28.9	52.1
	7	35.5	0	35.9	39.7	31.8	42.8	31.5	46.8	29.3	51.9

ซ้ำที่ 3	1	36.3	0	32.9	41.8	31.9	42.9	31.0	45.8	29.5	47.5
	2	36.4	0	32.5	40.5	31.2	41.8	31.1	45.5	30.1	46.8
	3	34.3	0	33.8	39.7	31.2	40.9	31.0	45.9	29.5	46.1
	4	35.0	0	34.0	39.5	32.9	41.8	31.1	46.1	29.9	46.8
	5	35.3	0	33.1	40.2	31.8	42.5	31.0	45.8	29.8	47.1
	6	36.1	0	33.4	40.0	31.5	42.9	31.4	44.9	29.6	47.3
	7	35.2	0	33.0	41.1	31.5	43.1	31.2	45.2	29.8	46.9

2. การหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลของอุณหภูมิและความชื้น

พบว่า ในการวัดอุณหภูมิของพื้นผิว บล็อกปลูกหญ้าที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุดคือ บล็อกปลูกหญ้าชนิดที่ 5 มีค่าเท่ากับ 29.63 **องศาเซลเซียส** ส่วนบล็อกปลูกหญ้าที่มีอุณหภูมิสูงที่สุดคือ บล็อกปลูกหญ้าชนิดที่ 1 มีค่าเท่ากับ 35.59 **องศาเซลเซียส** รองลงมาคือ บล็อกปลูกหญ้าชนิดที่ 2 มีค่าเท่ากับ 33.72 **องศาเซลเซียส** บล็อกปลูกหญ้าชนิดที่ 3 มีค่าเท่ากับ 32.37 **องศาเซลเซียส** และบล็อกปลูกหญ้าชนิดที่ 4 มีค่าเท่ากับ 31.37 **องศาเซลเซียส ตามลำดับ**

ส่วนการวัดความชื้นในดิน พบว่า บล็อกปลูกหญ้าที่มีค่าความชื้นในดินต่ำที่สุดคือ บล็อกปลูกหญ้าชนิดที่ 1 มีค่าความชื้นเท่ากับ ร้อยละ 0.00 ส่วนบล็อกปลูกหญ้าที่มีค่าความชื้นในดินสูงที่สุดคือ บล็อกปลูกหญ้าชนิดที่ 5 มีค่าความชื้นเท่ากับ ร้อยละ 48.42 รองลงมาคือ บล็อกปลูกหญ้าชนิดที่ 4 มีค่าความชื้นเท่ากับ ร้อยละ 45.37 บล็อกปลูกหญ้าชนิดที่ 3 มีค่าความชื้นเท่ากับ ร้อยละ 41.56 **และ**บล็อกปลูกหญ้าชนิดที่ 2 มีค่าความชื้นเท่ากับ ร้อยละ 39.98 **ตามลำดับ (ตารางที่ 2)**

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของข้อมูลของอุณหภูมิและความชื้น

รายการ	บล็อกปลูกหญ้าที่ 1		บล็อกปลูกหญ้าที่ 2		บล็อกปลูกหญ้าที่ 3		บล็อกปลูกหญ้าที่ 4		บล็อกปลูกหญ้าที่ 5	
	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น
ซ้ำที่ 1	35.7	0.00	33.94	39.29	32.99	40.07	31.79	44.29	29.80	46.20
ซ้ำที่ 2	35.57	0.00	33.97	40.24	32.41	42.33	31.20	46.21	29.36	52.13
ซ้ำที่ 3	35.51	0.00	33.24	40.40	31.71	42.27	31.11	45.60	29.74	46.93
เฉลี่ย	**35.59**	**0.00**	**33.72**	**39.98**	**32.37**	**41.56**	**31.37**	**45.37**	**29.63**	**48.42**

3. ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) ของอุณหภูมิและความชื้น พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % และเมื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบเป็นรายคู่โดยใช้วิธี LSD **พบว่า ทั้งเรื่องของอุณหภูมิและความชื้น มีความแตกต่างกันทุกคู่** (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคู่

รายการ	สิ่งทดลองที่ 1	สิ่งทดลองที่ 2	สิ่งทดลองที่ 3	สิ่งทดลองที่ 4	สิ่งทดลองที่ 5	F-test	C.V. (%)
อุณหภูมิ	**35.59** ^{a}	**33.72** ^{b}	**32.37** ^{c}	**31.37** ^{d}	**29.63** ^{e}	**	**0.95**
ความชื้น	**0.00** ^{d}	**39.98** ^{c}	**41.56** ^{c}	**45.37** ^{b}	**48.42** ^{a}	**	**3.86**

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี LSD

*= แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %, ** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %, ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

4. อภิปรายผล

จากการศึกษาพบว่า

4.1 บล็อกปลูกหญ้าชนิดที่มีหญ้าปกคลุมหนาแน่นสามารถช่วยทำให้อุณหภูมิของพื้นผิวต่ำกว่าชนิดที่มีหญ้าปกคลุมน้อยและยังสามารถรักษาความชื้นในดินได้อีกด้วยนั้น ทั้งนี้อาจเกิดจากการที่หญ้าที่ขึ้นปกคลุมบนบล็อก สามารถลดการสะสมความร้อนจากแสงอาทิตย์ได้ และยังลดการสะท้อนกลับของความร้อนจากพื้นผิวสู่อากาศ ประกอบกับวัสดุในการจัดทำบล็อกเป็นพลาสติก ไม่มีส่วนผสมของคอนกรีตที่มักจะสะสมความร้อน ซึ่งผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับ[3] ที่กล่าวไว้ว่า การบังแดดโดยการปลูกพืชคลุมดิน สามารถช่วยลดการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบผิวดินโดยตรง และที่บริเวณผิวดินจะได้รับอิทธิพลจากการพาความร้อนของอากาศ มีผลทำให้อุณหภูมิที่ผิวดินสูงขึ้น รวมไปถึงลมมีผลทำให้เกิดการระเหยกลายเป็นไอมากขึ้น แต่การระเหยกลายเป็นไอส่วนใหญ่จะเกิดในเวลากลางคืน เพราะดินมีการคายความร้อนในเวลากลางคืน แต่การใช้วัสดุคลุมดินมีผลช่วยในการลดอิทธิพลจากการพาความร้อนของอากาศ นอกจากนี้ยังกล่าวด้วยว่า พืชพรรณที่ขึ้นอยู่บนดินมีแนวโน้มที่ลดการแปรปรวนของอุณหภูมิของดินโดยการลดปริมาณความร้อนที่กระทบผิวดิน และลดปริมาณความร้อนที่สะท้อนจากผิวดิน ดังนั้น อุณหภูมิของดินที่มีพืชพรรณปกคลุมจึงแปรปรวนน้อยกว่าอุณหภูมิของดินที่ว่างเปล่า (bare soil) และในบริเวณหนึ่งอุณหภูมิในเวลากลางวันของดินที่ว่างเปล่าโดยปกติสูงกว่าอุณหภูมิของดินที่ปกคลุมด้วยพืชพรรณต่างๆ แต่ในเวลากลางคืนอุณหภูมิของผิวดินที่ว่างเปล่ามักต่ำกว่าของผิวดินที่มีพืชพรรณปกคลุม ความสามารถของพืชพรรณในการลดความแปรปรวนของพืชพรรณจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของพืชพรรณด้วย

4.2 ผลของบล็อกปลูกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของหญ้า พบว่าบล็อกปลูกหญ้าที่มีพื้นที่ว่างสำหรับปลูกหญ้ามากจะทำให้หญ้าเจริญเติบโตได้ดีกว่าบล็อกที่มีพื้นที่น้อย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าระบบรากของพืชมีพื้นที่ในการหาอาหารได้มากกว่า จึงส่งผลดีต่อการเจริญเติบโตของหญ้า

สรุป

1. ในการศึกษาอุณหภูมิของพื้นผิว พบว่าชนิดของบล็อกปลูกหญ้าในงานภูมิทัศน์ทุกชนิดมีผลต่ออุณหภูมิของพื้นผิว โดยบล็อกปลูกหญ้าที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุดคือ บล็อกปลูกหญ้าที่ทำด้วยพลาสติกสีดำ ส่วนแผ่นคอนกรีตเต็มแผ่นจะมีอุณหภูมิสูงที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่า ชนิดของบล็อกปลูกหญ้าในงานภูมิทัศน์ทุกชนิดมีผลต่อความชื้นในดิน โดยแผ่นคอนกรีตเต็มแผ่นมีค่าความชื้นในดินต่ำที่สุด ส่วนบล็อกปลูกหญ้าที่ทำด้วยพลาสติกสีดำจะมีค่าความชื้นในดินสูงที่สุด

2. บล็อกปลูกหญ้าที่มีหญ้าขึ้นปกคลุมหนาแน่นจะช่วยทำให้อุณหภูมิของพื้นผิวต่ำกว่าบล็อกปลูกหญ้าที่มีหญ้าปกคลุมน้อย นอกจากนี้ยังช่วยรักษาความชื้นในดินได้เป็นอย่างดี

3. บล็อกปลูกหญ้าที่มีหญ้าปกคลุมมาก แสดงถึงความสัมพันธ์ของอุณภูมิและความชื้นแบบผกผัน คือทำให้อุณภูมิพื้นผิวต่ำแต่ความชื้นในดินสูง ในขณะที่บล็อกคอนกรีตเต็มแบบแผ่นซึ่งไม่มีหญ้าปกคลุมจะทำให้อุณภูมิพื้นผิวสูงแต่ความชื้นในดินต่ำ

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ในการเลือกบล็อกปลูกหญ้าในงานภูมิทัศน์เพื่อให้เกิดความสวยงาม และลดอุณหภูมิของพื้นผิวที่เข้าสู่ตัวอาคารและบรรยากาศโดยรอบ ควรเลือกชนิดบล็อกพลาสติก เพราะไม่มีส่วนผสมของคอนกรีตที่จะสะสมความร้อน บล็อกชนิดนี้มีน้ำหนักเบา แต่สามารถรองรับน้ำหนักได้ดี สามารถใช้จัดวางเป็นเส้นทางสัญจรได้ ก่อสร้างได้ง่าย อายุการใช้งานนาน ทนทานต่อแสงอาทิตย์ ประกอบกับการจัดวางบล็อกจะไม่ได้รับแสงแดดโดยตรง และที่สำคัญราคาถูกกว่าบล็อกชนิดอื่น

2. ในการวิจัยครั้งต่อไป เพื่อให้ได้ผลการวิจัยที่ชัดเจนยิ่งขึ้น ควรเพิ่มพื้นที่หน่วยทดลองให้มากขึ้นกว่าเดิม และขยายระยะเวลาการเก็บข้อมูลให้มากขึ้นด้วย

เอกสารอ้างอิง

1. พงศ์ศักดิ์ เสมสันต์.หนังสือพิมพ์บ้านเมือง.ฉบับวันที่ 14 สิงหาคม 2550.
2. กระทรวงพลังงาน. แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน.กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน.2551.
3. เลิศลักษณ์ วุฒิสุวรรณ.การลดอุณหภูมิวัสดุปูพื้นภายนอกอาคารโดยวิธีการระเหย.วิทยานิพนธ์ (สถ.ม.)จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.2544.
4. บวร อิศรางกูร ณ อยุธยา ปรีดา จันทวงษ์ และโยธิน อึ่งกูล.วิศวสารลาดกระบัง.ปีที่ 27 ฉบับที่ 4 ธันวาคม 2553.
5. พันธุ์ระวี กองบุญเทียม และ วุฒิกานต์ ปุระพรหม.แนวทางการลดอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมขนาดเล็กจากอิทธิพลองค์ประกอบระนาบพื้น.วารสารวิชาการฉบับที่ 29 (มกราคม-ธันวาคม 2558) คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.2558.
6. วันเพ็ญ เจริญตระกูลปีติ.อิทธิพลของสิ่งปกคลุมดินที่มีผลต่ออุณหภูมิในบรรยากาศของกรุงเทพมหานคร.วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม ปีที่ 8 ฉบับที่ 1 (มกราคม - มิถุนายน 2555) สาขาสถาปัตยกรรมและการวางแผน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.2555.
7. สมจิตร โยธะคง.การจัดการดูแลบำรุงรักษาภูมิทัศน์.กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์รวมสาส์น (1977) บจก.275 หน้า.2541
8. สมจิตร โยธะคง.การวางผังตกแต่งบริเวณ.กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์รวมสาส์น (1977) บจก.333 หน้า.2535.

[AS-P37] คุณภาพหญ้าเนเปียร์สีม่วงและหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หมักร่วมกับใบกระถินสด

Silage Quality between Purple Napier Grass and Pakchong 1 Napier Grass Added with Fresh Leucaena Leaves

พงศธร กงจักร และ กรรณิกา อัมพุช*
Pongsatorn Kongjak and Kannika Umpuch*
คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: kannika.um@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

หญ้าเนเปียร์ เป็นหญ้าเขตร้อนที่นิยมปลูกทั่วไปในประเทศไทย แต่เมื่อถึงฤดูแล้งพืชอาหารสัตว์คุณภาพดีจะหาได้ยาก โดยเฉพาะหญ้าสดทั้งปริมาณและคุณภาพ เกษตรกรจึงต้องมีการถนอมพืชอาหารสัตว์ในช่วงฤดูฝนโดยเฉพาะการทำหญ้าแห้งและหมักสำหรับไว้ใช้ในฤดูแล้ง หญ้าเนเปียร์และกระถิน จัดเป็นพืชอาหารสัตว์ที่นิยมนำมาหมักและใช้เป็นแหล่งโปรตีนหลักสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณภาพพืชหมักระหว่างหญ้าเนเปียร์สองสายพันธุ์ คือ เนเปียร์สีม่วง และเนเปียร์ปากช่อง 1 โดยการเสริมกระถิน โดยแบ่งกลุ่มทดลองเป็นสองกลุ่มตามพันธุ์หญ้า คือ หญ้าเนเปียร์สีม่วง และหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 โดยจัดเป็นกลุ่มที่ 1 และ 2 ตามลำดับ โดยทั้งสองกลุ่มมีการใส่ใบกระถินสดและกากน้ำตาล โดยมีระยะเวลาการหมัก 21 วัน โดยวางแผนการทดลองแบบ t-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ผลการทดลองพบว่า หญ้าเนเปียร์สีม่วงหมัก มีคุณภาพหญ้าหมักดีกว่าหญ้าเนเปียร์ปากช่อง โดยเฉพาะ ค่าความเป็นกรดด่าง – ด่าง ปริมาณกรดแลคติค รวมทั้งกรดอินทรีย์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

คำสำคัญ: *หญ้าเนเปียร์สีม่วง, หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1, หญ้าหมัก, ใบกระถินสด*

Abstract

Napier grass is a tropical grass that is commonly grown in Thailand. In the dry season, most of forage crops are not available and enough for dairy cattle in both quality and quantity. Therefore, farmers must preserve the crops during the rainy season by making silage and hay in order to feed their animals in the next dry period. Napier grass and Leucaena are potential forage crops and mostly utilized as silage and a protein source for ruminant animals. Therefore, this study aims to compare the differences in the quality of napier grass silage between two cultivars that were Purple and Pakchong 1 napier grass by adding fresh leucaena leaves in a same ratio. The study was divided into two groups as Purple and Pakchong 1 cultivar, as group 1 and 2, respectively, and both were ensiled with leucaena leaves and molasses for 21 days. The experiment was designed as a t-test at 95 percent of significance. The results reviewed Purple napier grass silage had better quality of silage than Pakchong 1 silage, especially pH, lactic acid content and organic acid contents with statistically significant ($P<0.05$).

Keywords: *Purple napier grass, Pak Chong 1 napier grass, silage, leucaena leaves.*

บทนำ

พืชหมัก หมายถึง พืชอาหารสัตว์ต่างๆ ที่เก็บรักษาไว้ในสภาพความชื้นสูงในที่ไม่มีอากาศ ซึ่งการเก็บถนอมในลักษณะนี้สามารถอยู่ได้เป็นเวลานาน โดยส่วนประกอบต่างๆ และคุณค่าอาหารไม่เปลี่ยนแปลงสำหรับไว้ใช้เป็นอาหารสัตว์ในช่วงขาดแคลนหญ้าสด ประเภทของหญ้าหมัก แบ่งตามวิธีการทำ หญ้าหมักสด คือ หญ้าหมักที่ได้จากการใช้พืชสด มีความชื้นสูงจากการตัดโดยตรงแล้วนำมาหมัก หญ้าหมักแห้ง คือ หญ้าหมักที่ได้จากการใช้พืชสดนำมาผึ่งแดดระยะสั้น เพื่อไล่ความชื้นออกให้เหลือประมาณ 25 – 55 เปอร์เซ็นต์ แล้วจึงนำมาบรรจุลงภาชนะหมัก และต้องสับให้สั้นเพื่อให้การอัดแน่นได้ดี เนื่องจากความชื้นต่ำ หญ้าหมักชนิดนี้ต้องเก็บในภาชนะบรรจุอย่างดีเพื่อป้องกันไม่ให้อากาศเข้าได้ ปัจจัยที่ควบคุมคุณภาพของหญ้าหมัก ชนิดของพืชที่เหมาะสมในการทำหญ้าหมัก ควรเลือกพืชที่มีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลสูงมากกว่า 6 เปอร์เซ็นต์ เพื่อเป็นอาหารจุลินทรีย์ที่เกิดระหว่างกระบวนการหมัก ลักษณะของต้นพืชควรมีลำต้นเพื่อลดช่องอากาศภายในให้น้อยที่สุด เช่น ข้าวโพด หญ้ารูซี่ หญ้าเนเปียร์ หรือพืชตระกูลถั่ว อายุของพืชที่จะนำมาหมักควรอยู่ในช่วงที่ให้ผลผลิตสูง คุณค่าทางอาหารเพียงพอ ไม่แก่หรืออ่อนเกินไป เช่น ข้าวโพดควรตัดในระยะเมล็ดกำลังเป็นน้ำนมและก่อนที่จะเริ่มแข็งตัว ถ้าเป็นข้าวฟ่าง ควรตัดเมื่อใกล้จะมีดอกอายุประมาณ 10 – 11 สัปดาห์จนถึงระยะติดเมล็ดอ่อนๆ สำหรับหญ้าอื่น ๆ ควรตัดในระยะเริ่มออกดอก อายุของหญ้าที่จะตัดไม่แน่นอนควรสังเกตจากเปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้งต้องไม่ต่ำกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ และไม่สูงกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ ควรตัดหรือสับให้เป็นชิ้นสั้น ประมาณ 3 – 5 เซนติเมตร จะช่วยให้อัดได้แน่นเป็นการไล่อากาศได้ง่าย ระดับความชื้นควรอยู่ระหว่าง 65 – 70 เปอร์เซ็นต์ ช่วยให้อัดแน่นไล่อากาศได้ง่าย ไม่ทำให้เกิดเชื้อราในพืช หากพืชมีความชื้นสูงเกินไป ก่อนหมักให้ทำการตัดพืชแล้วผึ่งแดดไว้ในแปลงสัก 2 – 3 ชั่วโมง หรือใช้วัตถุดิบเสริมเพื่อดูดซับความชื้น เช่น เมล็ดธัญพืชบด หญ้าแห้ง หรือใช้สารช่วยหมักเป็นสารเพื่อเพิ่มน้ำตาล ลดความชื้น ทำให้เกิดกรดแลคติคเร็วขึ้น และเพิ่มความน่ากิน เช่น กากน้ำตาล รำละเอียด เก็บรักษาหญ้าหมักไว้ในที่เย็นหรือที่ร่ม ประมาณ 3 สัปดาห์หรือ 21 วัน เพื่อให้เกิดกระบวนการหมัก [1]

หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 (*Pennisetum purpureum cv.* Pakchong1) เป็นหญ้าลูกผสมเนเปียร์สายพันธุ์หนึ่ง ซึ่งเกิดจากการ ผสมข้ามพันธุ์ระหว่างหญ้าเนเปียร์ยักษ์และหญ้าไข่มุก เป็นพืชอาหารสัตว์ที่มีศักยภาพสูง ทั้งในแง่การให้ผลผลิต และมีคุณค่าทางอาหารสัตว์ดีตามที่สัตว์ต้องการ เหมาะสำหรับ ใช้เลี้ยงสัตว์ โดยเฉพาะสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โคนม โคเนื้อ กระบือ แพะ และแกะ ปัจจุบันกรมปศุสัตว์ได้สนับสนุนส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกดันอย่างแพร่หลาย ทั่วประเทศไทย [2] หญ้าเนเปียร์มีอายุข้ามปี ลำต้นมีลักษณะตั้งตรง สูง 2.5 – 3.5 เมตร เมื่อออกดอกจะมีความสูงถึงปลายช่อดอก 3.5 – 4.5 เมตร ให้ผลผลิตน้ำหนักสด 8 – 10 ตัน/ไร่/รอบการตัดทุก 60 วัน ซึ่งเป็นหญ้าที่นิยมให้สัตว์กินสดหรือทำหญ้าหมัก [3] หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หมัก จะมีโปรตีนหยาบประมาณ 6.74 เปอร์เซ็นต์ [4] หญ้าเนเปียร์สีม่วง (*Pennisetum purpureum Prince*) เป็นหญ้าที่มีอายุหลายปี เป็นหญ้าที่ตอบสนองต่อการให้ปุ๋ยและน้ำได้ดีไม่ค่อยออกดอก จึงปลูกด้วยท่อนพันธุ์เป็นหลัก ลำต้นสูง ผลผลิตน้ำหนักแห้ง 3-5 ตันต่อไร่ต่อปี โปรตีน 8-12 เปอร์เซ็นต์ ระยะปลูก 75 x 75 เซนติเมตร โดยใช้ท่อนพันธุ์ 300-500 ท่อนพันธุ์กิโลกรัมต่อไร่ ก่อนปลูกใช้ปุ๋ยรองพื้นสูตร 15-15-15 อัตรา 50-100 กิโลกรัมต่อไร่ และหลังการตักใช้ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 10-20 กิโลกรัมต่อไร่ ตัดครั้งแรก 60-70 วัน หลังจากนั้นตัดทุกๆ 30-45 วัน หรือตัดเพื่อทำหญ้าหมักทุกๆ 45-60 วัน เป็นหญ้าที่มีสารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) สูง ซึ่งมีคุณสมบัติในด้านเป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระ [5]

กระถิน (*Leuceana leucocephala*) เป็นไม้ยืนต้นตระกูลถั่วเมืองร้อนที่ได้รับการกล่าวขวัญว่าเป็นพืชมหัศจรรย์พืชหนึ่งของโลก เนื่องจากว่าเป็นพืชที่สามารถนำไปใช้ทำประโยชน์ได้สารพัดอย่าง และที่เป็นประโยชน์มากคือใช้เป็นอาหารสัตว์ เพราะว่ากระถินให้ผลผลิตและคุณค่าทางอาหารสัตว์สูง สัตว์ชอบกิน มีความทนทานต่อการตัด หรือแทะเล็มและเหยียบย่ำของสัตว์ นอกจากนี้ยังมีความทนทานต่อความแห้งแล้งดีอีกด้วย แต่อย่างไรก็ตามการใช้กระถินเป็นอาหารสัตว์ก็มีข้อจำกัดอยู่บ้างจากความเป็นพิษของสารมิโมซีน (mimosine) ซึ่งมีอยู่ประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ ในใบและเมล็ดแห้ง ถ้าสัตว์กินกระถินมากเป็นเวลานานต่อเนื่องกันอาจเป็นพิษต่อตัวสัตว์ได้ และกระถินมีโปรตีนอยู่ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ [6] ในการทำพืชหมักที่ใช้หญ้าเนเปียร์อย่างเดียวนั้น ยังมีระดับโภชนะด้านโปรตีนซึ่งเป็นโภชนะที่สำคัญในการทำการปศุสัตว์อยู่ในปริมาณต่ำ จึงต้องมีการเสริมกระถินซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีระดับโปรตีนสูงเข้าไปในสูตรพืชหมัก เพื่อให้มีระดับโปรตีนสูงขึ้น จากข้อมูลเบื้องต้น จะเห็นได้ว่ามีการศึกษาเกี่ยวกับ

หญ้าเนเปียร์สีม่วง และการทำหญ้าเนเปียร์ผสมกระถินหมัก ในประเทศไทยยังมีน้อย ดังนั้น การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณภาพพืชหมักระหว่าง หญ้าเนเปียร์สีม่วงหมักร่วมกับกระถินและกากน้ำตาล และหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หมักร่วมกับกระถินและกากน้ำตาล เพื่อนำไปสู่การผลิตพืชหมักคุณภาพดีต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. กลุ่มทดลองและการทำพืชหมัก

โดยแบ่งกลุ่มทดลองเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 3 ซ้ำๆ ละ 3 ถุงๆ ละ 1.050 กิโลกรัม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 หญ้าเนเปียร์สีม่วง + กระถิน + สารละลายกากน้ำตาล กลุ่มที่ 2 หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 + กระถิน + สารละลายกากน้ำตาล หญ้าที่ใช้คือ หญ้าเนเปียร์สีม่วง และหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 อายุ 60 วัน ซึ่งสูตรพืชหมักนี้ดัดแปลงจากกรมปศุสัตว์ [7] ที่เก็บเกี่ยวจากแปลงหญ้า องค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย (อ.ส.ค.) อ.มวกเหล็ก จ.สระบุรี และเก็บเกี่ยวก้านและใบกระถินยักษ์ไม่ทราบอายุ ที่คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เมื่อวันที่ 7 กุมภาพันธุ์ 2561 สับหญ้าเนปียร์ปากช่อง1และเนเปียร์สีม่วงสดทั้งต้นด้วยเครื่องสับหญ้า Truyard ให้ได้ขนาดประมาณ 0.5 – 1 นิ้ว และสับกระถินด้วยมีด ให้ได้ขนาดประมาณ 1 – 2 นิ้ว นำหญ้าเนเปียร์สีม่วง (กลุ่มทดลองที่1) ที่สับแล้วมา 800 กรัม มาผสมคลุกเคล้ากับกระถินสับ 200 กรัม จากนั้นเติมสารละลายกากน้ำตาล 50 กรัมเพื่อเพิ่มความน่ากินตามคำแนะนำของกรมปศุสัตว์ [8] แล้วคลุกเคล้าให้เข้ากันใช้เวลาประมาณ 1 นาที เมื่อคลุกส่วนผสมเข้ากันดีแล้วให้บรรจุลงในถุงร้อน ขนาด 15 x 18 นิ้ว โดยใช้ถุงร้อนสองใบซ้อนกัน จากนั้นใช้เครื่องดูดฝุ่นดูดเอาอากาศออกจากถุงให้มากที่สุดแล้วใช้ยางวงรัดให้แน่น เพื่อป้องกันอากาศเข้าไปภายในถุง แล้วเขียนสัญลักษณ์ทุกถุง ใช้เวลาหมัก 21 วัน สำหรับกลุ่มทดลองที่ 2 ใช้หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 แล้วทำตามวิธีการที่กล่าวมาข้างต้น

2. การสุ่มตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์คุณภาพ

เมื่อครบกำหนดการหมักแล้ว สุ่มหญ้าหมักมากลุ่มทดลองละ 3 ถุง เปิดถุงหญ้าหมักแล้วสุ่มตัวอย่างชั้น บน กลาง และก้นถุง คลุกเคล้าให้เข้ากัน แล้วแบ่งเป็น 2 ส่วน เพื่อนำไปตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ [8] และอีก 1 ส่วน บรรจุใส่ถุงพลาสติกทนร้อนจากนั้นนำเข้าตู้เย็นที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส รอนำส่งห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์นครราชสีมา

3. การเก็บข้อมูล

ก) คุณภาพทางกายภาพของหญ้าหมัก ได้แก่ กลิ่น เนื้อสัมผัส สี โดยให้ระดับคะแนนตามเกณฑ์ประเมินคุณภาพพืชหมักทางกายภาพกองอาหารสัตว์

ข) คุณภาพทางเคมีของหญ้าหมัก ได้แก่ pH หาปริมาณกรดอินทรีย์ ได้แก่ กรดแลคติก กรดอะซีติค กรดบิวทีริค ด้วยวิธี กลั่นตามวิธีที่เรียบเรียงโดย บุญล้อม และ บุญเสริม [9] ซึ่งดำเนินการโดย ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์นครราชสีมา โดยให้ระดับคะแนนตามเกณฑ์ประเมินคุณภาพพืชหมักทางเคมีกองอาหารสัตว์

ค) คุณค่าทางโภชนะ ได้แก่ ปริมาณวัตถุแห้ง ปริมาณโปรตีนหยาบ โดยวิธี Proximate Analysis

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ได้นำมาเปรียบเทียบหาความต่าง โดยวิธี independent t-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

5. สถานที่และเวลาที่ใช้ทำการทดลอง

ตัดหญ้าเนเปียร์และสับที่ องค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย (อ.ส.ค.) อ.มวกเหล็ก จ.สระบุรี ตัดกระถินและทำหญ้าหมักที่ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ วิเคราะห์คุณภาพพืชหมัก

ที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์นครราชสีมา สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา ระหว่างเดือน กุมภาพันธ์ ถึง เมษายน 2561

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ลักษณะทางกายภาพของพืชหมัก

จากการทดลองหมักหญ้าเนเปียร์สีม่วงร่วมกับกระถินและกากน้ำตาล เปรียบเทียบกับการหมักหญ้าเนเปียร์ปากช่อง1 ร่วมกับกระถินและกากน้ำตาล หมักไว้ 21 วัน เมื่อตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ พบว่าพืชหมักทั้งสองทรีตเมนต์ มีสีเหลืองอมเขียว ไม่มีเชื้อราหรือยีสต์เจริญอยู่ เนื้อพืชหมักไม่จับเป็นก้อน ไม่เป็นเมือก ไม่เละ มีส่วนใบและลำต้นสภาพคงเดิม และไม่มีสิ่งเจือปน เมื่อทดสอบดมกลิ่นพืชหมักพบว่าพืชหมักมีกลิ่นคล้ายผลไม้ดอง และจากการประเมินลักษณะทางกายภาพของพืชหมักตามเกณฑ์มาตรฐานพืชหมักกองอาหารสัตว์ [8] พบว่าพืชหมักทั้งสองทรีตเมนต์มีลักษณะทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์ดีมาก

2. ส่วนประกอบทางเคมีของพืชหมัก

โปรตีนหยาบ (Crude Protein,CP.) หญ้าเนเปียร์สีม่วงหมักร่วมกับกระถินและกากน้ำตาลมีค่า โปรตีนหยาบ เท่ากับ 12.40 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าหญ้าเนเปียร์ปากช่อง1 หมักร่วมกับกระถินและกากน้ำตาลที่มีค่า โปรตีนหยาบ เท่ากับ 11.80 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) จะเห็นได้ว่าหญ้าทั้งสองสายพันธุ์เมื่อนำมาหมักร่วมกับกระถินและกากน้ำตาล มีคุณค่าทางอาหารจัดอยู่ในเกณฑ์หญ้ามักคุณภาพดี กล่าวคือมีโปรตีนมากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ [10]

วัตถุแห้งของพืชหมัก หญ้าเนเปียร์ม่วงหมักร่วมกับกระถินและกากน้ำตาลมีค่าวัตถุแห้งเท่ากับ 22.01 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าหญ้าเนเปียร์ปากช่อง1 หมักร่วมกับกระถินและกากน้ำตาล ที่มีค่าวัตถุแห้งเท่ากับ 20.73 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับ [7] รายงานว่าหญ้าเนเปียร์ยักษ์หมักร่วมกับใบกระถินสดและกากน้ำตาลหมักที่อายุ 1 เดือน มีค่าวัตถุแห้งเท่ากับ 22.59

ค่าความเป็นกรด-ด่างของพืชหมัก (pH) พบว่า หญ้าเนเปียร์สีม่วงหมักร่วมกับกระถินและกากน้ำตาล มีค่า pH เท่ากับ 4.08 และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับค่า pH ของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง1 หมักร่วมกับกระถินและกากน้ำตาล ที่มีค่า pH เท่ากับ 4.39 จากการทดลองครั้งนี้หญ้าเนเปียร์สีม่วงหมักร่วมกับกระถินและกากน้ำตาล มีค่า pH อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทางเคมีของพืชหมัก คือระหว่าง 3.5 – 4.2 แต่หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หมักร่วมกับกระถินและกากน้ำตาลยังมีค่า pH สูงกว่ามาตรฐาน จึงแสดงให้เห็นว่า หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หมักร่วมกับกระถิน อาจเกิดกระบวนการหมักที่ช้ากว่า ดังที่สายัณห์ [10] กล่าวว่า ความชื้นสูงจะเจือจางกรดแลคติกทำให้เวลาที่ pH จะลดลงถึง 4.2 เกิดขึ้นได้ช้า

กรดแลคติค (Lactic acid) หญ้าหมักคุณภาพดีควรมีปริมาณกรดแลคติคในช่วง 1.5 – 2.5 โดยหญ้าเนเปียร์สีม่วงหมักร่วมกับกระถินและกากน้ำตาลมีกรดแลคติคเท่ากับ 1.40 ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$) กับค่ากรดแลคติคของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง1หมักร่วมกับกระถินและกากน้ำตาลที่มีกรดแลคติคเท่ากับ 2.02 ในการทดลองครั้งนี้หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หมักร่วมกับกระถินอาจจะยังคงสภาพในรูปแบบการหมักดองได้นานกว่า โดยอาศัยกรดแลคติกป้องกันไม่ให้เกิดการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรต แต่ถ้ากรดแลคติกมีปริมาณน้อย กรดบิวทีริคจะถูกสร้างขึ้นมา กล่าวคือกรดแลคติคจะถูกสร้างโดยกลุ่มแบคทีเรียที่ไม่ใช้อากาศ แต่เมื่อมีอากาศรั่วเข้าไปในถุงพืชหมัก อาจจะทำให้แบคทีเรียพวก Clostridium สามารถเจริญเติบโตได้ โดยแบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถเปลี่ยนกรดแลคติคไปเป็นกรดบิวทีริค ทำให้หญ้าหมักเกิดการสูญเสียได้ [10]

กรดอะซีติค (Acetic acid) หญ้าเนเปียร์สีม่วงหมักร่วมกับกระถินและกากน้ำตาลมีกรดอะซีติค เท่ากับ 0.20 ซึ่งน้อยกว่า หญ้าเนเปียร์ปากช่อง1หมักร่วมกับกระถินและกากน้ำตาลที่มีค่ากรดอะซีติคเท่ากับ 0.37 แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) การทดลองครั้งนี้พบว่าพืชหมักทั้งสองทรีตเมนต์ มีปริมาณกรดอะซีติคไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทางเคมีของพืชหมักที่กล่าวว่า ปริมาณกรดอินทรีย์ โดยมีกรดแลกติดอยู่มาก (1.5 – 2.5 เปอร์เซ็นต์) มีกรดอะซีติกส่วนน้อย (0.5 – 0.8 เปอร์เซ็นต์) และไม่ควรมีกรดบิวทีริค หรือให้มีน้อยที่สุด (น้อยกว่า 0.1 เปอร์เซ็นต์) พืชหมักที่ดีไม่ควรเปรี้ยวเกินไป และควรรมีสัดส่วนของ

กรดอะซีติก 0.5 – 0.8 เปอร์เซ็นต์ [8] ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ แพรวพรรณ และคณะ [11] ที่รายงานว่า เมื่อนำกากน้ำตาลและรำละเอียดมาหมักร่วมกับหญ้าแพงโกล่า จะพบว่าปริมาณการเกิดกรดอะซีติคจะลดลง ตามปริมาณการใช้สารเสริมที่เพิ่มขึ้น และการที่ปริมาณกรดอะซิติคมีปริมาณน้อยอาจเนื่องมาจากหญ้าเนเปียร์มีปริมาณน้ำตาลสูงเพียงพอต่อการหมัก [8] แต่ในการทดลองได้มีการเติมกากน้ำตาลลงไปจึงทำให้ปริมาณของกรดอะซีติคต่ำกว่ามาตรฐาน

กรดบิวทีริค (Butyric acid) หญ้าเนเปียร์สีม่วงหมักร่วมกับกระถินและกากน้ำตาล มีกรดบิวทีริคเท่ากับ 0.47 ซึ่งน้อยกว่าหญ้าเนเปียร์ปากช่อง1หมักร่วมกับกระถินและกากน้ำตาลที่มีค่ากรดบิวทีริคเท่ากับ 0.93 แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) การทดลองครั้งนี้พืชหมักทั้งสองทรีตเมนต์ มีปริมาณกรดบิวทีริคสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานทางเคมีของพืชหมัก กล่าวคือ พืชหมักทั้งสองทรีตเมนต์มีปริมาณกรดบิวทีริคมากกว่า 0.1 เปอร์เซ็นต์ อาจเนื่องมาจากการใช้พืชวงศ์ถั่วมาหมัก ดังที่สายัณห์ [10] กล่าวว่า พืชวงศ์ถั่วไม่เหมาะที่จะใช้ทำหญ้าหมัก เนื่องจากผลของการหมักเปรี้ยวมักจะได้กรดบิวทีริคซึ่งเราไม่ต้องการ
3.คุณภาพของพืชหมัก เมื่อพิจารณาคุณภาพของหญ้าเนเปียร์สีม่วงหมักร่วมกับกระถินและกากน้ำตาล และหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หมักร่วมกับกระถินและกากน้ำตาล โดยใช้เกณฑ์การประเมินจากปริมาณกรดแลคติค กรดอะซีติค และกรดบิวทีริค [8] ปรากฏว่าหญ้าเนเปียร์สีม่วงหมักร่วมกับกระถินและกากน้ำตาล จัดอยู่ในเกณฑ์พืชหมักคุณภาพปานกลาง ส่วนหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หมักร่วมกับกระถินและกากน้ำตาล จัดอยู่ในพืชเกณฑ์หมักคุณภาพพอใช้

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของหญ้าเนเปียร์ทั้ง 2 สายพันธุ์ หมักร่วมกับกระถินและกากน้ำตาล
หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

พืชหมัก	pH	วัตถุแห้ง %	% วัตถุแห้ง			
			โปรตีนหยาบ	กรดแลคติค	กรดอะซีติค	กรดบิวทีริค
หญ้าเนเปียร์สีม่วง+กระถิน+กากน้ำตาล	4.39[a]	22.01[a]	12.40[a]	1.40[a]	0.20[a]	0.47[a]
หญ้าเนเปียร์ปากช่อง1+กระถิน+กากน้ำตาล	4.08[b]	20.73[a]	11.80[a]	2.02[b]	0.37[a]	0.93[a]

สรุป

หญ้าเนเปียร์สีม่วงเหมาะที่จะนำมาหมักร่วมกับกระถินและกากน้ำตาล เมื่อพิจารณาจาก ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) และกรดอินทรีย์ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการทำพืชหมักคุณภาพดี

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณองค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย สำหรับการอนุเคราะห์หญ้าเนเปียร์สับและศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์นครราชสีมา สำหรับการตรวจวิเคราะห์คุณภาพพืชหมัก

เอกสารอ้างอิง

1. กรมปศุสัตว์. หญ้าหมัก [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 2561 ธันวาคม 26]. เข้าถึงได้จาก http://secretary.dld.go.th/index.php/informationdld/article-dld/2626-6-2560
2. ไกรลาศ เขียวทอง. การปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 .ศูนย์วิจัยและพัฒนาอสหารสัตว์นครราชสีมา,นครราชสีมา. (สำเนาอัด). ม.ป.ป.

3. กรมปศุสัตว์. การปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 2561 ธันวาคม 26]. เข้าถึงได้จาก http://secretary.dld.go.th/index.php/informationdld/article-dld/2625-1-5-2560
4. มาเหยด เถาวัลย์. ผลของการใช้หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หมัก ในสูตรอาหารผสมเสร็จต่อสมรรถภาพการผลิตของแพะและการยอมรับของกลุ่มเกษตรกรรายย่อย. วารสารวิทยบริการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 2559, 27(1), 116-122.
5. ปราโมทย์ แพงคา และศิวพร แพงคา. การใช้ประโยชน์วัตถุดิบอาหารสัตว์ในท้องถิ่นและผลพลอยได้จากมันสาปะหลังเพื่อเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง.นครราชสีมา: โรงพิมพ์เลิศศิลป์ (1994); 2560
6. กรมปศุสัตว์. กระถินใช้สำหรับเป็นพืชอาหารสัตว์ [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 2561 ธันวาคม 10]. เข้าถึงได้จาก http://nutrition.dld.go.th/Nutrition_Knowlage/ARTICLE/Pro12.htm
7. กรมปศุสัตว์. การทดสอบการใช้ใบกระถินสดและกากน้ำตาลในการทำหญ้าเนเปียร์หมัก. ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เพชรบุรี,เพชรบุรี. (สำเนาอัด). ม.ป.ป.
8. กรมปศุสัตว์. มาตรฐานพืชอาหารสัตว์หมัก. กองอาหารสัตว์.กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย; 2547
9. บุญล้อม ชีวะอิสระกุล และ บุญเสริม ชีวอิสระกุล. คู่มือการวิเคราะห์อาหารสัตว์. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่; 2525.
10. สายัณห์ ทัดศรี. พืชอาหารสัตว์เขตร้อน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2547.
11. แพรวพรรณ เครือมังกร, เกียรติศักดิ์ กล่ำเอม, สัมพันธ์ มาศโอสถ. การเพิ่มคุณภาพของหญ้าแพงโกล่าหมักโดยใช้สารเสริมชนิดต่างๆ. รายงานผลงานวิจัยกองอาหารสัตว์ ประจำปี พ.ศ. 2549 กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกณ์. หน้า 121-137.

[AS-P38] ความเป็นไปได้ทางกายภาพของการทำเกษตรกรรมในเมืองบนพื้นที่อาคารสูง

Physical Feasibility of Urban Agriculture in High-Rise Building

ไตรภพ บุญธรรม* และ วีระยุทธ นาคทิพย์
Tripob Boontham* and Weerayut Naktip
หลักสูตร/ภาควิชา เทคโนโลยีภูมิทัศน์ คณะ เทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: tripob_b@rmutt.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ทางกายภาพของการทำเกษตรกรรมในเมืองบนพื้นที่อาคารสูง โดยทำการศึกษารูปแบบการปลูกพืชแบบไร้ดินบนอาคารและข้อกำหนดทางกายภาพและสภาพแวดล้อมที่จำเป็นต้องมีบนพื้นที่อาคาร รวมถึงเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจการปลูกพืชบนอาคารสูงและบนดินแบบเดิม จากผลการศึกษาพบว่า รูปแบบที่เหมาะสมในการปลูกพืชบนอาคารคือ การปลูกด้วยระบบ NFT (Nutrient Film Technique) ซึ่งสามารถช่วยลดปัญหาความร้อนที่เกิดขึ้นจากฟาร์มบนพื้นดินธรรมชาติได้ ส่วนข้อกำหนดทางกายภาพและสภาพแวดล้อมที่จำเป็นต้องมีบนพื้นที่อาคารสูง พบว่าประกอบด้วยวัสดุต้องไม่ติดไฟ ระบบโครงสร้างของอาคารต้องสามารถรับน้ำหนักของชุดเพาะปลูกได้และมีระบบสาธารณูปโภคพื้นฐานที่เหมาะสมต่อการเข้าถึงและการใช้งาน ความคุ้มค่าต่อการลงทุนในพื้นที่กรณีศึกษาขนาด 190 ตารางเมตร พบว่าการปลูกสลัดบนพื้นที่อาคารได้ประสิทธิภาพสูงกว่าการปลูกพืชบนดิน 15 เท่า เนื่องจากการซ้อนทับของชั้นปลูกที่สามารถรองรับการทำงานของชั้นปลูกได้ และสามารถควบคุมอุณหภูมิได้เหมาะสมมากกว่าระบบบนดิน

คำสำคัญ: *การปลูกด้วยระบบ NFT, เกษตรกรรมในเมือง, อาคารสูง*

Abstract

The aim of this research was to physical feasibility study of urban agriculture in high-rise building. Patterns of farm buildings, physical and environmental requirements that are required on the building, and economic value comparison of vertical farming and traditional cropping systems were investigated. Results revealed that the most suitable system of planting in the building is NFT (Nutrient Film Technique), which can reduce the heat generated by traditional cropping systems. Physical and environmental requirements consist of non-combustible materials. The structure of the building system must be able to support the weight of hydroponic system. The utility system is suitable for access and usage. Value for investment in the area of 190 square meters was found to be 15 times more effective than planting on the ground because of the overlap of the growing layer and the ability of the growing layer.

Keywords: *Nutrient Film Technique, urban agriculture, high-rise building*

บทนำ

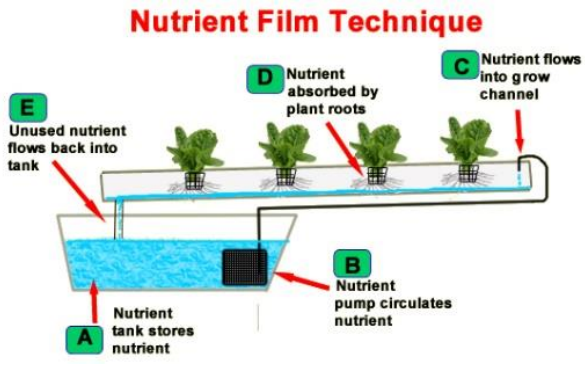
การทำเกษตรกรรมในเมือง (Urban Agriculture) คือ กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการปลูกหรือการดูแลพืช การเลี้ยงสัตว์ รวมทั้งกระบวนการหมุนเวียนการใช้ทรัพยากรต่างๆ ในห่วงโซ่อาหาร ระบบการกระจายผลผลิตที่เป็นอาหารและการกระจายอำนาจในระบบอาหาร ซึ่งการทำเกษตรกรรมในเมืองมีหน้าที่ในการผลิตเพื่อใช้ประโยชน์ต่างๆ เช่น การผลิตอาหาร เครื่องนุ่งห่ม ยารักษาโรค หากพิจารณาเทียบกับการผลิตอาหารจากพื้นที่เกษตรกรรมในชนบท พบว่าการทำเกษตรกรรมในเมืองมีข้อได้เปรียบอยู่หลายประการ โดยเฉพาะประเด็นที่ตั้งของพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ในเมือง ส่งผลทำให้ระยะทางและระยะเวลาระหว่างพื้นที่ผลิต

อาหารกับผู้บริโภคสั้นลง ซึ่งส่งผลทำให้ผลผลิตที่บริโภคของคนเมืองมีความสดใหม่มากกว่าผลผลิตที่ได้มาจากพื้นที่ชนบท[1] รวมถึงการจับจ่ายซื้อผลผลิตจากเกษตรในเมืองยังเป็นการช่วยส่งเสริมเศรษฐกิจของคนในชุมชนเมือง[2] และช่วยให้กระแสเงินหมุนเวียนอยู่ภายในชุมชน โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลผลิตจากเกษตรกรรมในเมืองนั้นมีศักยภาพและสามารถพัฒนาเพื่อเพิ่มมูลค่าให้สูงขึ้น (Higher-value Product) และสามารถตอบสนองลักษณะความต้องการเฉพาะของตลาดคนเมืองได้อีกด้วย[3] นอกจากนี้การทำเกษตรกรรมในเมืองยังสามารถช่วยลดปัญหาทางด้านสภาวะแวดล้อมของเมืองในด้านต่างๆ เช่น มลภาวะและภัยพิบัติต่างๆ อีกทั้งขยะอินทรีย์ที่เป็นมลภาวะของเมืองนั้นสามารถนำมาทำเป็นปุ๋ยหมักเพื่อใช้ในการทำเกษตรกรรมในเมืองได้ ซึ่งส่งผลทำให้ช่วยลดปริมาณขยะโดยรวม[4] จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นนั้นได้ส่งผลทำให้การทำเกษตรกรรมในเมืองได้รับความสนใจและเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางอย่างมากในต่างประเทศ เช่น นิวยอร์ค ลอนดอน เป็นต้น โดยชาวเมืองในพื้นที่บริเวณนั้นต่างออกมาทำกิจกรรมปลูกผัก เลี้ยงสัตว์บนพื้นที่ว่างขนาดไม่ใหญ่มากนัก หรือตามพื้นที่ว่างที่หาได้ในเมือง เช่น พื้นที่ว่างข้างบ้าน ที่ดินรกร้าง หรือบนดาดฟ้าอาคาร โดยพื้นที่อาคารในเมืองส่วนมากจะมีพื้นที่บนอาคารเหลือและพื้นที่ส่วนต่างๆ ที่ว่างเปล่าไม่ได้ใช้งานให้เกิดประโยชน์สูงสุด จึงเกิดเป็นโครงการวิจัยชิ้นนี้ขึ้นมาเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ที่จะนำรูปแบบที่เหมาะสมของการปลูกพืชหรือเกษตรกรรมมาใช้ในเมืองเพื่อก่อให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยชิ้นนี้เพื่อศึกษาศึกษาระบบการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ระบบ NFT และศึกษาความเป็นไปได้ทางกายภาพของการทำเกษตรกรรมในเมืองบนพื้นที่อาคารสูง

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ทางกายภาพของการทำเกษตรกรรมในเมืองบนพื้นที่อาคารสูง โดยประกอบด้วยขั้นตอนในการวิจัยดังต่อไปนี้ คือ

1. ศึกษาระบบการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ในระบบ NFT โดยระบบนี้ คือ การปลูกพืชโดยรากแช่อยู่ในสารละลายโดยตรง โดยสารละลายธาตุอาหารจะไหลเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ (หนา 2 มม.) ในรางปลูกพืชกว้าง 10 ซม. สูงประมาณ 5 ซม. ความกว้างรางขึ้นอยู่กับชนิดพืชที่ปลูก ความยาวของราง ตั้งแต่ 15 เมตร การไหลของสารละลายอาจเป็นแบบต่อเนื่องหรือแบบสลับก็ได้ โดยทั่วไปสารละลายจะไหลแบบต่อเนื่อง อัตราไหลอยู่ในช่วง 1 ลิตร/ นาที/ ราง รางทำจากแผ่นพลาสติกสองหน้าขาวและดำหนา 80 ไมครอน ขึ้นรูปเป็นรางสำเร็จรูป, ทำจากโลหะ เช่น สังกะสี หรือ อะลูมิเนียม และภายในบุด้วยพลาสติกเพื่อป้องกันการกัดกร่อนของสารละลาย โดยจะมีปั๊มดูดสารละลายให้ไหลผ่านรางและรากพืชและเวียนกลับ[5] เพื่อหาข้อดีและข้อเสียของการปลูกผักสลัดไฮโดรโปนิกส์และนำมาปรับใช้กับอาคารในเมือง โดยควบคุมปัจจัยต่างๆ ทั้งทางด้านกายภาพตามขอบเขตงานวิจัย โดยเก็บข้อมูลระบบต่างๆ เช่น ระบบไฟฟ้า ระบบน้ำดีน้ำเสีย การระบายอากาศ เป็นต้น เพื่อใช้สำหรับการออกแบบงานระบบต่างๆ เช่น รูปทรง ลักษณะของโต๊ะปลูก วัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ถังสารละลาย โต๊ะเพาะปลูก พร้อมทั้งเป็นแนวทางการออกแบบโครงสร้างและความเหมาะสมของขนาดพื้นที่ภายในอาคารและเก็บข้อมูลงบประมาณในการลงทุนด้านต่างๆ เช่น ระบบปลูก โครงสร้างต่างๆ และการดำเนินการ เพื่อใช้ในการประเมินความคุ้มทุนต่อพื้นที่ของโครงการ



ภาพที่ 1 แสดงการปลูกพืชระบบ NFT

2. ศึกษานวัตกรรมการปลูกพืชภายในอาคารและสำรวจความต้องการของตลาด และความเป็นไปได้ที่จะนำรูปแบบที่เหมาะสมของการปลูกพืชหรือเกษตรกรรมมาใช้ในเมือง โดยอยู่ภายใต้ข้อกำหนดทางกายภาพและสภาพแวดล้อมพร้อมหาความคุ้มค่าจากการคำนวณค่าใช้จ่ายในการลงทุนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ เพื่อก่อให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการสำรวจฟาร์มปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ในประเทศไทย คือ ศูนย์การเรียนรู้การปลูกพืชระบบไร้ดิน คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี พบว่ามีพื้นที่ทั้งหมด 200 ตร.ม. และอาคารเพาะปลูกเป็นแบบ EVEP (Evaporative Cooling) จำนวน 6 อาคาร เพื่อควบคุมอุณหภูมิและมีการปลูกพืชระบบ NFT (Nutrient Film Technique) โดยระยะเวลาในการปลูก คือ 42 วัน ปริมาณผลผลิตที่ได้คือ 1,600 ต้นต่อสัปดาห์ และราคาขายคือ 100–120 บาทต่อกิโลกรัม ส่วนปริมาณผลผลิตทั้งหมดขึ้นอยู่กับฤดูกาล เช่น 1 โต๊ะปลูกจะมีผักทั้งหมด 400 ต้น ซึ่งช่วงฤดูหนาวจะได้ผลผลิตน้ำหนัก 80 กก. ต่อโต๊ะ แต่ในช่วงฤดูร้อนจะได้ผลผลิตลดลงเหลือเพียง 40–50 กิโลกรัมต่อโต๊ะ โดยพบว่าข้อเสียของการปลูกผักสลัดไฮโดรโปรนิกส์ระบบ NFT ส่วนใหญ่ คือ ความร้อน ซึ่งมีผลทำให้ผลผลิตลดลงถึง 40–50 %

ผลการศึกษาตัวอย่างนวัตกรรมและเทคโนโลยีการปลูกพืชในอาคารจากต่างประเทศ พบว่าการปลูกพืชในอาคารเป็นแบบการใช้แสงประดิษฐ์ (LED) ซึ่งใช้เพียงแสงสีแดงและสีน้ำเงินเท่านั้น โดยโครงการตัวอย่างคือ Plant Lab ณ ประเทศเนเธอร์แลนด์[6]

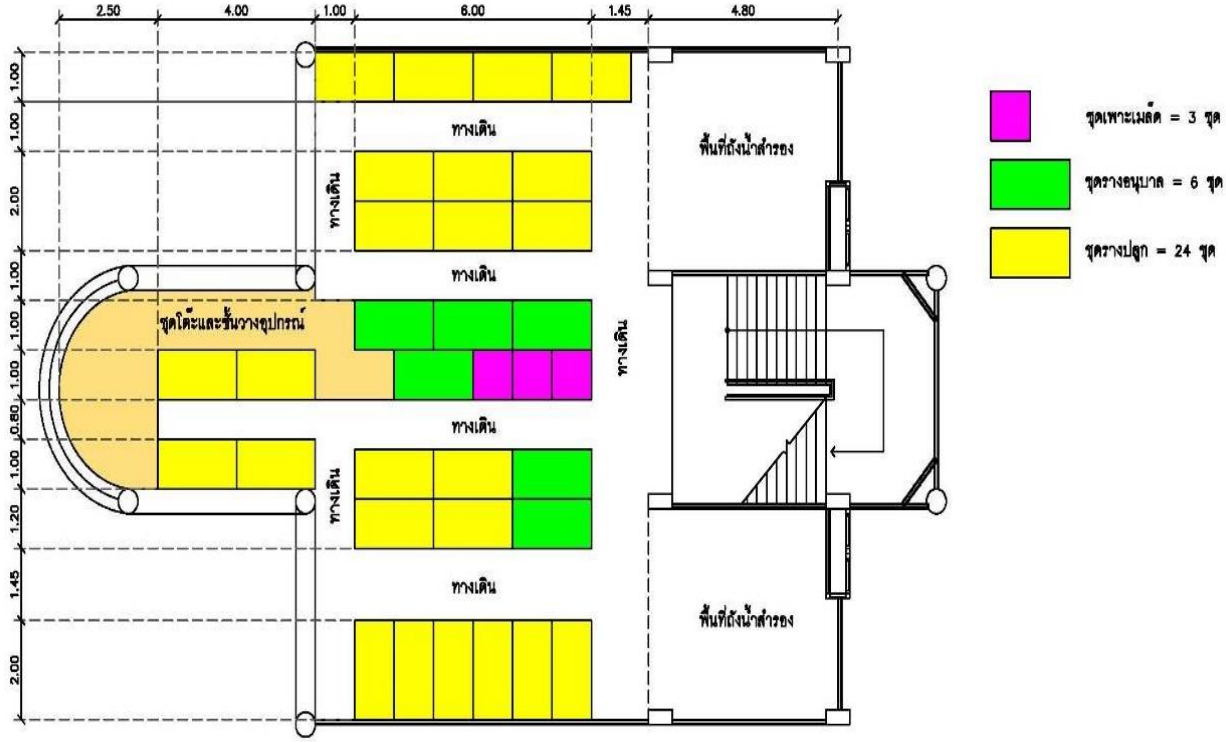
ผลการสำรวจความต้องการของตลาดและกลุ่มตลาดเป้าหมายโดยการสังเกตและแบบสอบถามจำนวน 100 ชุด พบว่ากลุ่มลูกค้าเป้าหมายและช่องทางการกระจายสินค้ามี 3 ช่องทาง และปริมาณความต้องการผักสลัดขั้นต่ำต่อสัปดาห์มีดังนี้ คือ 1. กลุ่มร้านอาหาร โดยแบ่งเป็น ร้านอาหารขนาด 5–20 โต๊ะ มีความต้องการขั้นต่ำ 60 กก.ต่อสัปดาห์, ร้านอาหารขนาด 20 โต๊ะขึ้นไปมีความต้องการขั้นต่ำ 140 กก.ต่อสัปดาห์, ร้านกาแฟ (ขายอาหารว่าง) มีความต้องการขั้นต่ำ 30 กก.ต่อสัปดาห์ 2.กลุ่มซุปเปอร์มาเก็ต หรือ ร้านสะดวกซื้อ 3.กลุ่มผู้บริโภค ส่วนราคาตลาดรวมทั้งปีมีราคา 100 บาทต่อกก. ซึ่งเหตุผลที่ใช้ราคาเดียวกันตลอดทั้งปี เนื่องจากระบบฟาร์มปิดภายในอาคารไม่มีปัจจัยเรื่องของฤดูกาลและอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้องจึงทำให้ได้ผลผลิตเท่ากันตลอดทั้งปี

ผลการศึกษาและวิเคราะห์เพื่อกำหนดลักษณะทางกายภาพและสภาพแวดล้อม พบว่าระบบสาธารณูปโภค เช่น ระบบไฟฟ้า ระบบดับเพลิง ระบบประปา ต้องมีความเหมาะสมต่อการใช้งาน สามารถเข้าถึงและใช้งานได้สะดวก ส่วนของรูปแบบสถาปัตยกรรมและการใช้งานของอาคาร เช่น วัสดุพื้นและผนัง ควรมีความเหมาะสมต่อการติดตั้งของชุดปลูก เช่น ไม่ติดไฟ ไม่ลื่น และลักษณะอาคารต้องมีช่องเปิดด้านข้างเพื่อสามารถให้แสงส่องเข้ามาในพื้นที่เพาะปลูกได้ ส่วนสภาพแวดล้อมภายในอาคาร ควรมีความเหมาะสมต่อการทำเกษตรกรรมในเมืองและควรมีคุณสมบัติดังนี้ คือ อุณหภูมิไม่ควรเกิน 25 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 60–70 %

ผลการค้นหาอาคารสูงที่มีพื้นที่เหลือเพื่อรองรับชุดปลูก คือ อาคารเรียนรวมเฉลิมพระเกียรติภายในพื้นที่ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ศูนย์รังสิต โดยเป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 4 ชั้นและชั้นดาดฟ้า ซึ่งแต่ละชั้นประกอบด้วยดังนี้ ชั้นที่ 1 เป็นห้องสมุด ห้องเรียนรวมและห้องปฏิบัติการ ชั้นที่ 2 เป็นห้องปฏิบัติการ ชั้นที่ 3 เป็นห้องปฏิบัติการและห้องพักอาจารย์ ชั้นที่ 4 เป็นห้องเรียนรวม และชั้นดาดฟ้าเป็นพื้นที่ว่างเปล่า ดังแสดงในภาพที่ 2 ส่วนการจัดผังชุดปลูกและการวางแผนการปลูกจะมีการกำหนดอัตราส่วนระหว่างชุดปลูกไว้ดังต่อไปนี้ คือ ชุดเพาะเมล็ด: ชุดรางอนุบาล: ชุดรางปลูก = 1:2:8 เพื่อต้องการให้ได้ผลผลิตที่สมบูรณ์ที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 3 โดยลักษณะการจัดวางพื้นที่ตามรูปแบบดังกล่าวจะได้ผลผลิต ดังแสดงในตารางที่ 1 ส่วนประสิทธิภาพในการใช้พื้นที่จะเห็นได้ว่าผลผลิตที่ได้ต่อพื้นที่สูงสุด คือ 5.51 กก. ต่อตร.ม. ต่อสัปดาห์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปัจจัยที่มีผลต่อการผลิต คือ รูปร่างของพื้นที่ เช่น พื้นที่ที่มีเหลี่ยม หรือพื้นที่ที่มีส่วนโค้งและอุปสรรคในพื้นที่ เช่น ตำแหน่งเสา ระดับพื้น ดังแสดงในตารางที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงที่ตั้งและลักษณะกายภาพของอาคารเรียนรวมเฉลิมพระเกียรติ



ภาพที่ 3 แสดงการจัดวางผังปลูก

ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดการการวางผังปลูกบนพื้นที่ชั้นดาดฟ้าอาคารเรียนรวมเฉลิมพระเกียรติ

รายละเอียด	เพาะเมล็ด	รางอนุบาล	รางปลูก
ขนาด กว้าง x ยาว x สูง (ม.)	1.0x1.0x2.0	1.0x2.0x2.0	1.0x2.0x2.0
พื้นที่ชุดปลูก (ตร.ม.)	1.00	2.00	2.00
ปริมาณผักต่อชุด (ต้น)	2,000	1,000	250
มาตรฐาน 1,000 ต้นต่อสัปดาห์			
ปริมาณชุด (ชุด)	1	2	8
พื้นที่ (ตร.ม.)	1.00	4.00	16.00
พื้นที่ชุดปลูกรวม		21 ตร.ม.	
ผลผลิต 4,000 ต้นต่อสัปดาห์	พื้นที่ชั้นดาดฟ้า ขนาด 145 ตร.ม. (ไม่รวมพื้นที่ถังน้ำสำรอง)		
ปริมาณชุด (ชุด)	3	6	24
พื้นที่ (ตร.ม.)	3.00	12.00	48.00
พื้นที่ชุดปลูกรวม		63 ตร.ม.	
พื้นที่ทางเดิน		62 ตร.ม.	
พื้นที่ทำงานอื่นๆ		20 ตร.ม.	

ตารางที่ 2 แสดงประสิทธิภาพการใช้พื้นที่ของพื้นที่

พื้นที่ (ตร.ม.)	ชุดปลูก			ปริมาณผลผลิต		ผลผลิตต่อพื้นที่ (กก./ตร.ม.)
	เพาะเมล็ด (ชุด)	รางอนุบาล (ชุด)	รางปลูก (ชุด)	ต้นต่อสัปดาห์	กก. ต่อสัปดาห์	
145	3	6	24	4,000	800	5.51

ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ คือ 1.ลักษณะของสินค้า คือ ผักสลัด 2.กลุ่มตลาดเป้าหมายคือร้านอาหาร ร้านค้าศูนย์ปฏิบัติการเกษตรเพื่อสุขภาพ (COE) คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ศูนย์รังสิต 3.ระยะเวลาในการลงทุน คือ 15 ปี โดยตั้งราคาขาย 100 บาทต่อกก. โดยผลสรุปค่าใช้จ่ายในการลงทุนซึ่งประกอบไปด้วยค่าใช้จ่ายต่างๆ ดังต่อไปนี้ คือ ค่าใช้จ่ายในการลงทุนชุดปลูก คือ 1,840,400 บาท ดังแสดงในตารางที่ 3 ส่วนค่าใช้จ่ายในงานระบบ คือ 92,230 บาท ดังแสดงในตารางที่ 4 ส่วนค่าใช้จ่ายผันแปรต่อปี คือ 1,051,565 บาทต่อปี ดังแสดงในตารางที่ 5 ส่วนค่าใช้จ่ายในการดำเนินการต่างๆ เช่น ค่าเช่าพื้นที่, ค่าบุคลากร, ค่าไฟฟ้า, ค่าน้ำประปา คือ 1,489,080 บาทต่อปี ดังแสดงในตารางที่ 6 โดยเมื่อนำมาคิดความคุ้มค่าในการลงทุน พบว่าได้ประสิทธิภาพมากกว่าถึง 15 เท่าของการทำฟาร์มบนดินตามธรรมชาติ[7] ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด Vertical Farm[8] และ Indoor Hydroponic Farm[9] ซึ่งสาเหตที่เป็นดังนี้เพราะเกิดจากการออกแบบการซ้อนชั้นตามแนว Vertical Farm และลักษณะการจัดวางพื้นที่ในการปลูกพืชบนพื้นที่อาคาร

ตารางที่ 3 แสดงสรุปค่าใช้จ่ายในการลงทุนชุดปลูก

กว้าง x ยาว x สูง	เพาะเมล็ด 1.00x1.00x2.00	รางอนุบาล 1.00x2.00x2.00	รางปลูก 1.00x2.00x2.00
โครงสร้างชั้นปลูก	2,500	3,500	3,500
รางปลูก/ กระบะปลูก	6,200	12,500	6,250
ระบบแสงสว่าง	18,400	23,600	23,600
ระบบพ่นน้ำ	1,800		
ชุดปล่อยและรับสายละลาย		4,160	4,160
รวมค่าของต่อชุด (บาท)	28,900	43,760	37,510
ค่าแรงประกอบและติดตั้ง	2,900	4,400	3,800
รวมต่อชุด (บาท)	31,800	48,160	41,310
พื้นที่กรณีศึกษา ขนาด 145 ตร.ม.			
จำนวน (ชุด)	4	8	32
ค่าใช้จ่ายชุดปลูกรวม (บาท)	127,200	385,280	1,321,920
		1,840,400	
ค่าเสื่อมต่อปี (บาท)		122,293,33	

ตารางที่ 4 แสดงสรุปค่าใช้จ่ายงานระบบ

รายการ	หน่วย	จำนวน
ถังโพลิเมอร์เก็บสารละลาย	ปริมาณ (ถัง)	5
ขนาด 100 ลิตร ราคา 4,400 บาทต่อถัง	มูลค่า (บาท)	22,000
ปั๊มสารละลาย ขนาด 250 w.	ปริมาณ (ตัว)	5
ราคา 5,400 บาทต่อตัว	มูลค่า (บาท)	27,000
ระบบท่อ (LS)	มูลค่า (บาท)	3,000
ชุดอุปกรณ์การปลูก	ปริมาณ (ชุด)	2
ราคา 1,000 บาทต่อชุด	มูลค่า (บาท)	2,000
ชุดอุปกรณ์ตรวจวัด	ปริมาณ (ชุด)	2
ราคา 5,900 บาทต่อชุด	มูลค่า (บาท)	10,180
พัดลมระบายอากาศ	ปริมาณ (ชุด)	3
ราคา 9,350 บาทต่อชุด	มูลค่า (บาท)	28,050
รวมค่าใช้จ่ายงานระบบ		92,230
ค่าเสื่อมต่อปี (คิดค่าเสื่อม 5 ปี)		18,446

ตารางที่ 5 แสดงสรุปค่าใช้จ่ายผันแปร

รายการ	หน่วย	ราคาต่อหน่วย	พื้นที่กรณีศึกษา	
			ปริมาณ	ราคา
เมล็ดพันธุ์แบบเคลือบ	เมล็ด	2.00	4,000	8,000.00
ถ้วยปลูก	ถ้วย	1.00	4,000	4,000.00
เฟอร์ไลน์	กก.	100.00	14	1,400.00
สารละลายธาตุอาหาร A และ B	ลิตร	100.00	67	6,700.00
pH drop test	cc.	3.00	7	21.00
pH down	cc.	1.00	46	46.00
รวมต่อสัปดาห์ (บาท)			20,167.00	
รวมต่อปี (บาท) (ต่อสัปดาห์/ 7x365)			1,051,565.00	

ตารางที่ 6 แสดงสรุปค่าใช้จ่ายในการดำเนินการประจำปี

หน่วย	ค่าเช่าพื้นที่ (ตร.ม.)	ค่าบุคลากร (คนต่อเดือน)	ค่าไฟฟ้า	ค่าน้ำประปา
ราคาต่อหน่วย	620.00	15,000.00	8.00	10.00
ปริมาณ	132	2	1,500	25
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ	81,840.00	30,000.00	12,000.00	250
ต่อเดือน (บาท)			124,090.00	
ต่อปี (บาท)			1,489,080.00	

สรุป

การศึกษางานวิจัยชิ้นนี้พบว่า มีความเป็นไปได้ทางกายภาพของการทำเกษตรกรรมในเมืองบนพื้นที่อาคารสูง เนื่องจากพบว่ารูปแบบที่เหมาะสมในการปลูกพืชบนอาคาร คือ การปลูกด้วยระบบ NFT (Nutrient Film Technique) ซึ่งสามารถช่วยลดความร้อนที่เกิดขึ้นจากฟาร์มบนดินธรรมชาติได้ เนื่องจากการปลูกภายในอาคารจะมีอุณหภูมิที่ไม่เกิน 25 องศาเซลเซียส ส่วนข้อกำหนดทางกายภาพและสภาพแวดล้อมที่จำเป็นต้องมีบนพื้นที่อาคาร พบว่าควรเป็นวัสดุที่ไม่ติดไฟ ระบบโครงสร้างของอาคารต้องสามารถรับน้ำหนักของชุดเพาะปลูกได้และมีระบบสาธารณูปโภคพื้นฐานที่เหมาะสมต่อการเข้าถึงและการใช้งาน ส่วนปริมาณผลผลิตที่ได้จากการปลูกพืชบนพื้นที่อาคารในพื้นที่กรณีศึกษา 190 ตารางเมตร พบว่าได้ประสิทธิภาพมากกว่าถึง 15 เท่าของการทำฟาร์มบนดินตามธรรมชาติ เนื่องจากการซ้อนทับของชั้นปลูกและสามารถรองรับการทำงานของชั้นปลูกได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ศึกษาขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ได้ให้ทุนในการทำวิจัยและนำเสนอผลงานในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. อัมพวา คำวงษา. แนวทางการผลิตและลงทุนผังไฮโดรโปนิกส์เพื่อทำเงิน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์นาคา; 2553.
2. Foeken, D.W.J. and Owuor, S.O. Farming as a livelihood source for the urban poor in Nakuru Kenya Geoforum. 39, pp. 1978-1990; 2008.

3. Ginsburg, N., Koppel, B., and McGee, T.G. The Extended Metropolis: Settlement Transition in Asia. Honolulu: University of Hawaii Press; 1991.
4. Hara, Y., Hiramatsu, A., Honda, R., Sekiyama, M. and Matsuda, H. (2010). Mixed Land-use Planning on the Periphery of Large Asian Cities: The Case of Nonthaburi Province Thailand. Sustainability Sciences. pp. 237-248; 2010.
5. ศุภกิจ ปานเกตุ. การประยุกต์ใช้การปลูกไร้ดินระบบรากแขวนในแนวตั้งเพื่องานสถาปัตยกรรม. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต (นวัตกรรมอาคาร) คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2556
6. C. Jefferson [Internet]. Idea: A Gym Membership that Charges You for Not Exercising, Good Worldwide, 2016 [update 2017 July 12]. Available from: http://www.good.is/post/idea-a-gym-membership-that-charges you-for-not-exercising
7. Lovell, S.T. Multifunctional Urban Agriculture for Sustainable Land Use Planning in the United States. Sustainability. 2, pp.2499-2522; 2010
8. Despommier, D. and E. Ellingsen [Internet]. The Vertical Farm: The sky-scraper as vechicle for a sustainable urban agricultural. 2008 [update 2011 July 20]. Available from http://www.verticalfarm.com
9. Giradet, H. Urban Agriculture and Sustainable Urban Development. Massachusetts: Architectural Publisshing; 2005.

[AS-P39] สมบัติของไบโอชาร์ และการใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินเพื่อเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลัง ในตำบลเพนียดอำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี

Biochar Properties and Used as a Soil Amendment for Productivity Improvement of Cassava at Tambon Phaniat, Amphoe Khok Samrong, Changwat Lopburi

รัตถชล อ่างมณี*, จงกลดา พลายดี, ณัฐธยาน์ บุญส่ง, และ ปพิชญา ประกายแก้ว
Rattachon Angmanee*, Jongkolda plaidee, Nattaya Boonsong and Paphitchaya Prakaikaew
หลักสูตรการจัดการภัยพิบัติและบรรเทาสาธารณภัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: rattachon@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติของไบโอชาร์ และการใช้วัสดุปรับปรุงดินเพื่อเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลัง ไบโอชาร์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ผลิตจากวัสดุเศษเหลือใช้ในไร่มันสำปะหลังด้วยวิธีก๊าซซิฟิเคชั่นและไพโรไลซิส การออกแบบแปลงทดลองในการวิจัยใช้วิธีสุ่มบล็อกสมบูรณ์โดยผสมไบโอชาร์ในอัตราส่วน 8 ตันต่อเฮคตาร์ จำนวน 4 แปลง (B8N1,B8N2,B8N3, และ B8N4) เพื่อเปรียบเทียบกับแปลงทดลองที่ไม่มีการปรับปรุงดิน 4 แปลง (B0N1,B0N2,B0N3, และ B0N4) ผลการศึกษาพบว่าไบโอชาร์มีลักษณะพื้นผิวที่มีความพรุนสูง มีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ 88.66 m^2/g มีขนาดช่องว่างเฉลี่ย 27.03 อังสตรอม ผลรวมทั้งหมดของช่องว่าง 6.89×10^{-2} ml/g ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของไบโอชาร์พบว่ามีความเป็นกรดด่าง 7.55 ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก 55.08 cmol/kg มีปริมาณโซเดียมทั้งหมด 409 mg/kg ปริมาณโปแทสเซียมทั้งหมด 20,589 mg/kg ปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมด 1,902 mg/kg และ ปริมาณแคลเซียมทั้งหมด 503 mg/kg ปริมาณฟอสฟอรัสนำไปใช้ได้ 692 mg/kg มีปริมาณคาร์บอนเป็นส่วนประกอบ 54.66 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไนโตรเจน 1.33 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณซัลเฟอร์ 0.094 เปอร์เซ็นต์ และ มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน 41.2 ผลการทดลองใช้ไบโอชาร์ปรับปรุงดินเพื่อเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังพบว่า ไบโอชาร์สามารถเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลังได้ ผลผลิตเฉลี่ยของมันสำปะหลังของแปลงทดลองจำนวน 4 แปลงที่ปรับปรุงดินด้วยไบโอชาร์ในอัตราส่วน 8 ตัน/เฮคตาร์ ให้ผลผลิตเฉลี่ยที่ 59 กิโลกรัมซึ่งมากกว่าค่าเฉลี่ยจากแปลงทดลองที่ไม่มีการปรับปรุงดินด้วยไบโอชาร์ซึ่งให้ผลผลิตเฉลี่ยทั้ง 4 แปลง ปริมาณ44.5กิโลกรัมผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่าน้ำหนักผลผลิตระหว่างกลุ่มทดลองมีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ0.01

คำสำคัญ: *ไบโอชาร์, วัสดุปรับปรุงดิน, มันสำปะหลัง*

Abstract

The purpose of this research aimed to study the biochar properties and productivity improvement of cassava from biochar. Biochar was prepared from cassava residue in the combination of gasification and pyrolysis techniques. The randomized complete block design (RCBD) was used in experimental design with 2 biochar application rates and with 4 samples including 8 t/h (B8N1, B8N2, B8N3, B8N4) and 0 t/h (B0N1, B0N2, B0N3, B0N4). The analysis of the biochar physical properties revealed that height of specific surface area was 88.66 m^2/g, pore size about 27.03 angstrom and total Pore Volume 6.89×10^{-2} ml/g. The analysis of the biochar chemical properties revealed that 7.55 of pH, 55.08 cmol/kg of CEC, 409 mg/kg of sodium, 20,589 mg/kg of potassium, 1,902 mg/kg of magnesium, 503 mg/kg of calcium, 692 mg/kg of available phosphorus 54.66% of carbon contained, 1.33% of nitrogen, 0.094% of sulfur and 44.5 of C/N ratio. Average yield of 4 plots cassava that improved soil with biochar at the ratio of 8 t/h was 59 kg, which is higher than the average from the soil without biochar improved that average yield of all 4 plots was 44.5 kg. The analysis of variance showed that total yield of cassava expressed the statistical significance ($P<0.01$).

Keywords: *biochar, soil amendment, cassava*

บทนำ

ปัจจุบันโลกกำลังประสบกับวิกฤตการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ความมั่นคงทางด้านอาหาร และความต้องการด้านพลังงาน ซึ่งทั้งหมดเป็นประเด็นที่มีความเกี่ยวข้องอย่างยิ่งกับการจัดการทรัพยากรดิน[1] ในปัจจุบันนักวิจัยหลายประเทศทั่วโลกพบว่าการใช้เทคโนโลยีไพโรไลซิสเพื่อผลิตไบโอชาร์[2] มีความเหมาะสมในการแก้ปัญหาดังกล่าวไปพร้อมๆ กัน ไบโอชาร์ คือวัสดุที่ผลิตจากชีวมวลผ่านกระบวนการไพโรไลซิสหรือกระบวนให้ความร้อนโดยปราศจากออกซิเจน ผลผลิตจากกระบวนการดังกล่าวนี้จะได้วัสดุที่อุดมไปด้วยคาร์บอนและไม่สามารถย่อยสลายตามธรรมชาติโดยง่าย การประยุกต์ใช้ไบโอชาร์เพื่อปรับปรุงดินจึงเป็นหัวข้อที่ได้รับความสนใจอย่างกว้างขวางในแง่ของการนำมาใช้เป็นเครื่องมือเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน[3] รายงานการศึกษามากมายได้รายงานประโยชน์ของไบโอชาร์ในการใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน เพื่อเพิ่มผลผลิตทางด้านเกษตรกรรม[4,7,8,9]. นอกจากนี้ไบโอชาร์ยังได้รับความสนใจในแง่ของความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นเครื่องมือเพื่อจัดการปัญหาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโดยการใช้เป็นเครื่องมือกักเก็บคาร์บอนลงสู่ดิน โดยเฉพาะดินในภาคเกษตรกรรม[5,6] ดังจะเห็นได้จากคุณสมบัติของไบโอชาร์ที่มีความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน ได้แก่ มีพื้นที่ผิวและความพรุนสูง ทำให้สามารถดูดซับน้ำที่เป็นประโยชน์แก่พืช มีค่าการแลกเปลี่ยนประจุบวกที่สูง([10,11]) มีค่าความเป็นกรดด่างที่สูง ทำให้สามารถใช้เป็นวัสดุเพื่อเพิ่มค่าความเป็นกรดด่างของดินได้([12,13,14]) มีค่าความหนาแน่นรวมต่ำ[15]

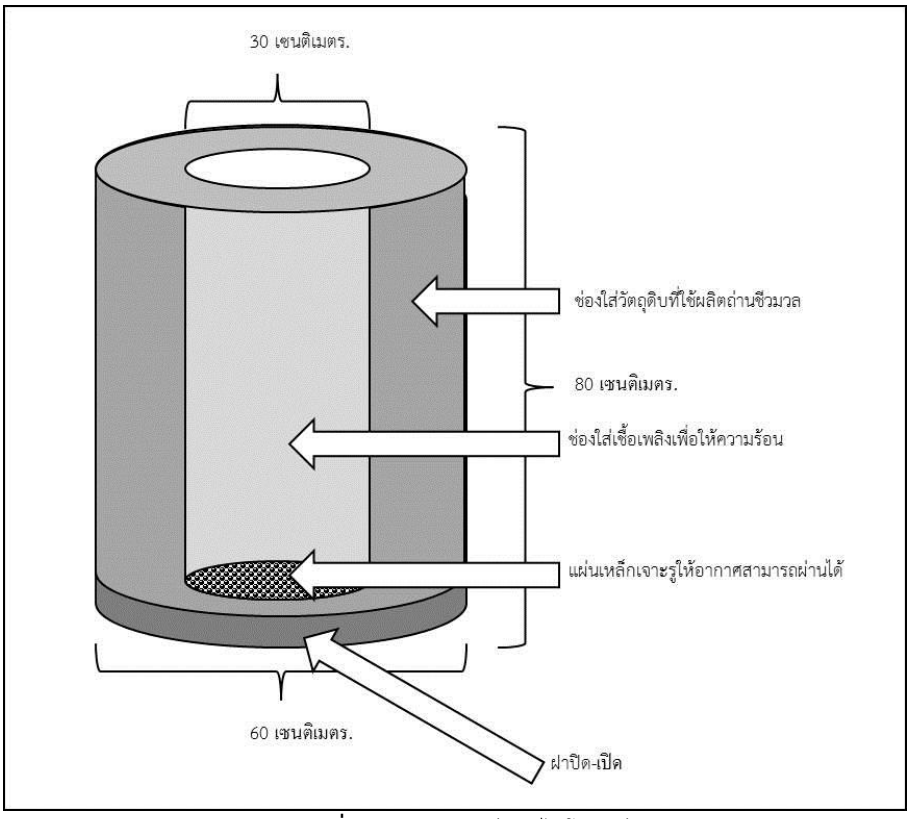
จากคุณสมบัติของไบโอชาร์ในการแก้ปัญหาแบบบูรณาการ ประเทศไทยจึงเป็นประเทศที่มีศักยภาพประเทศหนึ่ง เนื่องจากมีผลผลิตทางการเกษตรหลายชนิด เช่น ข้าว มันสำปะหลัง ยางพารา ปาล์ม และข้าวโพด โดยงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกมันสำปะหลังมาผลิตเป็นไบโอชาร์ เนื่องจากเศษมันสำปะหลังนี้แต่เดิมบางส่วนของเศษเหลือทิ้งเหล่านี้จะถูกนำมาใช้ประโยชน์เช่น ผสมอาหารสัตว์ และทำปุ๋ย และในบางพื้นที่จะถูกทิ้งอยู่ในไร่ให้ย่อยสลายตามธรรมชาติ ทำให้เกิดปัญหาการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์กลับสู่บรรยากาศ ตลอดจนบางกระบวนการในการกำจัดเป็นการทำลายความอุดมสมบูรณ์ของดิน เช่น การเผา ดังนั้น การเปลี่ยนเศษมันสำปะหลังเหลือทิ้งเป็นไบโอชาร์จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่เป็นการจัดการของเสียอย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงดินดเพื่อแก้ปัญหาทางด้านเกษตรกรรมของประเทศ เพิ่มประสิทธิภาพของดินให้เหมาะสมแก่การเกษตรกรรมเป็นการเพิ่มมูลค่าของที่ดิน ตลอดจนเป็นการพัฒนาการเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลังที่เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

1 การผลิตไบโอชาร์

ไบโอชาร์ที่ใช้ศึกษาครั้งนี้ผลิตจากเศษต้นมันสำปะหลังประกอบด้วยชิ้นส่วนของชิ้นส่วนของ ลำต้น โดยจะถูกนำย่อยด้วยการป่นด้วยเครื่องสับเพื่อเป็นการลดขนาดของวัตถุดิบในกระบวนการผลิตสะดวกในการบรรจุเตา เศษมันสำปะหลังที่ผ่านกระบวนการสับป่นจะเข้าสู่กระบวนการทำให้แห้งเพื่อไล่ความชื้นด้วยการนำมาตากแดดบนตะแกรง อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตไบโอชาร์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นการออกแบบด้วยเตาแบบแอนิลา (Annila Stove) โดยเตาชนิดนี้ออกแบบและคิดค้นโดยนักวิทยาศาสตร์ชาวศรีลังกา อุปกรณ์นี้จะมีแกนเผาไหม้อยู่ด้านในและมีห้องบรรจุวัตถุดิบอยู่ภายนอก ด้านล่างของแกนเผาไหม้มีช่องให้อากาศสามารถผ่าน เมื่อให้ความร้อนแก่แกนเผาไหม้ด้วยเชื้อเพลิงจนแกนเผาไหม้ร้อน และส่งผลให้อุณหภูมิในส่วนที่บรรจุวัตถุดิบมีอุณหภูมิสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงเกิน 400 องศาเซลเซียส สารไวไฟจะหลุดออกมาก่อนกลายเป็นสารประกอบหลายชนิดและขยายตัวจนเกิดความดันไหลออกจากห้องวัตถุดิบผ่านเข้ามาทางด้านล่างของแกนเผาไหม้ และเกิดการสันดาปในแกนเผาไหม้ร่วมกับเชื้อเพลิงที่ใช้ตั้งต้น ทำให้อุณหภูมิในแกนเผาไหม้ยิ่งสูงขึ้น เป็นวัฏจักรต่อเนื่องจนสารไวไฟที่อยู่ในวัตถุดิบหมดลงและได้ผลผลิตสุดท้ายเป็นไบโอชาร์ โดยกระบวนการดังกล่าวใช้เวลาทั้งสิ้นประมาณ 2 – 2.5 ชั่วโมง



ภาพที่ 1 แบบอุปกรณ์ผลิตไบโอชาร์

2 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และเคมีของไบโอชาร์

สัณฐานของพื้นผิวของไบโอชาร์ศึกษาด้วยการถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy (SEM)) และวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงธาตุด้วยเทคนิคเอกซเรยสเปคโตรสโคปแบบกระจายพลังงาน (Energy Dispersive X-Ray Spectrometer; EDS or EDX) ด้วยเครื่อง Hitachi รุ่น S-4100 FE-SEM พื้นที่ผิวจำเพาะ และขนาดของช่องว่าง วิเคราะห์ด้วยการดูดซับของไนโตรเจน และตรวจวัดด้วยเครื่องวิเคราะห์พื้นที่ผิวและช่องว่าง Quantachrome รุ่น Autosorb-1C ค่าความเป็นกรดด่าง และค่าการนำไฟฟ้าใช้การตรวจวัดด้วยเครื่อง Satorius model DOCU-pH+ pH-meter ปริมาณคาร์บอน, ไนโตรเจน และซัลเฟอร์ ใช้การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Elemental analyzer LECO CHNS-932 and VTF-900 ปริมาณ โพแทสเซียม, แคลเซียม, แมกนีเซียม, โซเดียม และฟอสฟอรัส ใช้การวิเคราะห์ด้วยเครื่องอะตอมมิคแอบซอฟชั่น สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)) ด้วยเครื่อง Perkin-Elmer AAnalyst 800

3 การเตรียมแปลงทดลอง

การทดลองครั้งนี้แบ่งกลุ่มทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 4 แปลง ได้แก่แปลงทดลองที่ไม่ใส่ไบโอชาร์หรือแปลงควบคุม ได้แก่ B0N1, B0N2, B0N3, และ B0N4 และแปลงทดลองที่ใส่ไบโอชาร์ในอัตราส่วน 8 ตัน/เฮคตาร์ ได้แก่ B8N1, B8N2, B8N3, และ B8N4 ขนาดแปลงทดลองในการวิจัยครั้งนี้มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจตุรัสขนาดกว้าง 8 เมตร ยาว 8 เมตร พื้นที่ 64 ตารางเมตร แต่ละแปลงห่างกัน 1 เมตร โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล๊อคสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design ; RCBD)

4 การศึกษาผลของไบโอชาร์ที่มีต่อผลผลิตมันสำปะหลัง

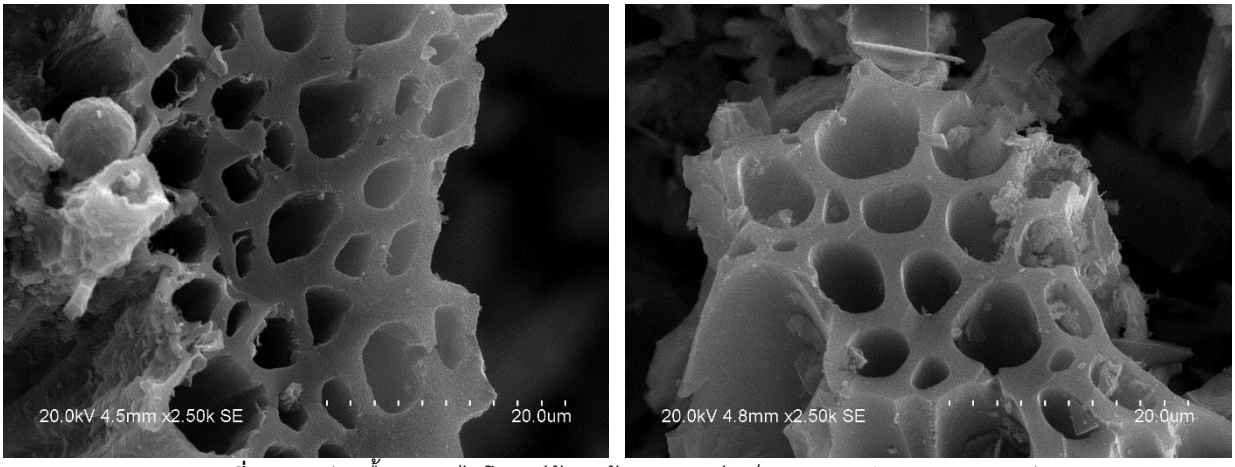
การศึกษาผลของไบโอชาร์ที่มีต่อผลผลิตมันสำปะหลังศึกษาจากผลผลิตหัวมันสำปะหลังหลังการเพาะปลูกเป็นเวลา 300 วัน จากการชั่งน้ำหนักและเปรียบเทียบกับแปลงทดลองที่ไม่มีการใช้ไบโอชาร์เพื่อปรับปรุงดิน โดยแปลงทดลองและแปลง

ควบคุมนั้นจะมีการให้น้ำและปุ๋ยเมื่อเริ่มเพาะปลูกเหมือนกัน สถิติที่ใช้เพื่อทดสอบความแตกต่างของตัวแปรในแต่ละแปลง คือ การวิเคราะห์ความแปรปรวน(ANNOVA) โดยตั้งระดับนัยสำคัญไว้ที่ 0.01 ($P < 0.01$)

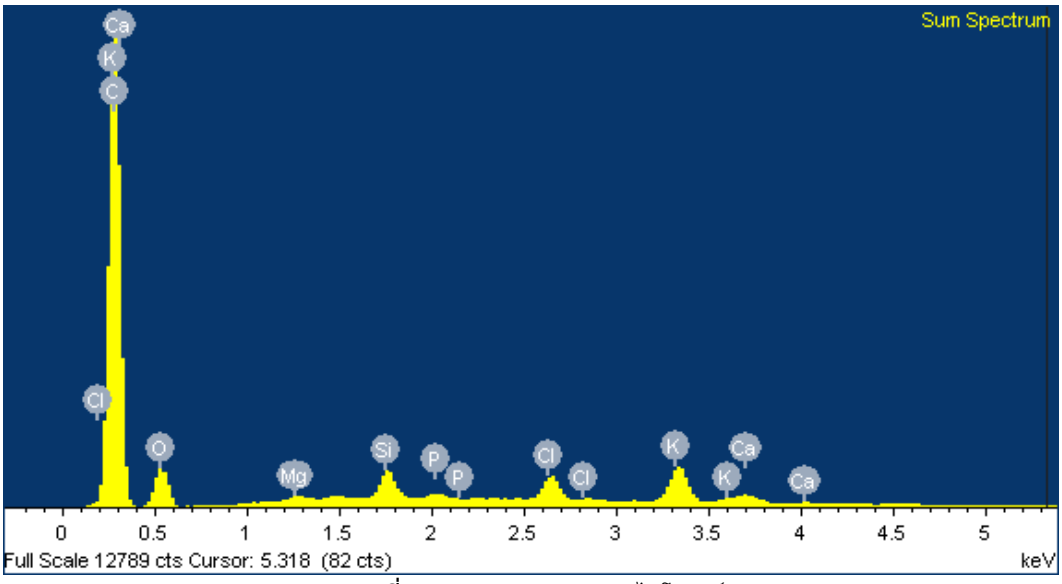
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1 สมบัติของไบโอชาร์

ผลการวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวทางกายภาพของไบโอชาร์ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy (SEM)) เพื่อใช้วิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวของวัสดุ ขนาด และรูปร่าง ได้การวิเคราะห์ดังรูปที่ 2 จากภาพสามารถวิเคราะห์ได้ว่าไบโอชาร์เป็นวัสดุที่มีความพรุนสูงมาก และเต็มไปด้วยช่องว่างทรงกลม และรี มีการกระจายช่องว่างไม่สม่ำเสมอ ขนาดของช่องว่างมีขนาดตั้งแต่ 10 ถึง 80 ไมโครเมตร โดยจัดว่าเป็นช่องว่างที่มีขนาดเล็ก จัดเป็นช่องว่างขนาดเล็ก (micro pore : < 2 nm) ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงธาตุด้วยเทคนิคเอกซเรยสเปคโตรสโคปแบบกระจายพลังงาน(Energy Dispersive X-Ray Spectrometer; EDS or EDX) เพื่อวิเคราะห์ปริมาณของธาตุแต่ละชนิดได้ผลดัง รูปที่ 3 และ ตารางที่ 1 พบว่า เมื่อพิจารณา EDX spectrum ของไบโอชาร์ พบว่า ธาตุหลักที่มีปริมาณมากที่สุด คือ คาร์บอน มีปริมาณ 79.6 เปอร์เซ็นต์ ส่วนธาตุอื่นๆได้แก่ ออกซิเจน มีปริมาณ 15.13 เปอร์เซ็นต์ โปแตสเซียม มีปริมาณ 2.13 เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียม มีปริมาณ 0.16 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม มีปริมาณ 0.52 เปอร์เซ็นต์ ซิลิกอน มีปริมาณ 1.01 เปอร์เซ็นต์ คลอไรด์ มีปริมาณ 1.22 เปอร์เซ็นต์ และฟอสฟอรัส มีปริมาณ 0.22 เปอร์เซ็นต์ ผลวิเคราะห์พื้นที่ผิวจำเพาะ (Specific Surface Area) พบว่า ไบโอชาร์มีพื้นที่ผิวจำเพาะ 88.66 m^2/g มีขนาดช่องว่างเฉลี่ย (Average Pore Size) 27.03 อังสตรอม และมีผลรวมทั้งหมดของช่องว่าง (Total Pore Volume) 6.89 x 10^{-2} ml/g



ภาพที่ 2 ภาพถ่ายพื้นผิวของไบโอชาร์ด้วยกล้องจุลทรรศ์อิเล็คตรอนกำลังขยาย 2,500 เท่า



ภาพที่ 3 EDX spectrum ของไบโอชาร์

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบด้วยเทคนิคเอกซเรยสเปคโตรสโคปแบบกระจายพลังงาน (EDS or EDX)

ธาตุ	C	O	Mg	Si	P	Cl	K	Ca	รวม
น้ำหนัก (%)	79.6	15.13	0.16	1.01	0.22	1.22	2.13	0.52	100
Atomic%	85.79	12.24	0.09	0.47	0.09	0.45	0.71	0.17	

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของไบโอชาร์ได้ผลวิเคราะห์ดังตารางที่ 2 โดยสามารถสรุปได้ดังนี้ ไบโอชาร์มีค่าความเป็นกรดด่าง 7.55 ถือว่าเป็นด่างเล็กน้อย มีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก 55.08 cmol/kg ซึ่งอยู่ในเกณฑ์สูงมาก ปริมาณโปแทสเซียมทั้งหมด 20,589 mg/kg ปริมาณแคลเซียมทั้งหมด 503 mg/kg ปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมด 1,902 mg/kg ปริมาณโซเดียมทั้งหมด 409 mg/kg ปริมาณฟอสฟอรัสที่นำไปใช้ได้ 692 mg/kg มีปริมาณธาตุคาร์บอนเป็นส่วนประกอบ 54.66 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไนโตรเจน 1.33 เปอร์เซ็นต์ และ ปริมาณซัลเฟอร์ 0.094 เปอร์เซ็นต์ และ มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio) 41.2

ตารางที่ 2 สมบัติทางเคมีของไบโอชาร์

พารามิเตอร์	ผลการวิเคราะห์
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	7.55
ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cmol/kg)	55.08
ปริมาณโปแทสเซียมทั้งหมด (mg/kg)	20,589
ปริมาณแคลเซียมทั้งหมด (mg/kg)	503
ปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมด (mg/kg)	1,902
ปริมาณโซเดียมทั้งหมด (mg/kg)	409
ปริมาณฟอสฟอรัสที่นำไปใช้ได้ (mg/kg)	692
ปริมาณคาร์บอน (%)	54.66
ปริมาณไนโตรเจน (%)	1.33
ปริมาณซัลเฟอร์ (%)	0.094

พารามิเตอร์	ผลการวิเคราะห์
อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio)	41.2

2 ผลของไบโอชาร์ต่อผลผลิตมันสำปะหลัง

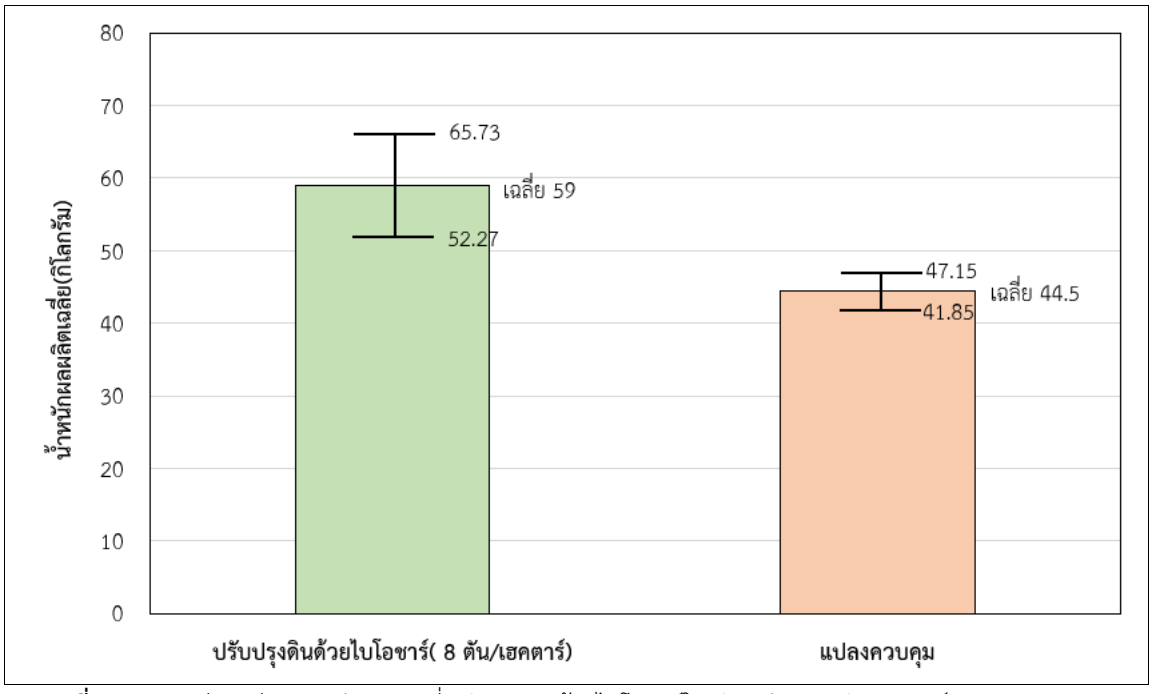
ผลการเก็บข้อมูลน้ำหนักผลผลิตของมันสำปะหลังเมื่ออายุ 300 วัน มีรายละเอียดดังตารางที่ 3 และจากการวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณาดังตารางที่ 4 พบว่า กลุ่มแปลงทดลองที่ปรับปรุงดินด้วยไบโอชาร์ในอัตราส่วน 8 ตัน/เฮคตาร์ ให้ผลผลิตเฉลี่ย 59 กิโลกรัม โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 6.73 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักผลผลิตที่มากกว่ากลุ่มแปลงทดลองควบคุมซึ่งไม่ได้ปรับปรุงดินด้วยไบโอชาร์ที่ให้ค่าเฉลี่ยผลผลิตที่ 44.5 กิโลกรัม และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 2.65 นอกจากนั้นแปลงทดลองที่ให้น้ำหนักรวมของผลผลิตของมันสำปะหลังที่สูงสุดคือ B8N3 โดยให้ผลผลิตปริมาณ 67 กิโลกรัม และแปลงที่ให้น้ำหนักรวมผลผลิตของมันสำปะหลังต่ำที่สุดคือแปลงทดลอง B0N1 โดยให้ผลผลิตปริมาณ 41 กิโลกรัม ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่าน้ำหนักผลผลิตระหว่างกลุ่มทดลองที่ปรับปรุงดินด้วยไบโอชาร์ และไม่มีการปรับปรุง มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ตารางที่ 3 น้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลังหลังที่เก็บเกี่ยวได้

	น้ำหนักผลผลิตรวม(กิโลกรัม)
B8N1	61
B8N2	57
B8N3	67
B8N4	51
B0N1	41
B0N2	47
B0N3	46
B0N4	44

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบระหว่างแปลงที่ปรับปรุงดินด้วยไบโอชาร์ในอัตราส่วน 8 ตัน/เฮคตาร์ และแปลงควบคุม

	ปรับปรุงดินด้วยไบโอชาร์(8 ตัน/เฮคตาร์)	แปลงควบคุม
ค่าเฉลี่ย	59	44.5
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	6.73	2.65
ค่าต่ำสุด	51	41
ค่าสูงสุด	67	47



ภาพที่ 4 กราฟเปรียบเทียบระหว่างแปลงที่ปรับปรุงดินด้วยไบโอชาร์ในอัตราส่วน 8 ตัน/เฮคตาร์ และแปลงควบคุม

สรุป

จากผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีพบว่า ไบโอชาร์เป็นวัสดุที่มีพื้นที่ผิว และรูพรุนสูงมาก (88.66 ตารางเมตร/กรัม) ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ดีในการใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน เนื่องจากสามารถเพิ่มการดูดซึมน้ำในดินเพื่อเพิ่มความชุ่มชื้นในดินได้ สมบัติทางเคมีของไบโอชาร์ยังมีศักยภาพในการใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินได้เป็นอย่างดีเนื่องจาก มีค่าความเป็นกรดด่าง 7.55 ซึ่งสามารถนำไปใช้ปรับปรุงดินเพื่อปรับค่าความเป็นกรดด่างกับดินที่มีความเป็นกรดเล็กน้อยได้ มีค่าการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูงมาก (55.08 cmol/kg) สามารถเพิ่มการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินเพื่อเพิ่มการดูดยึดธาตุอาหารเพิ่มประสิทธิภาพเมื่อใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีค่าโปแทสเซียมที่ใช้ได้ที่พืชสามารถนำมาใช้ได้โดยตรงสูง (20,589 mg/kg) ปริมาณฟอสฟอรัสที่นำไปใช้ได้ (692 mg/kg) นอกจากนั้นยังมีปริมาณคาร์บอนสูง (54.66%) สามารถเพิ่มปริมาณคาร์บอนและอินทรีย์วัตถุในดินได้ ดังนั้นผลการศึกษาครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าไบโอชาร์เป็นวัสดุที่มีศักยภาพในการใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินที่ไม่สามารถกักเก็บน้ำ และมีธาตุอาหาร ตลอดจนค่าการแลกเปลี่ยนประจุบวกต่ำ เช่นดินทรายจัด หรือดินเสื่อมโทรมประเภทอื่นๆ ผลการทดลองใช้ไบโอชาร์ปรับปรุงดินเพื่อเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังพบว่า ไบโอชาร์สามารถเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลังได้ โดยผลผลิตเฉลี่ยของมันสำปะหลังของแปลงทดลองจำนวน 4 แปลงที่ปรับปรุงดินด้วยไบโอชาร์ในอัตราส่วน 8 ตัน/เฮคตาร์ ให้ผลผลิตเฉลี่ยที่ 59 กิโลกรัม ซึ่งมากกว่าค่าเฉลี่ยจากแปลงทดลองที่ไม่มีการปรับปรุงดินด้วยไบโอชาร์ซึ่งให้ผลผลิตเฉลี่ยทั้ง 4 แปลงปริมาณ 44.5 กิโลกรัม ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า น้ำหนักผลผลิตของกลุ่มทดลองแปลงต่างๆ มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จากผลการทดลองครั้งนี้จึงสามารถทำให้สรุปได้ว่า ไบโอชาร์ที่ผลิตจากเศษเหลือทิ้งของมันสำปะหลังมีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินและสามารถปรับปรุงคุณสมบัติของดินให้เหมาะสมทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องการใช้ไบโอชาร์เพื่อปรับปรุงสมบัติของดินชนิดอื่นๆ ตลอดจนควรมีการศึกษาสมบัติของไบโอชาร์ที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรประเภทอื่นๆ

เอกสารอ้างอิง

1. Liang, B., Lehmann . Black Carbon Increases Cation Exchange Capacity in Soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 70(5), 1719-1730. 2006.
2. Asai, H., Samson, B. K., Stephan, H. M., Songyikhangsuthor, K., Homma, K., Kiyono, Y., Horie, T. Biochar amendment techniques for upland rice production in Northern Laos. 1. Soil physical properties, leaf SPAD and grain yield. Field Crops Research, 111(1–2), 81-84. 2009.
3. Lehmann, J., Gaunt, J., & Rondon, M. Bio-char Sequestration in Terrestrial Ecosystems – A Review. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. 11(2), 395-419. 2006.
4. Glaser, B., Haumaier, L., Guggenberger, G., & Zech, W. The 'Terra Preta' phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics. Naturwissenschaften, 88(1), 37-41. 2001.
5. Cao, X., & Harris, W. Properties of dairy-manure-derived biochar pertinent to its potential use in remediation. Bioresource Technology, 101(14), 5222-5228. 2010.
6. Zhao, X.-r., Li, D., Kong, J., & Lin, Q.-m. Does Biochar Addition Influence the Change Points of Soil Phosphorus Leaching? Journal of Integrative Agriculture, 13(3), 499-506. 2014.
7. Yao, Y., Gao, B., Chen, H., Jiang, L., Inyang, M., Zimmerman, A. R., Li, H. Adsorption of sulfamethoxazole on biochar and its impact on reclaimed water irrigation. Journal of Hazardous Materials, 209–210(0), 408-413. 2012.
8. Abel, S., Peters, A., Trinks, S., Schonsky, H., Facklam, M., & Wessolek, G. Impact of biochar and hydrochar addition on water retention and water repellency of sandy soil. Geoderma, 202, 183-191. 2013.
9. Morales, M. M., Comerford, N., Guerrini, I. A., Falcao, N. P. S., & Reeves, J. B. (2013). Sorption and desorption of phosphate on biochar and biochar-soil mixtures. Soil Use and Management, 29(3), 306-314.
10. Borchard, N., Wolf, A., Laabs, V., Aeckersberg, R., Scherer, H. W., Moeller, A., & Amelung, W. Physical activation of biochar and its meaning for soil fertility and nutrient leaching - a greenhouse experiment. Soil Use and Management, 28(2), 177-184. 2012.
11. Ulyett, J., Sakrabani, R., Kibblewhite, M., & Hann, M. Impact of biochar addition on water retention, nitrification and carbon dioxide evolution from two sandy loam soils. European Journal of Soil Science, 65(1), 96-104. 2014.
12. Li, X. M., Shen, Q. R., Zhang, D. Q., Mei, X. L., Ran, W., Xu, Y. C., & Yu, G. H. Functional Groups Determine Biochar Properties (pH and EC) as Studied by Two-Dimensional C-13 NMR Correlation Spectroscopy. PLoS ONE, 8(6). 2013.
13. Ohsowski, B. M., Klironomos, J. N., Dunfield, K. E., & Hart, M. M. The potential of soil amendments for restoring severely disturbed grasslands. Applied Soil Ecology, 60(0), 77-83. 2012.
14. Houben, D., Evrard, L., & Sonnet, P. Mobility, bioavailability and pH-dependent leaching of cadmium, zinc and lead in a contaminated soil amended with biochar. Chemosphere, 92(11), 1450-1457. 2013.
15. Eykelbosh, A. J., Johnson, M. S., de Queiroz, E. S., Dalmagro, H. J., & Couto, E. G. Biochar from Sugarcane Filtercake Reduces Soil CO2 Emissions Relative to Raw Residue and Improves Water Retention and Nutrient Availability in a Highly-Weathered Tropical Soil. PLoS ONE, 9(6). 2014.

[AS-P40] ผลของน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมบัตเตอร์เฮด

Effect of Bio-extract on Growth of Green Butterhead Lettuce

ปิยะภรณ์ จิตรเอก*, กิติยา อินสำราญ, ณัฐจริณ คำสีเขียว และ วนัสนันท์ เสือพุก
Piyaporn chitake* Kittiya insamran Natjarin khamsikhaio and Wanussanan suepook
ภาควิชา การผลิตพืช คณะ เทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล : PJITAKE@gmail.com*

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของน้ำหมักชีวภาพที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมบัตเตอร์เฮด มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมบัตเตอร์เฮด โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) มี 5 ชุดการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วยน้ำหมักชีวภาพสูตรต่าง ๆ ได้แก่ 1) น้ำหมักชีวภาพสูตรนมสด 2) น้ำหมักชีวภาพสูตรแหนแดง 3) น้ำหมักชีวภาพสูตรหน่อกล้วย 4) น้ำหมักชีวภาพสูตรมูลโค และ 5) น้ำหมักชีวภาพสูตรผสมนมสด แหนแดง หน่อกล้วย มูลโค ตามลำดับ บันทึกผลการทดลองความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง ผลการทดลองพบว่า น้ำหมักชีวภาพสูตรนมสดให้ความสูงต้นและความกว้างของทรงพุ่มดีที่สุด คือ 11.97 เซนติเมตร และ 16.26 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับน้ำหมักชีวภาพสูตรอื่น เมื่อพิจารณาค่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผักกาดหอมบัตเตอร์เฮด พบว่า น้ำหมักชีวภาพสูตรนมสดและน้ำหมักชีวภาพสูตรมูลโคให้น้ำหนักสดที่ใกล้เคียงกัน ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า น้ำหมักชีวภาพสูตรนมสดและสูตรมูลโคสามารถเพิ่มผลผลิตของผักกาดหอมสายพันธุ์บัตเตอร์เฮดได้

คำสำคัญ: *น้ำหมักชีวภาพ, ผักกาดหอมบัตเตอร์เฮด*

Abstract

The study on the effect of bio extracts on the growth of green butterhead lettuce. The purpose of the experiment was to study the effect of biological fermentation on the growth of green butterhead lettuce. The experiment was designed using Completely Randomized Design (CRD) consisting of 5 treatments; using 1) Bio- extract of milk formula 2) Bio-extract of fermented Azolla formula 3) Bio-extract of banana shoots 4) Bio-extract of cow dung formula and 5) Mixed bio-extract of milk formula, Azolla, banana shoot, cow dung, respectively. Height, width, wet weight and dry weight of lettuce butter head were recorded in the end of experiment (80 days). The growth results of green butterhead lettuce showed the high level in the Bio-extract of milk formula were 11.97 centimeter and 16.26 centimeter in height and canopy width, respectively. Results indicated that Height and canopy width were significantly different between groups ($p \leq 0.05$). However, wet weight and dry weight of green butterhead lettuce results in bio- extract of milk formula and bio-extract of cow dung formula were similar ($p > 0.05$). Whole results indicated that bio- extract of milk formula and bio-extract of cow dung formula could be used for increasing the growth of green butterhead lettuce.

Keywords: *bio-extract, green butterhead lettuce*

บทนำ

ปัจจุบันเกษตรกรใช้สารเคมีและปุ๋ยเคมีในทางการเกษตรเป็นปริมาณมาก เนื่องจากในปุ๋ยเคมีมีปริมาณธาตุอาหารพืชต่อน้ำหนักปุ๋ยสูง ปุ๋ยเคมีช่วยเร่งการเจริญเติบโตของผลผลิต ดังนั้น ปุ๋ยเคมีจึงมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชเป็นอย่างมาก ถึงแม้ปุ๋ยเคมีจะเห็นผลลัพธ์เร็ว แต่ก็มีผลเสียที่เกิดขึ้นในระยะยาวอีกมากมาย ไม่ว่าจะเกิดจากการนำมาใช้ไม่ถูกวิธี ก่อให้เกิดสารตกค้างสะสม เป็นอันตรายต่อผู้ผลิต ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างที่เกิดขึ้นที่เห็นได้ชัดเจน คือ การทำให้ดินเสื่อมโทรม ส่งผลให้ผลผลิตลดลง และปุ๋ยเคมียังมีราคาแพง อีกทั้งมีธาตุอาหารที่พืชต้องการอยู่ในปุ๋ยไม่ครบถ้วน[1] จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นจึงนำไปสู่แนวทางการลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีและหาวัตถุดิบที่มีในธรรมชาติที่มีอยู่แล้วหรือเป็นวัตถุดิบที่เหลือใช้ในทางเกษตร เช่น นมสด แหนแดง หน่อกล้วย มูลโค[2] มาผ่านกระบวนการหมักและย่อยสลายของจุลินทรีย์เกิดเป็นน้ำหมักชีวภาพสูตรต่าง ๆ เพื่อใช้ทดแทนปุ๋ยเคมีและลดต้นทุนการผลิตลง เป็นทางเลือกของผู้บริโภคและยังช่วยในเรื่องความปลอดภัยของผู้ผลิต ผู้บริโภคได้อีกทางหนึ่ง นอกจากนี้ ยังสามารถใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด[3] ในน้ำหมักชีวภาพถึงแม้ว่าปริมาณธาตุอาหารไม่มากเหมือนปุ๋ยเคมี แต่ถ้าหากดินไม่เสื่อมโทรมมาก แร่ธาตุอาหารที่พืชได้รับจากน้ำหมักชีวภาพก็เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของพืช อีกทั้งเกษตรกรยังสามารถใช้น้ำหมักชีวภาพได้บ่อยครั้ง เนื่องจากน้ำหมักชีวภาพสามารถช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและชีวภาพของดินได้ดีกว่าปุ๋ยเคมี มีธาตุอาหารเสริมอยู่มากกว่าปุ๋ยเคมี และน้ำหมักชีวภาพจะสะสมอยู่ในดินนานกว่า ส่งเสริมสิ่งมีชีวิตที่เป็นประโยชน์ในดินอีกด้วย[4] น้ำหมักชีวภาพจึงมีประโยชน์ต่อมนุษย์และสภาพแวดล้อมเป็นอย่างมาก ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาผลของน้ำหมักชีวภาพที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยการใช้ผักกาดหอมบัตเตอร์เฮดเป็นพืชทดสอบ ซึ่งผักชนิดนี้ได้รับความนิยมในการบริโภคสด ซึ่งควรมีความสะอาด ปลอดภัยจากสารเคมีตกค้าง การใช้น้ำหมักชีวภาพสูตรที่เหมาะสมจึงเป็นทางเลือกที่ปลอดภัยสำหรับเกษตรกรและผู้บริโภคได้ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วิธีการทำการทดลอง

ศึกษาน้ำหมักชีวภาพที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมบัตเตอร์เฮด โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) มี 5 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ โดยการใช้น้ำหมักชีวภาพ ดังนี้

1.1. น้ำหมักชีวภาพสูตรนมสด

1.2. น้ำหมักชีวภาพสูตรแหนแดง

1.3 น้ำหมักชีวภาพสูตรหน่อกล้วย

1.4. น้ำหมักชีวภาพสูตรมูลโค

1.5. น้ำหมักชีวภาพสูตรรวมนมสด แหนแดง หน่อกล้วย มูลโค

2. ขั้นตอนการทดลอง

2.1. การเพาะเมล็ดผักกาดหอมบัตเตอร์เฮด

นำเมล็ดผักกาดหอมบัตเตอร์เฮดเพาะในถาดเพาะเมล็ดที่ใส่พีทมอสไว้ ใส่เมล็ดลงไปในหลุมเพาะประมาณ 1-2 เมล็ด ทำการกลบด้วยพีทมอส นำถาดเพาะเมล็ดไปวางในโรงเรือนคลุมด้วยหนังสือพิมพ์ ทำการรดน้ำให้ชุ่มทุกวันเช้า-เย็น

2.2. การเตรียมวัสดุปลูก

นำวัสดุปลูก ประกอบด้วย ดินผสม ปุ๋ยคอก แกลบดิบ แกลบดำ ขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1:1:1:1 ใส่กระถางขนาด 8 นิ้ว กระถางละเท่า ๆ กัน

2.3. การย้ายปลูก

เมื่อต้นกล้าอายุได้ 20 วัน จึงย้ายกล้าไปปลูกในวัสดุที่เตรียมไว้ในแต่ละชุดการทดลอง (Treatments) ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ

2.4. การเตรียมน้ำหมักชีวภาพ

การเตรียมน้ำหมักชีวภาพโดยปรับค่าความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพให้มีค่า EC เท่ากับ 1.5 mS/cm ปรับค่า pH เท่ากับ 6.5-7 ตลอดการทดลอง แล้วรดลงในกระถางปลูกพืชทั้ง 75 กระถาง โดยชุดการทดลองที่ 1 รดน้ำหมักชีวภาพสูตรนมสด ชุดทดลองที่ 2 รดน้ำหมักชีวภาพสูตรแหนแดง ชุดการทดลองที่ 3 รดน้ำหมักชีวภาพสูตรหน่อกล้วย ชุดการทดลองที่ 4 รดน้ำหมักชีวภาพสูตรมูลโค และชุดการทดลองที่ 5 รดน้ำหมักชีวภาพสูตรรวมนมสด แหนแดง หน่อกล้วย มูลโค ทำการรดน้ำหมักชีวภาพทุก ๆ 1 สัปดาห์ ปริมาตร 100 มิลลิกรัม/กระถาง ต่อเนื่องเป็นเวลา 2 สัปดาห์ และปรับปริมาตรของน้ำหมักชีวภาพเป็นปริมาตร 200 มิลลิลิตร/กระถาง เป็นเวลา 2 สัปดาห์ จนครบอายุการเก็บเกี่ยว 80 วัน

2.5. การดูแลรักษา

รดน้ำหมักชีวภาพแก่ต้นพืชสัปดาห์ละ 1 ครั้งตลอดอายุการเก็บ และดูแลทุกวันไม่ให้ผักกาดหอมบัตเตอร์เฮดเหี่ยวเฉา เพื่อป้องกันไม่ให้ต้นผักกาดหอมบัตเตอร์เฮดขาดน้ำและแห้งตาย ควรรดน้ำหมักชีวภาพบริเวณรอบต้น ไม่ควรรดที่ต้นผักโดยตรงหรือทำการรดน้ำลงไปก่อนที่จะทำการรดน้ำหมักชีวภาพ ดูแลควบคุมโรคและแมลงโดยการใช้น้ำส้มควันไม้และสารสกัดสะเดาฉีดพ่นทุก ๆ 1 สัปดาห์

3. การบันทึกข้อมูล

บันทึกเก็บรวบรวมข้อมูลการเจริญเติบโตของผักกาดหอมบัตเตอร์เฮดทุกสัปดาห์ โดยการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่ ความสูงต้น ความกว้างของทรงพุ่ม น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งต้น

4. วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

นำเสนอข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) ทำการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างชุดการทดลองโดยใช้สถิติทดสอบ Duncan's new multiple range test (DMRT) ณ ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ 95 เปอร์เซ็นต์ ($p \leq 0.05$)

5. ระยะเวลาการทำการทดลองและสถานที่ทำการทดลอง

20 กันยายน–30 พฤศจิกายน 2561 ทำการทดลองแผนกปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน สาขาการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ความสูงต้น

น้ำหมักชีวภาพมีผลต่อความสูงต้นผักกาดหอมบัตเตอร์เฮดหลังย้ายปลูก ผักกาดหอมบัตเตอร์เฮดที่ได้รับน้ำหมักชีวภาพสูตรนมสดมีความสูงต้นสูงสุด คือ 11.97 เซนติเมตร รองลงมา ได้แก่ น้ำหมักชีวภาพสูตรมูลโค น้ำหมักชีวภาพสูตรหน่อกล้วย น้ำหมักชีวภาพสูตรแหนแดง และน้ำหมักชีวภาพสูตรรวมนมสด แหนแดง หน่อกล้วย มูลโค โดยมีความสูงต้นเฉลี่ย 10.30, 9.93, 9.79 และ 9.78 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการทดลอง (ภาพที่ 1)

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยความสูงต้น (เซนติเมตร) ของผักกาดหอมบัตเตอร์เฮดหลังการย้ายปลูก 5 สัปดาห์ ที่รดด้วยน้ำหมักชีวภาพสูตรต่าง ๆ

สิ่งทดลอง	ระยะเวลา (สัปดาห์) หลังย้ายปลูก				
	1	2	3	4	5
1. น้ำหมักชีวภาพสูตรนมสด	4.39	6.24[a]	7.12	9.09	11.97[a]
2. น้ำหมักชีวภาพสูตรแหนแดง	3.39	5.27[ab]	5.65	8.32	9.79[b]
3. น้ำหมักชีวภาพสูตรหน่อกล้วย	3.66	4.29[bc]	6.27	7.33	9.93[b]
4. น้ำหนักชีวภาพสูตรมูลโค	4.04	4.92[bc]	7.87	7.87	10.30[b]
5. น้ำหมักชีวภาพสูตรรวมนมสด แหนแดง หน่อกล้วย มูลโค	2.39	4.12[c]	7.90	7.90	9.78[b]
c.v.%	31.21	12.52	19.09	17.73	8.45
F-test	ns	*	ns	ns	*

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี DMRT
ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ
* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %



(a) (b) (c) (d) (e)

ภาพที่ 1 ความสูงต้นของผักกาดหอมบัตเตอร์เฮด (a) น้ำหมักชีวภาพสูตรนมสด (b) น้ำหมักชีวภาพสูตรมูลโค (c) น้ำหมักชีวภาพสูตรหน่อกล้วย (d) น้ำหมักชีวภาพสูตรแหนแดง และ (e) น้ำหมักชีวภาพสูตรรวมนมสด แหนแดง หน่อกล้วย มูลโค

2. ความกว้างทรงพุ่ม

น้ำหมักชีวภาพมีผลต่อความกว้างทรงพุ่มของต้นผักกาดหอมบัตเตอร์เฮด หลังย้ายปลูกผักกาดหอมบัตเตอร์เฮดที่ได้รับน้ำหมักชีวภาพสูตรนมสดมีความกว้างทรงพุ่มสูงสุด คือ 16.26 เซนติเมตร รองลงมา ได้แก่ น้ำหมักชีวภาพสูตรแหนแดง น้ำหมักชีวภาพสูตรมูลโค น้ำหมักชีวภาพสูตรหน่อกล้วย และน้ำหมักชีวภาพสูตรรวมนมสด แหนแดง หน่อกล้วย มูลโค โดยมีความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ย 15.74, 15.54, 14.09 และ 11.59 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการทดลอง (ภาพที่ 2)

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร) ของผักกาดหอมบัตเตอร์เฮดหลังการย้ายปลูก 5 สัปดาห์ ที่รดด้วยน้ำหมักชีวภาพสูตรต่างๆ

สิ่งทดลอง	ระยะเวลา(สัปดาห์)หลังย้ายปลูก				
	1	2	3	4	5
1. น้ำหมักชีวภาพสูตรนมสด	6.02^{a}	10.78^{a}	12.79^{a}	14.32^{ab}	16.26^{a}
2. น้ำหมักชีวภาพสูตรแหนแดง	4.67^{ab}	7.58^{bc}	10.58^{ab}	12.85b^{c}	15.74^{ab}
3. น้ำหมักชีวภาพสูตรหน่อกล้วย	5.01^{a}	6.72^{bc}	10.15^{c}	12.68^{bc}	14.09^{b}
4. น้ำหนักชีวภาพสูตรมูลโค	6.08^{a}	8.43^{b}	12.03^{ab}	14.66^{a}	15.54^{ab}
5. น้ำหมักชีวภาพสูตรรวมนมสด แหนแดง หน่อกล้วย มูลโค	3.89^{ab}	5.84^{c}	9.25^{c}	11.85^{c}	11.59^{c}
c.v.%	32.64	14.61	10.66	8.31	8.83
F-test	*	*	*	*	*

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี DMRT
ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ
* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %



(a) (b) (c) (d) (e)

ภาพที่ 2 ความกว้างทรงพุ่มของผักกาดหอมบัตเตอร์เฮด (a) น้ำหมักชีวภาพสูตรนมสด (b) น้ำหมักชีวภาพสูตรมูลโค (c) น้ำหมักชีวภาพสูตรหน่อกล้วย (d) น้ำหมักชีวภาพสูตรแหนแดง และ (e) น้ำหมักชีวภาพสูตรรวมนมสด แหนแดง หน่อกล้วย มูลโค

3. น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง

น้ำหมักชีวภาพมีผลต่อน้ำหนักสดของต้นผักกาดหอมบัตเตอร์เฮดหลังย้ายปลูก ผักกาดหอมบัตเตอร์เฮดที่ได้รับน้ำหมักชีวภาพสูตรมูลโคให้น้ำหนักสดสูงสุด คือ 38.33 กรัม รองลงมา ได้แก่ น้ำหมักชีวภาพสูตรนมสด น้ำหมักชีวภาพสูตรหน่อกล้วย น้ำหมักชีวภาพสูตรแหนแดง และน้ำหมักชีวภาพสูตรรวมนมสด แหนแดง หน่อกล้วย มูลโค โดยมีน้ำหนักสดเฉลี่ย 35.77, 26.45, 20.96 และ 18.48 กรัม (ตารางที่ 3) ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ในส่วนของน้ำหนักแห้งของต้นผักกาดหอมบัตเตอร์เฮดหลังย้ายปลูก พบว่า ผักกาดหอมบัตเตอร์เฮดที่ได้รับน้ำหมักชีวภาพสูตรมูลโคให้น้ำหนักแห้งสูงสุด คือ 2.64 กรัม รองลงมา ได้แก่ น้ำหมักชีวภาพสูตรนมสด น้ำหมักชีวภาพสูตรหน่อกล้วย น้ำหมักชีวภาพสูตรรวมนมสด แหนแดง หน่อกล้วย มูลโค และน้ำหมักชีวภาพสูตรแหนแดง โดยมีน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 2.60, 2.07, 1.79 และ 1.55 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 4

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง (กรัม) ของผักกาดหอมบัตเตอร์เฮดหลังการย้ายปลูก 5 สัปดาห์ ที่รดด้วยน้ำหมักชีวภาพสูตรต่าง ๆ

สิ่งทดลอง	น้ำหนักสด (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)
1. น้ำหมักชีวภาพสูตรนมสด	35.77[a]	2.60
2. น้ำหมักชีวภาพสูตรแหนแดง	20.96[b]	1.55
3. น้ำหมักชีวภาพสูตรหน่อกล้วย	26.45[ab]	2.07
4. น้ำหนักชีวภาพสูตรมูลโค	38.33[a]	2.64
5. น้ำหมักชีวภาพสูตรรวมนมสด แหนแดง หน่อกล้วย มูลโค	18.48[b]	1.79
c.v.%	22.63	26.08
F-test	*	ns

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี DMRT
ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ
* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผักกาดหอมบัตเตอร์เฮด ในชุดการทดลองน้ำหมักชีวภาพสูตรนมสดและน้ำหมักชีวภาพสูตรมูลโค มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดที่ใกล้เคียงกัน ($p>0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) กับน้ำหมักชีวภาพสูตรแหนแดง น้ำหมักชีวภาพสูตรหน่อกล้วย และน้ำหมักชีวภาพสูตรรวมนมสด แหนแดง หน่อกล้วย มูลโค ในส่วนของน้ำหนักแห้ง พบว่า ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของผักกาดหอมบัตเตอร์เฮดในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การใช้ไคตินและปุ๋ยคอกมูลวัวสามารถเพิ่มผลผลิตของผักสลัดสายพันธุ์บัตเตอร์เฮด ในด้านจำนวนใบ ความกว้างใบ เส้นผ่านศูนย์กลางหัวผักสลัด เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น และน้ำหนักสด[5] อาจเป็นผลจากปุ๋ยคอกมูลวัวจะมีการย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารอย่างช้า ๆ ให้กับพืช ได้ตลอดระยะเวลาการปลูก[6]



(a) (b) (c) (d) (e)

ภาพที่ 3 น้ำหนักสดของผักกาดหอมบัตเตอร์เฮด (a) น้ำหมักชีวภาพสูตรนมสด (b) น้ำหมักชีวภาพสูตรมูลโค (c) น้ำหมักชีวภาพสูตรหน่อกล้วย (d) น้ำหมักชีวภาพสูตรแหนแดง และ (e) น้ำหมักชีวภาพสูตรรวมนมสด แหนแดง หน่อกล้วย มูลโค



(a) (b) (c) (d) (e)

ภาพที่ 4 น้ำหนักแห้งของผักกาดหอมบัตเตอร์เฮด (a) น้ำหมักชีวภาพสูตรนมสด (b) น้ำหมักชีวภาพสูตรมูลโค (c) น้ำหมักชีวภาพสูตรหน่อกล้วย (d) น้ำหมักชีวภาพสูตรแหนแดง และ (e) น้ำหมักชีวภาพสูตรรวมนมสด แหนแดง หน่อกล้วย มูลโค

สรุป

การศึกษาผลของน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมบัตเตอร์เฮด โดยใช้น้ำหมักชีวภาพสูตรนมสด น้ำหมักชีวภาพสูตรแหนแดง น้ำหมักชีวภาพสูตรหน่อกล้วย น้ำหมักชีวภาพสูตรมูลโค น้ำหมักชีวภาพสูตรรวมนมสด แหนแดง หน่อกล้วย มูลโค พบว่า น้ำหมักชีวภาพสูตรนมสดให้ความสูงของต้นและความกว้างทรงพุ่มดีที่สุด คือ 11.97 เซนติเมตร และ 16.26 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผักกาดหอมบัตเตอร์เฮด พบว่า น้ำหมักชีวภาพสูตรนมสดและน้ำหมักชีวภาพสูตรมูลโคให้น้ำหนักสดที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้น หากต้องการเพิ่มปริมาณผลผลิตผักกาดหอมบัตเตอร์เฮด การใช้น้ำหมักชีวภาพสูตรนมสดและสูตรมูลโคสามารถเพิ่มผลผลิตของผักกาดหอมสายพันธุ์บัตเตอร์เฮดได้

เอกสารอ้างอิง

1. ฐาปนี เอี่ยมวุฒิ วราวรรณ สำรวล และ ภูริช โพธิ์ศรี. การเปรียบเทียบชนิดของน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตของพืชผัก. ปัญหาพิเศษ, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี; 2556.
2. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. เอกสารประกอบการอบรม น้ำหมักชีวภาพ. คณะเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 2555.
3. สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน). 2559. การจัดชั้นคุณภาพ [อินเตอร์เน็ท]. [เข้าถึงเมื่อ 18 ธันวาคม 2561] เข้าถึงได้จาก https://hkm.hrdi.or.th/knowledge/detail/22
4. เด่นนภา ลาดนาเลา และ สุธัมมา กาบินพงษ์. 2546. การศึกษาปริมาณแร่ธาตุอาหารพืชในน้ำหมักชีวภาพ 3 ชนิดและศึกษาผลของน้ำหมักชีวภาพที่มีต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม [อินเตอร์เน็ท]. [เข้าถึงเมื่อ 1 มกราคม 2562] เข้าถึงได้จาก http://newtdc.thailis.or.th/docview.aspx?tdcid=32716&fbclid=IwAR3F3WQVFsCqTn20gsCFTfepmxcipubSFu0Op4mgA5_OV8j0d_0BfdsmLeY
5. ไพบูลย์ หมุ่ยมาศ ภัทราภรณ์ โพธา นิภากานต์ พลงาม และ กัมพล ปาละอุด. การประยุกต์ใช้ไคตินและปุ๋ยคอกมูลวัวในการเพิ่มผลผลิตของผักสลัดสายพันธุ์บัตเตอร์เฮด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร ปีที่ 49 ฉบับที่ 2 (พิเศษ): 449-452. 2561.
6. กัมพล ปาละอุด ไพบูลย์ หมุ่ยมาศ และ กัญนิสา เปี้ยสาย. การใช้ไคตินและปุ๋ยคอกมูลวัวในการเพิ่มผลผลิตของ ผักกาดหอมสายพันธุ์บัตเตอร์เฮดที่ปลูกแบบกระถาง. วารสารแก่นเกษตร 46 ฉบับพิเศษ 1. 344-349. 2561.

[AS-P41] ผลการเสริมยีสต์ในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตไข่

Effect of Yeast Supplementation in Layer Diet on Egg Production Performance

ภัทรสุดา เอื้อเฟื้อ[1] และ ศรีน้อย ชุ่มคำ[*2]
Patsuda Auefue[1] and Srinoy Chumkam[*2]
[1]หลักสูตรเกษตรศาสตร์ แขนงวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
[2]คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: schumkam@hotmail.com*

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการเสริมเซลล์ยีสต์ (whole cell yeast : WY) และยีสต์เซลล์แตก (autolysate yeast : AY) ในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตไข่ โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด ใช้ไก่ไข่ลูกผสมทางการค้าจำนวน 150 ตัว อายุ 28 สัปดาห์ แบ่งกลุ่มเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ตัว กลุ่มที่1 อาหารปกติ กลุ่มที่ 2 และ 3 เสริม WY 5% และ AY 2% ในอาหารตามลำดับ ระยะเวลาทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่าปริมาณอาหารที่กิน อัตราการไข่ อัตราการเลี้ยงรอด ปริมาณอาหารที่กินต่อน้ำหนักไข่ 1 กิโลกรัม ปริมาณอาหารที่กินต่อผลผลิตไข่ 1 โหล ไข่ขนาดกลางและไข่ขนาดเล็ก แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่น้ำหนักไข่ มวลไข่ และไข่ขนาดใหญ่ในกลุ่มที่ได้รับ WY สูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ได้รับ AY แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดังนั้นการเสริมเซลล์ยีสต์ที่ระดับ 5 % ในอาหารไก่ไข่จะช่วยเพิ่มน้ำหนักไข่ มวลไข่ และจำนวนไข่ขนาดใหญ่มากขึ้น

คำสำคัญ: *ยีสต์ สมรรถภาพการผลิตไข่ ไก่ไข่*

Abstract

This research aimed to study the effect of whole cell yeast (WY) and autolysate yeast (AY) in laying hens on egg production performance. The experiment was designed as completely randomized design (CRD). One hundred and fifty commercial hybrid layers, aged 28 weeks, were divided into 3 groups. Each group contained 5 replications with 10 hens per replicate. The experimental diets were control (0% yeast) and supplemented with 5% WY and 2% AY respectively. The results showed that feed consumed, egg production, feed consumed per 1 kg of egg and feed consumed per 1 dozen egg were not significantly different amount treatments ($p>0.05$) but egg weight, egg mass and large size egg in WY group were higher than the control and AY group ($p<0.05$). In conclusion, supplementation of whole cells yeast at 5% in laying hens increased egg weight, egg mass and large size eggs.

Keywords: *yeast, egg production performance, eggs*

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศผู้นำในการส่งออกไข่ไก่ประเทศหนึ่งในเอเชีย และมีศักยภาพในการผลิตสูง สามารถทำรายได้ให้แก่ผู้ประกอบการในแต่ละปีเป็นจำนวนมาก จึงทำให้การเลี้ยงไก่ไข่เป็นอาชีพที่ได้รับความสนใจจากผู้ประกอบการเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีวิธีการเลี้ยงที่ง่าย ให้ผลผลิตยาวนาน รายได้ดี และสามารถยึดเป็นอาชีพหลักได้ แต่การผลิตสัตว์ปีกนั้นร้อยละ 60-80 เป็นต้นทุนค่าอาหาร ดังนั้นผู้ประกอบการจึงจำเป็นต้องคำนึงถึงต้นทุนค่าอาหาร การปรับสูตรอาหารเพื่อให้มีปริมาณโภชนะต่างๆ

เพียงพอกับความต้องการของไก่ไข่แต่ละช่วงอายุและราคาถูกจะทำให้ผู้เลี้ยงได้ผลตอบแทนเพิ่มขึ้น การใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีราคาถูกหรือสารเสริมอาหารที่มีราคาถูกก็เป็นแนวทางหนึ่งในการลดต้นทุนค่าอาหาร

ยีสต์เป็นจุลินทรีย์ที่มีโปรตีนเป็นส่วนประกอบ 40-45 เปอร์เซ็นต์โดยประมาณ ซึ่งประกอบไปด้วยกรดอะมิโนจำเป็นหลายชนิดต่อร่างกาย และยังประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรต 30-35 เปอร์เซ็นต์ กรดนิวคลิอิค ไขมัน วิตามินหลายชนิดโดยเฉพาะและวิตามินบีรวม โดยองค์ประกอบภายในเซลล์ยีสต์จะต่างกันไปตามสายพันธุ์ของเชื้อยีสต์ สภาวะที่เลี้ยงเชื้อและกรรมวิธีการเก็บเซลล์ อาหารเลี้ยงเชื้อและอากาศเป็นปัจจัยสำคัญซึ่งมีผลต่อ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และวิตามินในเซลล์ของยีสต์ นอกจากนี้ผนังเซลล์ยีสต์ยังประกอบไปด้วยกลูแคน ไกลโคโปรตีน แมนแนน และไคติน ซึ่งแมนโนโอลิโกแซคคาไรด์ที่มีอยู่ในผนังเซลล์ยีสต์มีคุณสมบัติที่สามารถจับกับโปรตีนที่ผิวผนังเซลล์แบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค ทำให้ลดอาการติดเชื้อเนื่องจากแบคทีเรียก่อโรคได้ และเบต้ากลูแคนที่บริเวณผนังเซลล์ยีสต์จะสามารถจับกับเชื้อรา และมีคุณสมบัติกระตุ้นภูมิคุ้มกันเซลล์ไมโคพาจ ผนังเซลล์ยีสต์จึงสามารถใช้เป็นสารพรีไบโอติค เพื่อป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค ใช้ในการลดพิษจากเชื้อราและใช้เป็นสารเสริมภูมิคุ้มกัน ดังนั้นเซลล์ยีสต์ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบภายในเซลล์และผนังเซลล์จึงเป็นแหล่งของโภชนะและโภชนเภสัชในอาหารสัตว์[1,2,3,4] แหล่งของยีสต์ที่นำมาใช้ในอาหารสัตว์มาจากการผลิตยีสต์เพื่อนำตัวยีสต์มาใช้และยีสต์ที่เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการหมักในอุตสาหกรรมซึ่งยีสต์ที่ใช้จะมีทั้งยีสต์ที่ตายและยีสต์ที่มีชีวิต ยีสต์ที่มีชีวิตจะเป็นโปรไบโอติกและให้คุณค่าทางอาหาร แต่ยีสต์ที่ตายจะให้คุณค่าทางอาหารโดยเฉพาะการเป็นแหล่งโปรตีนที่สัตว์สามารถย่อยได้ดีและผนังเซลล์ยีสต์จะเป็นพรีไบโอติค[2,4] ยีสต์ที่นำมาใช้เป็นสารเสริมในอาหารสัตว์มีหลายรูปแบบได้แก่ เซลล์ยีสต์(whole cell yeast) ยีสต์เซลล์แตก (autolysate yeast) ยีสต์สกัด(yeast extract) และผนังเซลล์ยีสต์(yeast cell wall) จากการทดลองการใช้กากยีสต์แห้งทดแทนปลาป่นในอาหารปลาสวายโมงที่ระดับ 45% ทำให้น้ำหนักสุดท้าย น้ำหนักเพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กินได้ และอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ($P<0.05$)[5] ในสัตว์ปีก การเสริมยีสต์เซลล์แตกที่ระดับ 2%ในอาหารนกกระทา ทำให้ปริมาณอาหารที่กินลดลง ประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้น ระดับคลอเรสเตอรอลลดลง ในนกกระทาทั้ง 2 เพศ และน้ำหนักเนื้ออกเพิ่มขึ้นในเพศเมีย[6] และการเสริมยีสต์เซลล์แตกในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 0.2, 0.3 และ0.4% ทำให้อัตราการไข่ น้ำหนักไข่ และประสิทธิภาพการใช้อาหารเพิ่มขึ้น ลดคลอเรสเตอรอลในไข่แดง[7] แต่การเสริมยีสต์คัลเจอร์ในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ0.2% ในอาหารที่มีกากถั่วเหลือง หรือกากเมล็ดทานตะวันเป็นแหล่งโปรตีนจากพืชพบว่าไม่มีผลต่อปริมาณอาหารที่กิน อัตราการไข่ ประสิทธิภาพการใช้อาหาร คุณภาพไข่และค่าดัชนีในเลือด($P>0.05$) น้ำหนักไข่ น้ำหนักตัวและปริมาณยูริคในเลือดเพิ่มขึ้น คลอเรสเตอรอลในไข่แดงลดลง ($P<0.05$)[8] ดังนั้นการเสริมยีสต์ในอาหารไก่ไข่จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตและเพิ่มมูลค่าของผลพลอยได้จากอุตสาหกรรม การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลการเสริมเซลล์ยีสต์และยีสต์เซลล์แตกในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตไข่

วิธีดำเนินการวิจัย

ใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยใช้ไก่ไข่ลูกผสมทางการค้าพันธุ์โรมันบราวน์ อายุ 28 สัปดาห์ จำนวน 150 ตัว แบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ตัว เลี้ยงในกรงตับ กรงละ 2 ตัว ในโรงเรือนแบบปิดที่มีการควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนด้วยระบบ Evaporative Cooling System โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ย 28±3 องศาเซลเซียส ให้อาหารและน้ำอย่างเต็มที่ ระยะเวลาการเลี้ยง 12 สัปดาห์ แบ่งกลุ่มทดลองดังนี้ กลุ่มที่1 อาหารปกติ (ควบคุม: 0%Y) กลุ่มที่ 2 เสริมเซลล์ยีสต์ 5 % (whole cell yeast : 5%WY) และกลุ่มที่ 3 เสริมยีสต์เซลล์แตก 2 % (autolysate yeast : 2%AY) โดยมีองค์ประกอบทางเคมีของอาหารดังนี้ความชื้น 9.94, 10.33, 10.33 % โปรตีน 17.52, 18.67, 18.04% ไขมัน 3.44, 3.57, 3.56% เยื่อใย 7.53, 6.43, 7.05 % และเถ้า 9.56, 8.48, 8.56% ในกลุ่มควบคุม กลุ่มที่เสริมเซลล์ยีสต์และยีสต์เซลล์แตกตามลำดับ

การเก็บข้อมูลผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่ จำนวนไข่แต่ละขนาด ทุกซ้ำทุกวัน และปริมาณอาหารที่กินทุก 2 สัปดาห์ เพื่อนำมาคำนวณหาปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวัน อัตราการไข่ น้ำหนักไข่ มวลไข่ ปริมาณอาหารที่กินต่อน้ำหนักไข่ 1 กิโลกรัม ปริมาณ

อาหารที่กินต่อผลผลิตไข่ 1 โหล อัตราการเลี้ยงรอด และจำนวนไข่แต่ละขนาด ตลอดการทดลอง นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD)[9]

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากตารางที่ 1 และ 2 พบว่าปริมาณอาหารที่กิน อัตราการไข่ ปริมาณอาหารที่กินต่อน้ำหนักไข่ 1 กิโลกรัม ปริมาณอาหารที่กินต่อผลผลิตไข่ 1 โหล อัตราการเลี้ยงรอด ไข่ขนาดกลาง และไข่ขนาดเล็ก แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ($P>0.05$) แต่น้ำหนักไข่ มวลไข่ และไข่ขนาดใหญ่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยกลุ่มที่เสริม WY 5% จะมีน้ำหนักไข่ มวลไข่ และไข่ขนาดใหญ่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการเสริมเซลล์ยีสต์ในอาหารทำให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหารมากกว่ากลุ่มที่เสริมยีสต์เซลล์แตกและกลุ่มควบคุม ซึ่งโปรตีนมีผลต่อการสร้างส่วนต่างๆของร่างกาย โปรตีนจะถูกย่อยเป็นกรดอะมิโนชนิดต่างๆซึ่งกรดอะมิโนจะรวมกันเป็นโปรตีนที่พบในร่างกายหรือที่พบในไข่[10]การเปลี่ยนแปลงของปริมาณการไข น้ำหนักตัว และปริมาณอาหารที่กินของไก่ไข่ในระยะให้ไข่จะสัมพันธ์กับระดับโปรตีนที่กิน ระดับโปรตีนในอาหารมีผลต่อสมรรถภาพการผลิตและอาหารที่มีระดับโปรตีนสูงจะทำให้น้ำหนักไข่เพิ่มขึ้นตามปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้น[11] ขนาดของไข่ใหญ่ขึ้น ระดับโปรตีนจึงมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการผลิตไข่ในด้านน้ำหนัก และขนาดของไข่ ระดับที่เหมาะสมในช่วงที่เริ่มให้ผลผลิตของแม่ไก่ 1 ตัว ควรได้รับโปรตีนที่ย่อยได้ 19.5 กรัมต่อวัน หลังจากอายุ 30 - 50 สัปดาห์ควรได้รับ 18.5 กรัมต่อวัน แต่ถ้าแม่ไก่ได้รับโปรตีนที่ย่อยได้ต่ำกว่านี้มีผลทำให้ขนาดไข่เล็กลง[(12)]นอกจากคุณค่าทางอาหาร การเสริมเซลล์ยีสต์ ผนังเซลล์ยีสต์ยังเป็นพรีไบโอติคซึ่งมีคุณสมบัติป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค กระตุ้นภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะเจาะจง[(1,4)]แมนแนนโอลิโกแซคคาไรด์จะป้องกันแบคทีเรียที่จับวิลไล[(13)] การเสริมผนังเซลล์ยีสต์ที่ระดับ 250 ppm ทำให้น้ำหนักไข่เพิ่มขึ้น ($P<0.05$) แต่คุณภาพไข่ไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากสุขภาพและความสมบูรณ์ของระบบย่อยอาหารดีขึ้น การย่อยอาหาร การดูดซึม และประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้น[(14 ,7)]ส่งผลให้สัตว์สามารถให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการไข่ ปริมาณอาหารที่กินต่อน้ำหนักไข่ 1 กิโลกรัม และปริมาณอาหารที่กินต่อผลผลิตไข่ 1 โหลไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้งนี้อาจเนื่องจากการทดลองนี้เลี้ยงไก่ไข่ในโรงเรือนที่ควบคุมอุณหภูมิสภาพแวดล้อม ในขณะเดียวกันอาหารที่ได้รับก็มีคุณค่าทางอาหารครบตามความต้องการของสัตว์ ไก่จะกินอาหารตามความต้องการโภชนะและการนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการผลิตไข่[(15)] แม้การเสริมยีสต์เซลล์แตกซึ่งเป็นยีสต์ที่สลายตัวเอง ประกอบด้วยเซลล์ที่ย่อยสลาย โปรตีนที่ละลายได้ และผนังเซลล์ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์[(16)] แต่การเสริมในระดับที่ทดลองอาจจะยังไม่เหมาะสม จึงทำให้สมรรถภาพการผลิตไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับอาหารปกติ

ตารางที่ 1 การเสริมเซลล์ยีสต์และยีสต์เซลล์แตกในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิต

สรรถภาพการผลิต	กลุ่มทดลอง			P-value
	0%Y	5%WY	2%AY	
ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว/วัน)	105.31±0.41	106.19±1.01	105.46±0.57	0.65
อัตราการไข่ (%)	91.64±1.31	94.23±0.69	93.23±0.62	0.18
น้ำหนักไข่ (กรัม)	56.33±0.39^{a}	57.55±0.23^{b}	56.32±0.38^{a}	0.04
ปริมาณอาหารที่กินต่อน้ำหนักไข่ 1 กิโลกรัม	2.04±0.02	1.96±0.03	2.00±0.00	0.09
ปริมาณอาหารที่กินต่อผลผลิตไข่ 1 โหล (กิโลกรัม)	1.38±0.02	1.35±0.02	1.35±0.00	0.56
มวลไข่ (กรัม)	51.60±0.64^{a}	54.24±0.42^{b}	52.54±0.41^{a}	0.01
อัตราการเลี้ยงรอด (%)	100.00±0.00	100.00±0.00	100.00±0.00	-

หมายเหตุ ^{a,b} ตัวอักษรต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 2 การเสริมเซลล์ยีสต์และยีสต์เซลล์แตกในอาหารไก่ไข่ต่อขนาดของไข่

ขนาดไข่(กรัม)	กลุ่มทดลอง			P-value
	0%Y	5%WY	2%AY	
ขนาดใหญ่>60 (%)	21.38±3.55[a]	34.82±2.41[b]	25.19±3.24[a]	0.02
ขนาดกลาง 55-60 (%)	53.93±2.41	46.49±2.53	46.14±4.32	0.19
ขนาดเล็ก<55 (%)	24.68±2.60	18.68±2.26	28.67±4.04	0.10

หมายเหตุ [a,b] ตัวอักษรต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

สรุป

การเสริมเซลล์ยีสต์ 5% และยีสต์เซลล์แตก 2% ในอาหารไก่ไข่ไม่ทำให้ต่อปริมาณอาหารที่กิน อัตราการไข่ ปริมาณอาหารที่กินต่อน้ำหนักไข่ 1 กิโลกรัม ปริมาณอาหารที่กินต่อผลผลิตไข่ 1 โหล อัตราการเลี้ยงรอด ไข่ขนาดกลางและไข่ขนาดเล็กแตกต่างจากกลุ่มควบคุม แต่น้ำหนักไข่ มวลไข่ และไข่ขนาดใหญ่ในกลุ่มที่เสริมเซลล์ยีสต์สูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมยีสต์เซลล์แตก

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่ให้การสนับสนุนการทำงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Shurson GC, Yeast and yeast derivatives in feed additives and ingredients: Sources, characteristics, animal responses, and quantification methods. Anim Feed Sci and Tech. 2018;235:60-76.
2. วราพันธุ์ จินตณวิชญ์. สิ่งที่พึงระวังในการใช้ยีสต์เป็นอาหารสัตว์. วรสารปศุสัตว์เกษตรศาสตร์. 2556; 40:44-6.
3. Bhattacharjee JE, Microorganism as potential sources of food. Adv in Appl 1970;139-59.
4. กนกทิพย์ ปัญญาไชย, มงคล ยะไชย. บทบาทของผนังเซลล์ยีสต์ในการเป็นสารเสริมอาหารสัตว์. วารสารสัตวศาสตร์แห่งประเทศไทย. 2557; 1:1-10.
5. สมร พรชื่นวงศ์, โชคชัย วนภู, จิรวัฒน์ ยงสวัสดิกุล, กาญจนา พยุหะ, นพดล พิพารัตน์, กุณฑิกา เวชกลาง. การใช้กากยีสต์แห้ง (dried brewer's yeast) และกากสาโท (rice wine residual) เป็นแหล่งโปรตีนเพื่อทดแทนการใช้ปลาป่นในอาหารปลาสวายโมง(Thai Panda). รายงานวิจัย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา. 2559.
6. Bolacli M, Irak K. Effect of dietary yeast autolysate on performance, slaughter, and carcass characteristics, as well as blood parameters, in quail of both genders. South Afric J of Anim Sci. 2017;47:460-70.
7. Yalcin S, Yalcin S, Cakin K, Eltan O, Dagasan L. Effects of dietary yeast autolysate (*Saccharomyces cerevisiae*) on performance, egg traits, egg cholesterol content, egg yolk fatty acid composition and humoral immune response of laying hen. J Sci Food Agric. 2010;90;1695-701. doi: 10.1002/jsfa.4004.
8. Yalcın S, Ozsoy B, Erol H, Yalcin S. Yeast culture supplementation to laying hen diets containing soybean meal or sunflower seed meal and its effect on performance, egg quality traits, and blood chemistry. J Appl Poult Res. 2008;17:229–36. doi:10.3382/japr.2007-00064.
9. จรัญ จันทลักขณา. สถิติวิธีวิเคราะห์และวางแผนงานวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช. 2527.

10. ไชยา อุ้ยสูงเนิน. การเลี้ยงไก่ไข่. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ:สมาคมการเลี้ยงไก่ไข่. 2532.
11. Shim MY, Song E, Billard L, Aggrey SE, Pesti GM, Sodsee P. Effects of balanced dietary protein levels on egg production and egg quality parameters of individual commercial layers. Poult Sci. 2013; 92:2687-96. doi: 10.3382/ps.2012-02569.
12. Church D C. Livestock Feeds and Feeding. 13th ed. New Jersey: Prentic-Hall, Inc. 1991.
13. Roto SM, Rubinelli PM, Ricke SC. An introduction to the avian gut microbiota and the effects of yeast-based prebiotic-type compounds as potential feed additives. Front Vet Sci. 2015; 2:28-104. doi: 10.3389/fvets.2015.00028.
14. Hashim M, Fowler J, Haq A, Bailey C A. Effects of yeast cell wall on early production laying hen performance. J Appl Poult Res. 2013;22 :792–97. doi.org/ 10.3382/japr.2012-00712.
15. Leeson S, Summers JD. Commercial Poultry Nutrition. Ontario: University Books Guelph. 1991.
16. Dziezak, JD. Yeast and yeast derivative definition, characteristics and process. Food Tech. 1987;41:104-21.

[AS-P42] การเพิ่มประสิทธิภาพปุ๋ยหมักในการปลูกผักอินทรีย์โดยการเร่งการปลดปล่อยธาตุอาหารพืช

Increasing the Efficiency of Compost in Organic Vegetable Production by Nutrient Releasing Stimulation

อังคณา ธนกัญญา*, ปิยะภรณ์ จิตรเอก, เมธาวี ปานเถื่อน, สิรภพ สันตินามชัย และ ชิตชนก วิมลรักษา
Ankana Thanakanya*, Piyaporn Jit-aek, Methawee Panthuean, Sirapop Santinamchai
and Chitchanok Wimolraksa
สาขาการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: ankanath@exchange.rmutt.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางการเร่งการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชในปุ๋ยหมักให้ทันกับความต้องการของพืชผักอายุสั้นในการปลูกผักอินทรีย์ แบ่งเป็น 2 การทดลองคือ การทดลองที่ 1 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักในการปลูกผักกวางตุ้งที่ปลูกในกระถาง โดยทดลอง 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 ส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้ทำปุ๋ยหมักที่แตกต่างกัน 3 ตำรับ ปัจจัยที่ 2 วิธีการให้ปุ๋ยหมักแก่ต้นกวางตุ้ง มี 2 วิธี คือ วิธีที่ 1 ผสมปุ๋ยหมักแห้งไปกับวัสดุปลูก กับ วิธีที่ 2 ทำเป็นชาปุ๋ยหมัก แล้วแบ่งใส่ 3 ครั้ง พบว่า ปัจจัยที่ 1 คือส่วนผสมวัตถุดิบที่ใช้ทำปุ๋ยหมักไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง แต่ปัจจัยที่ 2 คือวิธีการใส่ปุ๋ยส่งผลต่อผลผลิตกวางตุ้ง กล่าวคือวิธีการทำเป็นชาปุ๋ยหมักและแบ่งใส่เป็นระยะๆ ทำให้ต้นกวางตุ้งมีน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ความสูงของต้น และจำนวนใบมากกว่าการใส่แบบผสมไปพร้อมกับวัสดุปลูก การทดลองที่ 2 การใช้ชาปุ๋ยหมักแทนสารเคมีในการปลูกผักบุ้งจีนที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์แบบน้ำลึกเติมอากาศและใช้กาบมะพร้าวสับเป็นวัสดุปลูก ประกอบด้วย 4 สิ่งทดลอง ได้แก่ สิ่งทดลองที่ 1 ปลูกในสารละลายชาปุ๋ยหมัก สิ่งทดลองที่ 2 ปลูกในสารละลายชาปุ๋ยหมักที่เติมปุ๋ยหมักเพิ่มลงไป 500 มิลลิลิตรต่อกล่อง สิ่งทดลองที่ 3 ใช้กาบมะพร้าวสับหมักกับปุ๋ยหมัก 500 มิลลิลิตรต่อกระบะ เป็นเวลา 1 สัปดาห์ ก่อนนำมาปลูกในสารละลายชาปุ๋ยหมัก สิ่งทดลองที่ 4 ปลูกในสารละลายสารเคมีมาตรฐาน A+B ทำการทดลองเป็นเวลา 29 วัน พบว่าการปลูกในสารละลายมาตรฐานทำให้ต้นผักบุ้งมีความสูง น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง ดีกว่าสิ่งทดลองอื่น รองลงไปคือสิ่งทดลองที่ 3 คือการหมักวัสดุปลูกกับปุ๋ยหมักก่อนนำไปใช้ ส่วนสิ่งทดลองที่ 1 และ 2 พบว่าต้นผักบุ้งแสดงอาการขาดธาตุไนโตรเจนอย่างชัดเจน กล่าวคือลำต้นแคระแกรน และใบเหลือง

คำสำคัญ: *ผักอินทรีย์, ปุ๋ยหมัก, ชาปุ๋ยหมัก*

Abstract

The objective of this research is to find ways to accelerate the release of plant nutrients in compost to keep up with the need of fast growing vegetable crops in organic vegetable cultivation. It is divided into 2 experiments. Experiment 1: Factors affecting growth and yield of bok choy grown in the pots where the 2 factors were studied: factor 1; compost's raw material composition, consisted of 3 different compost formulas, and factor 2; methods of applying compost, consisted of 2 applying methods: dry compost and compost tea. It is found that the raw material formulas used for composting do not affect growth and yield of bok choy, but applying compost as compost tea increased fresh weight, dry weight, height, and leave number of the plants compared with the method of mixing dry compost with planting material. Experiment 2: The use of compost tea as hydroponic nutrient solution for Chinese morning glory cultivation. Four treatments were applied: 1) compost tea, 2) compost tea mixed with 500 ml. of dry compost, 3) incubated planting

substrate with 500 ml. of compost prior to use, and 4) the standard hydroponic chemical solution. Plants showed best growth in standard hydroponic chemical solution followed by those in treatment 3 while plants in treatment 1 and 2 showed nitrogen deficiency symptoms as shorter stem and yellow leaves.

Keywords: *organic vegetable, compost fertilizer, compost tea*

บทนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคนิยมบริโภคผักอินทรีย์กันมากขึ้น ทำให้เกษตรกรต้องใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการผลิตพืชผักแทนปุ๋ยเคมี แต่การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในพืชผักอายุสั้นในระยะแรกมักให้ผลผลิตต่ำกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี เนื่องจากธาตุอาหารพืชที่มีอยู่ในปุ๋ยอินทรีย์นั้นยังอยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์ซึ่งพืชไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ ต่อมาเมื่อใส่ลงในดินแล้วจึงถูกจุลินทรีย์ในดินเปลี่ยนให้อยู่ในรูปสารประกอบอนินทรีย์ จากนั้นพืชจึงจะดูดไปใช้ได้ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวนั้นใช้เวลา โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุไนโตรเจน ซึ่งมีความสำคัญในการเจริญเติบโตของส่วนใบและลำต้น ทำให้ไม่ทันกับการเจริญเติบโตของพืชผักอายุสั้น ซึ่งมีช่วงการเจริญเติบโตเพียง 21- 45 วันส่งผลให้พืชมีขนาดเล็ก ผลผลิตต่ำ ดังนั้นการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ให้ได้ผลดีในพืชผักอายุสั้นจึงจำเป็นต้องมีการเร่งการปลดปล่อยธาตุอาหารให้เร็วขึ้น เพื่อให้ตรงกับช่วงการเจริญเติบโตของพืชผัก จากการทดลองของชุติมณฑน์[1] พบว่าการนำปุ๋ยหมักไปหมักในน้ำก่อนใส่ให้แก่พืชทำให้ไนโตรเจนในปุ๋ยหมักถูกปลดปล่อยให้อยู่ในรูปของแอมโมเนียม และไนเตรท เมื่อใส่ให้ต้นคะน้าทำให้ต้นคะน้ามีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงกว่าต้นที่ได้รับปุ๋ยหมักแบบแห้งที่ผสมไปกับดินปลูก เทคนิคการนำปุ๋ยหมักไปแช่หรือหมักในน้ำก่อนนำไปใช้กับพืชนี้ในต่างประเทศมีชื่อเรียกว่าการทำชาปุ๋ยหมัก หรือ compost tea[2] งานวิจัยนี้แบ่งเป็น 2 การทดลอง คือการทดลองที่ 1 เป็นการทดสอบประสิทธิภาพของชาปุ๋ยหมักที่ผลิตตามกรรมวิธีของชุติมณฑน์ที่มีต่อการปลูกกวางตุ้งในวัสดุปลูก โดยเพิ่มการศึกษาในเรื่องส่วนผสมวัตถุดิบที่ใช้ทำปุ๋ยหมักขึ้นมาอีกหนึ่งปัจจัยเนื่องจากในงานวิจัยของชุติมณฑน์ไม่ได้กล่าวถึงรายละเอียดที่มาของวัตถุดิบปุ๋ยหมักที่ใช้ และการทดลองที่ 2 เป็นการต่อยอดการใช้ประโยชน์ชาปุ๋ยหมักไปยังการปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิกส์ โดยเลือกใช้ผักบุ้งจีนเป็นพืชทดสอบเนื่องจากเมื่อขาดธาตุไนโตรเจน ผักบุ้งจีนจะแสดงอาการขาดอย่างชัดเจน กล่าวคือจะมีต้นเตี้ยแคระแกรน น้ำหนักน้อย และใบเหลือง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมปุ๋ยหมัก

1.1 เตรียมส่วนผสมของปุ๋ยหมักที่มีส่วนประกอบของวัตถุดิบแตกต่างกัน 3 ตำรับได้แก่
ตำรับที่ 1 ใบไม้แห้ง มูลวัว อัตรา 3:1 โดยปริมาตร
ตำรับที่ 2 ใบไม้แห้ง มูลวัว เปลือกสับปะรด อัตรา 2:1:1 โดยปริมาตร
ตำรับที่ 3 ใบไม้แห้ง มูลวัว เปลือกสับปะรด อัตรา 1½:1:1½ โดยปริมาตร
โดยเตรียมตำรับละ 4 ซ้ำซ้ำละ 8 ลิตร

1.2 ใส่ส่วนผสมลงในกะละมัง เติมน้ำให้มีความชื้นและคลุกเคล้าทุกวันจนวัสดุสลายตัวกลายเป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์ใช้เวลา 58 วัน

2. การทำชาปุ๋ยหมัก[1]

2.1 ตวงปุ๋ยหมักที่สลายตัวดีแล้วจากข้อ 1 ปริมาตร 500 มิลลิลิตรใส่ลงในถังน้ำ เติมน้ำปริมาตร 2 ลิตร กวนต่อเนื่องเป็นเวลา 10 นาที

2.2 กรองส่วนผสม นำส่วนที่เป็นน้ำไปหมักต่อในภาชนะปิดฝา

2.3 ส่วนที่เป็นกาก ใส่ลงในถังน้ำ เติมน้ำปริมาตร 2 ลิตร กวนเป็นเวลา 10 นาที หมักต่อเป็นเวลา 12 วัน

2.4 นำส่วนผสมในข้อ 2.2 และ 2.3 มาผสมกันใช้เป็นชาปุ๋ยหมักต่อไป

3. การศึกษาผลของปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกวางตุ้งที่ปลูกในกระถาง

3.1 วางแผนการทดลองแบบ 3 x 2 Factorial in CRD จำนวน 4 ซ้ำ เพื่อทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักจำนวน 2 ปัจจัย คือส่วนประกอบของวัตถุดิบที่ใช้ทำปุ๋ยหมัก กับวิธีการให้ปุ๋ยที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกวางตุ้ง

ปัจจัยที่ 1 ส่วนประกอบวัตถุดิบของปุ๋ยหมัก มี 3 ตำรับ ตามที่ระบุในข้อ 1.1

ปัจจัยที่ 2 วิธีการให้ปุ๋ยหมัก มี 2 วิธีคือ วิธีที่ 1 ผสมปุ๋ยหมักแห้งไปกับวัสดุปลูก และ วิธีที่ 2 การทำเป็นชาปุ๋ยหมักแล้วแบ่งใส่ 3 ครั้ง โดยทั้ง 2 วิธีจะใช้ปุ๋ยหมักในปริมาตรที่เท่ากันคือ 500 มิลลิลิตรต่อกระถาง

3.2 การผสมผสมวัสดุปลูกในวิธีการให้ปุ๋ยหมักแบบที่1 ทำโดย ผสมดิน แกลบดิบ และปุ๋ยหมัก โดยใช้อัตราส่วนดิน+แกลบดิบ+ปุ๋ยหมัก= 2:1:1 โดยปริมาตร โดยใช้ปุ๋ยหมัก 3 ตำรับจากข้อ 1.1 ตำรับละ 4 กระถาง รวมเป็น 12 กระถาง และไม่ใส่ปุ๋ยเพิ่มอีกเลยตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง

3.3 เตรียมวัสดุปลูกโดยใช้อัตราส่วนเดียวกันกับ ในข้อ 3.2 เพียงแต่ไม่มีปุ๋ยหมักเป็นส่วนผสม จำนวน 12 กระถาง เพื่อใช้ทดลองใส่ชาปุ๋ยหมักตามที่เตรียมไว้ในข้อ 2.4

3.4 ปลูกผักกวางตุ้งภายในโรงเรือน รวม 24 กระถาง กระถางละ 2 ต้น ตามที่วางแผน

3.5 แบ่งชาปุ๋ยหมักที่เตรียมเอาไว้แต่ละซ้ำเป็น 3 ส่วน แล้วใส่ให้แก่ต้นกวางตุ้งกระถางที่ทดลองใส่ชาปุ๋ยหมัก เมื่อมีอายุครบ 2 3 และ 4 สัปดาห์

3.6 บันทึกข้อมูลโดยการนับจำนวนใบ วัดส่วนสูง ชั่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง เมื่อมีอายุครบ 45 วัน

3.7 วิเคราะห์ผลของแต่ละปัจจัย และผลของปัจจัยร่วม และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี lsd

4. การศึกษาผลของปุ๋ยหมัก และชาปุ๋ยหมักในการปลูกผักบุ้งในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำลึกเติมอากาศประยุกต์โดยใช้กาบมะพร้าวสับเป็นวัสดุปลูก

4.1 วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 ซ้ำ 4 สิ่งทดลอง จำนวน 3 ซ้ำได้แก่

สิ่งทดลองที่ 1 ใช้สารละลายชาปุ๋ยหมักแทนสารละลายสารเคมีมาตรฐานในการปลูกผักบุ้งจีน

สิ่งทดลองที่ 2 ใช้สารละลายชาปุ๋ยหมักที่เติมปุ๋ยหมักเพิ่มลงไป ปริมาตร 500 มิลลิลิตร/กล่องแทนสารละลายสารเคมีมาตรฐานในการปลูกผักบุ้งจีน

สิ่งทดลองที่ 3 หมักวัสดุปลูกคือกาบมะพร้าวสับกับปุ๋ยหมัก 500 มิลลิลิตร/กะบะ เติมน้ำให้มีความชื้นเล็กน้อยหมักไว้เป็นเวลา 1 สัปดาห์ก่อนนำมาใช้ปลูกผักบุ้งในสารละลายชาปุ๋ยหมักแทนสารละลายสารเคมีมาตรฐานในการปลูกผักบุ้งจีน

สิ่งทดลองที่ 4 ใช้สารละลายมาตรฐาน A+B โดยใช้ความเข้มข้นที่ระดับค่า Ec = 2.2 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร

4.2 เตรียมวัสดุปลูก โดยการแช่กาบมะพร้าวสับไว้ในน้ำ 1 สัปดาห์ก่อนนำมาใช้ในทุกสิ่งทดลอง

4.3 เตรียมชาปุ๋ยหมักตามวิธีที่ระบุในข้อ 2

4.4 นำวัสดุปลูกมาใส่ตะกร้าแล้วเพาะเมล็ดโดยแบ่งเป็น 3 แถว แถวละ 5 เมล็ด และนำตะกร้าที่เพาะเมล็ดแล้วมาวางลงบนกล่องพลาสติกขนาดความจุ 20 ลิตรที่เติมสารละลายชาปุ๋ยหมักหรือสารละลายสารเคมีมาตรฐานตามแผนการทดลอง และต่อปั๊มเติมอากาศเพื่อทำเป็นระบบไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำลึก ปลูกภายในโรงเรือนเพื่อป้องกันโรค และแมลง

4.5 เมื่ออายุครบ 29 วัน บันทึกข้อมูลความสูง น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี lsd

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกวางตุ้งที่ปลูกในกระถาง

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกวางตุ้งที่ปลูกในกระถาง ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 คือส่วนผสมวัตถุดิบที่นำมาใช้ทำปุ๋ยหมักที่แตกต่างกัน 3 ตำรับ และปัจจัยที่ 2 คือ วิธีการใส่ปุ๋ย 2 แบบคือแบบทำเป็นชาปุ๋ยหมัก แล้วแบ่งใส่ 3 ครั้ง กับแบบผสมปุ๋ยหมักไปพร้อมกับวัสดุปลูก พบว่าปัจจัยที่ 2 คือวิธีการใส่ปุ๋ย ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกวางตุ้งอย่างชัดเจน กล่าวคือ ต้นกวางตุ้งที่ใส่ชาปุ๋ยหมักจำนวน 3 ครั้งมีการเจริญเติบโตสูงกว่าต้นกวางตุ้งที่ใส่ปุ๋ยหมักแบบแห้งในทุกๆ ตำรับปุ๋ย ส่วนความแตกต่างระหว่างตำรับปุ๋ยนั้นไม่ชัดเจน แสดงให้เห็นดังภาพที่ 1 และตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 4



ภาพที่ 1 ผักกวางตุ้งที่ได้รับปุ๋ยหมักด้วยวิธีการที่แตกต่างกันอายุ 45 วัน

ตารางที่ 1 น้ำหนักสดเฉลี่ยของผักกวางตุ้งไม่รวมราก (กรัม/ต้น) เมื่ออายุ 45 วัน

ปัจจัยการทดลอง	ตำรับที่ 1	ตำรับที่ 2	ตำรับที่ 3	เฉลี่ย	ผลวิเคราะห์ทางสถิติ
การให้ปุ๋ยแบบชาปุ๋ยหมัก	7.25	9.05	13.04	9.78[a]	**
การผสมปุ๋ยหมักกับวัสดุปลูก	2.42	3.41	3.79	3.21[b]	
เฉลี่ย	4.84	6.23	8.42		
ผลวิเคราะห์ทางสถิติ		ns			

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์/แถวเดียวกันเดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ
ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
** แตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ตารางที่ 2 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักกวางตุ้งไม่รวมราก (กรัม/ต้น) เมื่ออายุ 45 วัน

ปัจจัยการทดลอง	ตำรับที่ 1	ตำรับที่ 2	ตำรับที่ 3	เฉลี่ยแต่ละวิธี	ผลวิเคราะห์ทางสถิติ
การให้ปุ๋ยแบบชาปุ๋ยหมัก	0.70	0.91	1.25	0.95[a]	**
การผสมปุ๋ยหมักกับวัสดุปลูก	0.43	0.33	0.37	0.38[b]	
เฉลี่ยแต่ละตำรับ	0.57	0.62	0.81		
ผลวิเคราะห์ทางสถิติ		ns			

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์/แถวเดียวกันเดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ
ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
** แตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ตารางที่ 3 ความสูง (เซนติเมตร) ของผักกวางตุ้ง เมื่ออายุ 45 วัน

ปัจจัยการทดลอง	ตำรับที่ 1	ตำรับที่ 2	ตำรับที่ 3	เฉลี่ยแต่ละวิธี	ผลวิเคราะห์ทางสถิติ
การให้ปุ๋ยแบบชาปุ๋ยหมัก	17.89	19.32	20.14	19.12[a]	**
การผสมปุ๋ยหมักกับวัสดุปลูก	9.91	13.88	11.25	11.68[b]	
เฉลี่ยแต่ละตำรับ	13.90	16.60	15.70		
ผลวิเคราะห์ทางสถิติ		ns			

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์/แถวเดียวกันเดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ
ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
** แตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ตารางที่ 4 จำนวนใบเฉลี่ยของผักกวางตุ้งเมื่ออายุ 45 วัน

ปัจจัยการทดลอง	ตำรับที่ 1	ตำรับที่ 2	ตำรับที่ 3	เฉลี่ยแต่ละวิธี	ผลวิเคราะห์ทางสถิติ
การให้ปุ๋ยแบบชาปุ๋ยหมัก	6.00	6.75	7.63	6.79[a]	**
การผสมปุ๋ยหมักกับวัสดุปลูก	3.88	4.75	5.75	4.79[b]	
เฉลี่ยแต่ละตำรับ	4.94	5.75	6.69		
ผลวิเคราะห์ทางสถิติ		ns			

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์/แถวเดียวกันเดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ
ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
** แตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ผลที่ได้สอดคล้องกับการทดลองของชุติมณฑน์[(1)] ที่ทำการทดลองกับผักคะน้าซึ่งวิธีการทำชาปุ๋ยหมักที่นำมาใช้ในการทดลองนี้ เป็นวิธีการที่พบว่าสามารถเกิด แอมโมเนียม และไนเตรท ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในปริมาณที่สูงที่สุด และอยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสมโดยไนเตรทที่เกิดขึ้นจะไม่มีการสูญเสียไปโดยกระบวนการ denitrification เหมือนกับการทำชาปุ๋ยหมักด้วยวิธีการอื่น

2. ผลจากการศึกษาผลของปุ๋ยหมัก และชาปุ๋ยหมักในการปลูกผักบุ้งในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำลึกเติมอากาศประยุกต์ โดยใช้กาบมะพร้าวสับเป็นวัสดุปลูก

จากการศึกษาผลของปุ๋ยหมัก และชาปุ๋ยหมักที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นผักบุ้งจีนที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำลึกเติมอากาศและใช้กาบมะพร้าวสับเป็นวัสดุปลูก ประกอบด้วย 4 สิ่งทดลอง ได้แก่ สิ่งทดลองที่ 1 ปลูกในสารละลายชาปุ๋ยหมัก สิ่งทดลองที่ 2 ปลูกในสารละลายชาปุ๋ยหมักที่เติมปุ๋ยหมักเพิ่มลงไปปริมาณ 500 มิลลิลิตร/กล่อง สิ่งทดลองที่ 3 ใช้กาบมะพร้าวสับหมักกับปุ๋ยหมักปริมาณ 500 มิลลิลิตร/ตะกร้าเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ก่อนนำมาปลูกในสารละลายชาปุ๋ยหมัก สิ่งทดลองที่ 4 ปลูกในสารละลายมาตรฐาน ทำการทดลองเป็นเวลา 29 วัน ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 5 และภาพที่ 2

ตารางที่ 5 การเจริญเติบโตของผักบุ้งจีนที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำลึกเติมอากาศโดยใช้สารละลายชาปุ๋ยหมักแบบต่าง ๆ

ปัจจัยการทดลอง	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง	ความสูง
1.สารละลายชาปุ๋ยหมัก	11.08[b]	0.80[b]	25.46[b]
2.สารละลายชาปุ๋ยหมักที่เติมปุ๋ยหมักเพิ่ม	6.59[b]	0.77[b]	28.74[b]
3.สารละลายชาปุ๋ยหมักกับกากมะพร้าวที่คลุกกับปุ๋ยอินทรีย์	17.98[ab]	1.86[ab]	46.89[a]
4.สารเคมี A และ B	30.00[a]	2.86[a]	36.95[ab]
F-test	**	**	**
C.V.(%)	37.32	32.29	12.55
LSD 0.01	16.78	1.39	11.83

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันเดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ
** แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.01



ภาพที่ 2 ต้นผักบุ้งจีนที่ปลูกในไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำลึกเติมอากาศเป็นเวลา 29 วัน

จากการทดลองพบว่า สิ่งทดลองที่ 3 คือการหมักกากมะพร้าวสับกับปุ๋ยหมัก 500 มิลลิลิตรต่อตะกร้าเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ก่อนนำมาใช้เป็นวัสดุปลูกทำให้ต้นผักบุ้งมีการเจริญเติบโตดีกว่าผักบุ้งที่ปลูกในชาปุ๋ยหมัก และผักบุ้งที่ปลูกในชาปุ๋ยหมักที่เติมปุ๋ยหมักลงไปปริมาตร 500 มิลลิลิตรเท่ากัน แต่น้อยกว่าผักบุ้งที่ปลูกในสารละลาย A+B และไม่แสดงอาการขาดธาตุไนโตรเจนเท่าผักบุ้งในสิ่งทดลองที่ 1 และ 2 ซึ่งมีต้นเล็ก แคระแกรน และใบมีสีเหลือง แสดงให้เห็นว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักได้เมื่อมีการใช้อย่างถูกวิธี

จากการทดลองทั้ง 2 การทดลอง แสดงให้เห็นว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักในการปลูกพืชอินทรีย์ได้ดียิ่งขึ้นด้วยการเร่งให้จุลินทรีย์ปลดปล่อยธาตุอาหารพืช โดยการทำเป็นชาปุ๋ยหมักแล้วแบ่งรดให้แก่พืชเป็นระยะ หรือการหมักกับวัสดุปลูกก่อนนำไปใช้ปลูกพืช ซึ่งจุลินทรีย์สามารถทำงานได้ดีในสภาพที่มีความชื้นที่เหมาะสม ไม่ใช่ในสภาพปุ๋ยหมักแห้งที่เก็บรักษาหรือที่มีจำหน่ายในบรรจุภัณฑ์ทั่วไป จากการทดลองของ Ngo and Cavagnaro[3] พบว่าการใส่ปุ๋ยหมักลงในดิน และเพิ่มความชื้นให้กับดินก่อนปลูกพืชช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน เพิ่มชีวมวลของพืชที่ปลูก และเพิ่มปริมาณเชื้อไมคอไรซาชนิดที่ฝังตัวอยู่ร่วมกับรากพืช (*arbuscular mycorrhizas*) มากกว่าดินที่ใส่ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว หรือให้ความชื้นแต่เพียงอย่างเดียว

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาการใช้ในสภาพการปลูกในไร่นาก็จะพบปัญหาไนโตรเจนที่ปลดปล่อยออกมาในดินนี้สามารถถูกชะล้างสูญเสียไปโดยน้ำฝนหรือน้ำชลประทานได้โดยง่ายเนื่องจากเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้ดี ดังนั้นในการปลูกพืชผักอายุสั้นในระบบอินทรีย์ เกษตรกรจึงควรแบ่งใส่ปุ๋ยหมักลงในดินบางส่วนและให้ความชื้นแก่ดินก่อนปลูกพืช เพื่อให้พืชมีไนโตรเจนใช้ในระยะแรกของการเจริญเติบโต และควรเพิ่มธาตุไนโตรเจนให้กับพืชผักในรูปของชาปุ๋ยหมักโดยแบ่งใส่เป็นระยะๆ ตามการเจริญเติบโตเพื่อลดการสูญเสีย และเพื่อลดการปนเปื้อนลงสู่สิ่งแวดล้อมอีกด้วย

สรุป

1. ส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้ทำปุ๋ยในการทดลองนี้ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพของปุ๋ยหมัก แต่การนำปุ๋ยหมักไปทำเป็นชาปุ๋ยหมักช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักเมื่อนำไปทดลองปลูกผักกวางตุ้ง ช่วยให้ผักกวางตุ้งเจริญเติบโตได้ดีกว่าใช้ปุ๋ยหมักแห้งไปผสมในวัสดุปลูก

2. การนำวัสดุปลูกไปหมักกับปุ๋ยหมักก่อนนำมาใช้ ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักบุ้งจีนที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำลึกเติมอากาศ เมื่อเปรียบเทียบกับผักบุ้งที่ปลูกในสารละลายชาปุ๋ยหมัก ผักบุ้งที่ปลูกในสารละลายชาปุ๋ยหมักที่เติมปุ๋ยหมักปริมาตรเท่ากัน แต่น้อยกว่าผักบุ้งที่ปลูกในสารละลายมาตรฐาน A+B

เอกสารอ้างอิง

1. ชุติมณฑน์ ชูพูดชา. 2553. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนจากปุ๋ยอินทรีย์กับการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักคะน้า (*Brassica oleracea*) ในระบบเกษตรอินทรีย์. วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีการศึกษา 2553.
2. Hatam S. Bahman F-N. Hassan A. Gholam A, Sadegh S. An Overview of the Benefits of Compost tea on Plant and Soil Structure. Adv. Biores., Vol 6 (1) January 2015: 154-158. DOI: 10.15515/abr.0976-4585.6.1.154158
3. H. T. T. Ngo and T. R. Cavagnaro. 2018. Interactive effects of compost and pre-planting soil moisture on plant biomass, nutrition and formation of mycorrhizas: a context dependent response. Sci Rep. 2018; 8: 1509. Published online 2018 Jan 24. doi: 10.1038/s41598-017-18780-2

[AS-P43] อิทธิพลของแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus* spp. ต่อผลผลิตของเห็ดฟางที่เพาะในตะกร้าพลาสติก

The Effects of Antagonistic Bacteria *Bacillus* spp. on the Yield of Straw Mushroom Grown in Plastic Basket

สุริยา สามลปาน*, Seyha Khin, นรกมล ขำวารี และ พราวมาส เจริญรักษ์
Suriya Samornparn*, Seyha Khin, Narakamon Khamwaree and Phraomas Charoenrak
สาขาการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: Naxlnuyasha@gmail.com*

บทคัดย่อ

แบคทีเรียปฏิปักษ์ที่ใช้ควบคุมโรคพืชโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่ม *Bacillus* spp. มีการผลิตสารต่าง ๆ ที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตของพืชได้ จึงได้นำมาศึกษาอิทธิพลของแบคทีเรียปฏิปักษ์ต่อผลผลิตของเห็ดฟางที่เพาะในตะกร้าพลาสติกด้วยการแช่ฟางข้าวในเซลล์แขวนลอยของชีวภัณฑ์แบคทีเรียบาซิลลัสปฏิปักษ์เบอร์ 2 (*B. amyloliquefaciens* สายพันธุ์ BB165) และ *B. siamensis* สายพันธุ์กลาย RRK1-rif เป็นเวลา 18 ชั่วโมง ก่อนนำมาใช้เพาะเห็ดฟางตะกร้า จากการทดลองพบว่ากรรมวิธีควบคุมที่ใช้น้ำเปล่ามีน้ำหนักต่อตะกร้า (248.78 กรัม) น้ำหนักต่อดอก (11.23 กรัม) ตลอดจนความกว้างและความยาวของดอกเห็ดฟาง (2.05 และ 2.21 เซนติเมตร ตามลำดับ) สูงที่สุด ในขณะที่กรรมวิธีที่ใช้ *B. siamensis* สายพันธุ์กลาย RRK1-rif มีค่าน้ำหนักต่อดอก ความสูง และความกว้างของดอกเห็ดไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม โดยแบคทีเรียปฏิปักษ์ที่ใช้ทดสอบสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเห็ดฟาง และเชื้อรา *Sclerotium rolfsii* สาเหตุโรคเห็ดฟางได้ 43.36-52.35 % และ 54.59-62.08 % ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการประเมินปริมาณเชื้อรา *S. rolfsii* ที่พบบริเวณรอบตะกร้าของเห็ดฟางในแต่ละกรรมวิธี

***คำสำคัญ**: เห็ดฟาง, โรคเห็ด, บาซิลลัส, แบคทีเรีย*

Abstract

Antagonistic bacteria that are used to control plant diseases, especially *Bacillus* spp. can produce various substances for promote plant growth and increase crop yields. Therefore, to study the effect of the antagonistic bacteria on the yield of straw mushroom grown in plastic baskets by soaking rice straw in cell suspension of antagonistic bacterial bacteria, *Bacillus* No. 2 (*B. amyloliquefaciens* strain BB165) and *B. siamensis* RRK1-rif (mutant strain) for 18 hours before using for mushroom basket cultivation. The results showed, the control treatment (use only water) had the highest weight per basket (248.78 g), weight per fruiting bodies (11.23 g), the width and the length of the straw mushroom fruiting bodies (2.05 and 2.21 cm, respectively). While the treatment *B. siamensis*, RRK1-rif mutant, had weight per fruiting bodies, width and lenght of the mushroom were not significantly with the control treatment. The antagonistic bacteria inhibit the mycelial growth of straw mushroom mycelia and *Sclerotium rolfsii*, cause of straw mushroom disease by 43.36-52.35 % and 54.59-62.08 %, respectively, which is consistent with *S. rolfsii* fungus found around the basket of straw mushrooms in each treatment.

***Keywords**: Straw mushroom, mushroom disease, Bacillus, bacteria*

บทนำ

เห็ดฟาง (*Volvariella volvacea*; ชื่อสามัญ Straw mushroom หรือ Paddy mushroom) เป็นเห็ดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของไทยและเป็นเห็ดที่คนไทยรู้จักมาตั้งแต่อดีตและนิยมบริโภคกันอย่างมากในปัจจุบัน เพราะเห็ดฟางมีรสชาติอร่อย มีคุณค่าทางโภชนาการสูงโดยเฉพาะสารอาหารพวกโปรตีน วิตามิน เกลือแร่ ให้พลังงานสูงและไขมันต่ำเมื่อเทียบกับผักหรือเนื้อสัตว์ต่างๆ[1,2] การเพาะเห็ดฟางแบบใหม่เพื่อได้ผลผลิตที่ดี คือการเพาะเห็ดฟางในตะกร้าพลาสติก ซึ่งใช้เพาะได้หลายครั้ง เปลี่ยนสถานที่เพาะได้ง่าย ไม่ต้องย้ายที่เพาะ หากเกิดปัญหาด้านโรค แมลงและศัตรูระบาดสามารถแก้ปัญหาได้โดยแก้เฉพาะตะกร้านั้นๆ หรือถ้าจะย้ายที่เพาะใหม่ก็ทำได้โดยง่าย แบคทีเรียปฏิปักษ์ เช่น *Bacillus subtilis B. amyloliquefaciens B. pumilus B. licheniformis B. megaterium B. mycoides* เป็นแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคพืช และบางสายพันธุ์สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้เช่นกัน จากการศึกษาการใช้เชื้อ *B. subtilis* สายพันธุ์พลายแก้วผสมน้ำรดกองหมักวัสดุเพาะทำให้ผลผลิตเห็ดฟางเพิ่มขึ้น[3] จึงนำมาปรับใช้โดยวิธีแช่ฟางด้วยแบคทีเรียปฏิปักษ์เป็นเวลาหนึ่งคืนก่อนนำฟางมาใช้เพาะเห็ด ได้แก่ *B. amyloliquefaciens* สายพันธุ์ BB165 ที่มีรายงานว่าลดการเกิดโรคแอนแทรคโนสในพริกและมะม่วง ตลอดจนส่งเสริมการเจริญเติบโตในพริก และเพิ่มผลผลิตของพริกและมะม่วงได้[4,5] และ *Bacillus siamensis* สายพันธุ์กลาย RRK1-rif ที่มีรายงานว่าสามารถย่อยสลายฟางข้าวได้ดี ลดการเกิดโรคกาบใบแห้งและเพิ่มผลผลิตของข้าวได้[6,7] ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของแบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. amyloliquefaciens* สายพันธุ์ BB165 และ *B. siamensis* สายพันธุ์ RRK1-rif ต่อผลผลิตของเห็ดฟางในตะกร้าพลาสติกและการยับยั้งเชื้อรา *S. rolfsii* ซึ่งเป็นสาเหตุโรคเห็ดฟาง ซึ่งอาจเป็นการขยายผลการใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์ในการผลิตพืชไปสู่การผลิตเห็ดต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมเซลล์แขวนลอยของแบคทีเรียปฏิปักษ์เพื่อใช้ในการทดลอง

1.1 การเตรียมเซลล์แขวนลอยของชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* สายพันธุ์ BB165

นำชีวภัณฑ์แบคทีเรียบาซิลลัสเบอร์ 2 (*B. amyloliquefaciens* สายพันธุ์ BB165) ชนิดเกล็ด (ได้รับความอนุเคราะห์จาก รศ.ดร. จิระเดช แจ่มสว่าง ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน) มาขยายเชื้อโดยนำแบคทีเรียบาซิลลัสเบอร์ 2 ปริมาณ 10 กรัม ผสมน้ำสะอาด 500 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน 1-2 ครั้งต่อวัน บ่มเป็นเวลา 2 วันที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำมาผสมกับน้ำสะอาดในอัตราส่วน แบคทีเรีย *B. amyloliquefaciens* ปริมาณ 10 กรัมต่อน้ำ 50 ลิตร

1.2 การเตรียมเซลล์แขวนลอยของแบคทีเรีย *Bacillus siamensis* สายพันธุ์กลาย RRK1-rif

นำแบคทีเรียบาซิลลัส *B. siamensis* สายพันธุ์กลาย RRK1-rif (ได้รับความอนุเคราะห์จาก รศ.ดร. จิระเดช แจ่มสว่าง ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน) มาขยายเชื้อโดยนำแบคทีเรียบาซิลลัส มาเลี้ยงเพิ่มปริมาณโดยวิธี cross streak ในอาหารวุ้น Nutrient agar (NA) บ่มเชื้อไว้ 2 วันที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำมาปรับให้มีความเข้มข้น 10^8 CFU/ml โดยนำไปวัดค่าความดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ให้มีค่าเท่ากับ 0.2 ($O.D_{600}$=0.2)[4]

2. การเพาะเห็ดฟาง

2.1 การแช่ฟางข้าว

นำฟางข้าวอัดก้อน ขนาดความยาว 1 เมตร สูง 30 ซม. กว้าง 30 ซม. น้ำหนัก 20 กิโลกรัม จำนวน 1 ก้อนมาแช่ในกรรมวิธีต่างๆ เป็นเวลาหนึ่งคืน (18 ชั่วโมง) ก่อนนำมาใช้ โดยมีกรรมวิธีดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 กรรมวิธีควบคุม (control) แช่ฟางด้วยน้ำเปล่า

กรรมวิธีที่ 2 แช่ฟางในเซลล์แขวนลอยของ *B. amyloliquefaciens* สายพันธุ์ BB165

กรรมวิธีที่ 3 แช่ฟางในเซลล์แขวนลอยของ *B. siamensis* สายพันธุ์กลาย RRK1-rif

2.2 การเตรียมเชื้อเห็ดฟาง

นำเชื้อเห็ดฟางมาฉีกให้ละเอียดโดยใช้เชื้อเห็ดฟาง 2 ถุงต่อการทำเห็ดฟางในตะกร้า 3 ตะกร้า จากนั้นใส่แป้งข้าวเหนียว 40 กรัม และรำละเอียด 50 กรัม ผสมให้เข้ากันแล้วแบ่งเป็น 3 ส่วน

2.3 การเพาะเห็ดฟางในตะกร้าพลาสติก

ดัดแปลงตามกรรมวิธีของสำเนาว์[1] และวิทยา[8] โดยมีขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 นำฟางข้าวที่แช่ในกรรมวิธีทดสอบต่างๆ ขึ้นมาพักทิ้งไว้ จากนั้นนำขี้ฝ้ายมาแช่น้ำ แล้วเตรียมตะกร้าพลาสติกที่มีตาห่างขนาดไม่ต่ำกว่า 1 นิ้ว

ขั้นตอนที่ 2 นำฟางข้าวใส่ลงในก้นตะกร้าพลาสติกที่เตรียมไว้เป็นชั้นที่ 1 ให้มีความสูงประมาณ 1 นิ้ว กดให้แน่น นำขี้ฝ้ายที่แช่น้ำแล้วมาโรยชิดขอบตะกร้าด้านในเป็นรูปวงกลม กว้างประมาณ 3 นิ้ว โรยเชื้อเห็ดฟางที่เตรียมไว้ทับด้านบนแล้วโรยปิดด้วยฟาง จากนั้นทำเช่นเดิมจนครบ 3 ชั้น สำหรับชั้นที่ 3 วางขี้ฝ้ายให้เต็มหน้าตะกร้าก่อนโรยเชื้อเห็ดฟางทับด้านบนให้เต็มแล้วปิดทับหน้าตะกร้าด้วยฟางอีกชั้นหนึ่ง จากนั้นรดน้ำให้ชุ่ม

ขั้นตอนที่ 3 นำตะกร้าเห็ดฟางไปวางในโรงเรือนที่ทำจากโครงไม้ไผ่ ปิดด้วยพลาสติกใสให้สนิทและคลุมทับด้วยตาข่ายพรางแสงสีดำให้มิดชิด บ่มไว้ 3-4 วัน

ขั้นตอนที่ 4 การตัดเส้นใย โดยเมื่อบ่มได้ 3-4 วันจะสังเกตว่าเห็นว่าเห็ดฟางเริ่มสร้างเส้นใย ให้ตัดเส้นใยโดยการเปิดโรงเรือนถ่ายเทอากาศและพ่นน้ำเปล่าใส่เส้นใย แล้วปิดโรงเรือนให้สนิท หลังจากนั้นเปิดโรงเรือนทุกวันเพื่อถ่ายเทอากาศวันละ 15-30 นาที

3. การวางแผนและวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ทำการทดลองทั้งหมด 3 กรรมวิธีๆ 3 ซ้ำๆ ละ 3 ตะกร้า วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจากกรรมวิธีต่าง ๆ ด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ($P \leq 0.05$)

4. การบันทึกผล

หลังจากเพาะ 7 วัน เก็บข้อมูลดอกเห็ดฟางที่อยู่ในระยะรูปไข่ ทำการบันทึกข้อมูลต่างๆ ได้แก่ ขนาดดอก (ความสูงและความกว้างของดอกเห็ด) โดยใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ บันทึกน้ำหนักผลผลิต ได้แก่ น้ำหนักผลผลิตต่อตะกร้า และน้ำหนักต่อดอก เป็นเวลาทั้งหมด 12 วันหลังเพาะ

5. การทดสอบประสิทธิภาพของแบคทีเรียปฏิปักษ์ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเห็ดฟางและเชื้อรา *Sclerotium rolfsii* ในสภาพห้องปฏิบัติการ

เนื่องจากพบเชื้อรา *Sclerotium rolfsii* สาเหตุโรคเห็ดฟางในช่วงเวลาทำการทดลอง จึงได้นำมาทดสอบประสิทธิภาพของแบคทีเรียปฏิปักษ์ในการยับยั้งการเจริญร่วมกับเส้นใยเห็ดฟาง ด้วยวิธี dual culture test[4-6] โดยแยกเชื้อเห็ดฟาง และเชื้อรา *S. rolfsii* ให้บริสุทธิ์บนอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) จากนั้นใช้มีดผ่าตัดลนไฟ ตัดบริเวณขอบโคโลนีของเชื้อราให้เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดเท่าๆ กัน จากนั้นย้ายไปวางบนอาหาร PDA โดยวางตรงข้ามกันในแนวเส้นผ่านศูนย์กลางของจานเลี้ยงเชื้อ แล้วจึงใช้ loop ที่ลนไฟฆ่าเชื้อแล้ว แตะโคโลนีของแบคทีเรียปฏิปักษ์ อายุ 72 ชั่วโมง ขีดเป็นแนวเส้นตรงยาว 3 เซนติเมตร ที่ฝั่งตรงข้ามห่างกัน 6 เซนติเมตร บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ดัดแปลงจากพัชรพร ธรรมภิบาลอุดม[6]) แต่ละกรรมวิธีมี 5 ซ้ำๆ ละ 1 จานเลี้ยงเชื้อ

ตรวจวัดการเจริญของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคพืชโดยการวัดค่ารัศมีของเส้นใยจากจุดกลางชิ้นวุ้นไปในแนวตั้งฉากกับขีดโคโลนีของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ หลังบ่มเชื้อครบ 3 วัน เพื่อไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญของเชื้อราเห็ดฟางและเชื้อรา *S. rolfsii* สาเหตุโรคเห็ดฟาง

จากสูตรการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา = $[(R_1-R_2)/R_1] \times 100$

เมื่อ R_1 คือ ค่าเฉลี่ยของรัศมีของเส้นใยเชื้อราในจานเลี้ยงเชื้อในกรรมวิธีควบคุม

R_2 คือ ค่าเฉลี่ยของรัศมีของเส้นใยเชื้อราในจานเลี้ยงเชื้อในกรรมวิธีทดสอบ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลผลิตของเห็ดฟางตะกร้า

1.1 น้ำหนักต่อตะกร้า

กรรมวิธีที่แช่ฟางด้วยน้ำเปล่า (กรรมวิธีควบคุม) มีน้ำหนักผลผลิตต่อตะกร้าสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (248.78 กรัม) ในขณะที่การแช่ฟางด้วยเซลล์แขวนลอยของชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *B. amyloliquefaciens* BB165 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับการแช่ฟางด้วยเซลล์แขวนลอยของแบคทีเรีย *B. siamensis* RRK1-rif (157.11 และ 170.33 กรัมตามลำดับ) (ตารางที่ 1 และภาพที่ 1)

1.2 ขนาดของดอกเห็ดฟาง

กรรมวิธีที่แช่ฟางด้วยเซลล์แขวนลอยของแบคทีเรีย *B. siamensis* RRK1-rif มีความสูงและความกว้างของดอกเห็ดฟางเท่ากับ 1.84 และ 1.76 เซนติเมตร ตามลำดับโดยไม่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุมที่แช่ฟางด้วยน้ำเปล่า 2.21 และ 2.05 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ในขณะที่การแช่ฟางด้วยเซลล์แขวนลอยของแบคทีเรีย *B. amyloliquefaciens* BB165 มีขนาดดอกเห็ดฟางเล็กที่สุด โดยมีความยาวเฉลี่ย 1.31 เซนติเมตร และมีความกว้างเฉลี่ย 1.25 เซนติเมตร ดังแสดงในตารางที่ 1

1.3 น้ำหนักต่อดอกของเห็ดฟาง

พบว่าทุกกรรมวิธีมีค่าน้ำหนักเฉลี่ยต่อดอกเห็ดฟางไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยกรรมวิธีควบคุมมีน้ำหนักต่อดอก 11.23 กรัม ในขณะที่การแช่ฟางในเซลล์แขวนลอยของแบคทีเรียปฏิปักษ์มีค่าน้ำหนักต่อดอก 8.40-9.17 กรัม (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 น้ำหนักต่อตะกร้า ขนาด และน้ำหนักต่อดอกของเห็ดฟางที่เพาะในฟางที่ผ่านการแช่ในเซลล์แขวนลอยของชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิปักษ์ 18 ชั่วโมง

กรรมวิธี	น้ำหนักต่อตะกร้า (กรัม)	ความกว้าง (เซนติเมตร)	ความยาว (เซนติเมตร)	น้ำหนักต่อดอก (กรัม)
กรรมวิธีควบคุม (น้ำเปล่า)	248.78 [a]	2.05 [a]	2.21 [a]	11.23 [a]
B. amyloliquefaciens BB165	157.11 [b]	1.25 [b]	1.31 [b]	8.40 [a]
B. siamensis RRK1-rif	170.33 [b]	1.76 [a]	1.84 [a]	9.17 [a]
F test	*	*	*	ns
CV%	13.32	10.35	10.55	21.06

หมายเหตุ ns คือ แสดงความไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* คือ แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

a,b คือ ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ($P \leq 0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



กรรมวิธีควบคุม	*B. amyloliquefaciens* BB165	*B. siamensis* RRK1-rif

ภาพที่ 1 ผลผลิตของเห็ดฟางตะกร้าอายุ 8 วัน ที่เพาะในฟางที่แช่ในเซลล์แขวนลอยของชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิปักษ์ 18 ชั่วโมง

2. ประสิทธิภาพของแบคทีเรียปฏิปักษ์ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเห็ดฟางและเชื้อรา *Sclerotium rolfsii* ในสภาพห้องปฏิบัติการ

จากการทดสอบประสิทธิภาพของแบคทีเรียปฏิปักษ์ต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเห็ดฟางและเชื้อรา *S. rolfsii* ด้วยวิธี dual culture test บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA เป็นเวลา 72 ชั่วโมง พบว่าแบคทีเรียปฏิปักษ์ทั้ง 2 ไอโซเลตคือ *B. amyloliquefaciens* BB165 และ *B. siamensis* RRK1-rif มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเห็ดฟางได้ 52.35 และ 43.36 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2 และ ภาพที่ 2) เช่นเดียวกับการทดสอบกับเชื้อรา *S. rolfsii* ที่พบว่าสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใย เชื้อรา *S. rolfsii* ได้ 62.08 และ 54.59 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3 และ ภาพที่ 3)

แบคทีเรียปฏิปักษ์ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเห็ดฟางและเชื้อรา *S. rolfsii* ได้สูงที่สุดได้แก่แบคทีเรีย *B. amyloliquefaciens* BB165 จึงอาจส่งผลให้ผลผลิตของเห็ดฟางในกรรมวิธีที่ใช้แบคทีเรียดังกล่าวมีผลผลิตต่ำที่สุดด้วย (ตารางที่ 1) นอกจากนี้จากการประเมินด้วยสายตายังพบว่าบริเวณรอบ ๆ ตะกร้าของกรรมวิธีที่ใช้แบคทีเรียดังกล่าวมีปริมาณของเชื้อรา *S. rolfsii* เกิดขึ้นน้อยที่สุดอีกด้วย

ตารางที่ 2 การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเห็ดฟางโดยแบคทีเรียปฏิปักษ์บนอาหาร PDA ที่ 72 ชั่วโมง

กรรมวิธี	รัศมีของเส้นใย (เซนติเมตร)	การยับยั้งเส้นใย (เปอร์เซ็นต์)
กรรมวิธีควบคุม	3.20 [a]	0.00 [c]
B. amyloliquefaciens BB165	1.52 [c]	52.35 [a]
B. siamensis RRK1-rif	1.80 [b]	43.36 [b]
F test	**	*
CV%	6.88	13.26

หมายเหตุ ns คือ แสดงความไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
* คือ แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
** คือ แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์
a,b คือ ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ($P \leq 0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



กรรมวิธีควบคุม	*B. amyloliquefaciens* BB165	*B. siamensis* RRK1-rif

ภาพที่ 2 การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเห็ดฟางโดยแบคทีเรียปฏิปักษ์ที่ 72 ชั่วโมง (scale bar = 2 ซม.)

ตารางที่ 3 การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Sclerotium rolfsii* โดยแบคทีเรียปฏิปักษ์บนอาหาร PDA ที่ 72 ชั่วโมง

กรรมวิธี	รัศมีของเส้นใย (เซนติเมตร)	การยับยั้งเส้นใย (เปอร์เซ็นต์)
กรรมวิธีควบคุม	4.80 [a]	0.00 [c]
B. amyloliquefaciens BB165	2.18 [b]	62.08 [a]
B. siamensis RRK1-rif	1.82 [c]	54.59 [b]
F test	**	**
CV%	2.33	3.65

หมายเหตุ ns คือ แสดงความไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
** คือ แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์
a,b คือ ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ($P \leq 0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



กรรมวิธีควบคุม	*B. amyloliquefaciens* BB165	*B. siamensis* RRK1-rif

ภาพที่ 3 การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Sclerotium rolfsii* โดยแบคทีเรียปฏิปักษ์ที่ 72 ชั่วโมง (scale bar = 2 ซม.)

แบคทีเรียปฏิปักษ์ที่นำมาใช้ทดสอบในครั้งนี้ ได้แก่ *Bacillus amyloliquefaciens* สายพันธุ์ BB165 และ *B. siamensis* สายพันธุ์กลาย RRK1-rif ที่มีรายงานว่าสามารถควบคุมโรคพืช และส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้[4-7] ถึงแม้ว่าการทดลองครั้งนี้ที่ใช้แบคทีเรีย *B. amyloliquefaciens* BB165 และ *B. siamensis* RRK1-rif แช่ฟางข้าวก่อนนำมาใช้จะไม่มีผลใน

การส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตของเห็ดฟาง แต่สังเกตได้ว่าทั้งสองกรรมวิธีที่ใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์ดังกล่าวมีปริมาณของเชื้อราแข่งขันของเห็ดฟาง ได้แก่ เชื้อรา *S. rolfsii* และ *Aspergillus* sp. และเห็ดน้ำหมึก (*Coprinus* sp.) ลดลง ด้วยเชื้อราเหล่านี้โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อรา *S. rolfsii* และเห็ดน้ำหมึกจัดอยู่ในเชื้อรากลุ่มเดียวกับเห็ดฟาง จึงสันนิษฐานว่า แบคทีเรีย *B. amyloliquefaciens* BB165 และ *B. siamensis* RRK1-rif ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญและลดการเกิดโรคของพืชต่างๆ[4-7] สามารถสร้างสารปฏิชีวนะเพื่อยับยั้งเชื้อราแข่งขันดังกล่าวของเห็ดฟางได้ สอดคล้องกับผลการทดลองของสุนีย์[9] ที่พบว่าการพ่นแบคทีเรียสร้างเอนโดสปอร์ที่แยกได้จากดอกเห็ดฟางลงบนวัสดุเพาะเห็ดฟาง แม้ว่าผลผลิตจะไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุมที่ใช้น้ำเปล่า แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าปริมาณเชื้อราแข่งขันในโรงเพาะเห็ดลดลง ซึ่งอาจเป็นผลมาจากเชื้อแบคทีเรียทดสอบมีผลยับยั้งการเจริญของเชื้อราแข่งขัน เช่น เห็ดน้ำหมึก (*Coprinus* sp.) หรือเห็ดถั่วงอกหัวโต (*Bolditius fissus*) ทำให้มีการเจริญลดลง หรือแทบจะไม่มีการเจริญบนวัสดุเพาะ นอกจากนี้เชื้อทดสอบที่ใช้ในครั้งนี้เป็นแบคทีเรียปฏิปักษ์เพื่อควบคุมโรคพืช ดังนั้นอาจต้องมีการแยกเชื้อแบคทีเรียจากดอกเห็ดมาทดสอบเพิ่มเติม เนื่องจากอาจสามารถอยู่กับเห็ดได้ดีกว่า ซึ่งการทดลองของสุนีย์[9] และ Young *et al.*[10] พบว่าการใช้แบคทีเรียที่แยกได้จากเห็ด หรือวัสดุปลูกเห็ดพ่นหรือใส่ลงในวัสดุเพาะเห็ด สามารถเพิ่มผลผลิตของเห็ดฟาง และเห็ดกระดุมบราซิล (*Agaricus blazei*) ได้ ซึ่งวิธีการแช่ฟางในเซลล์แขวนลอยของแบคทีเรียปฏิปักษ์อาจไม่ใช่วิธีที่เหมาะสมกับการเพาะเห็ดฟาง สอดคล้องกับการทดลองของ สุทธิชัย[11] ที่พบว่า การเพาะเห็ดฟางในตะกร้าพลาสติกด้วยฟางข้าวแช่น้ำให้ผลผลิตสูงสุด โดยสูงกว่าการใช้ฟางที่แช่ด้วยน้ำหมักชีวภาพ หรือกลุ่มจุลินทรีย์ต่าง ๆ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง นอกจากนี้อัตราของแบคทีเรียปฏิปักษ์ที่ใช้ในการทดสอบนั้นเป็นอัตราเดียวกันกับที่ใช้ควบคุมโรคพืช (10^8-10^9 CFU/ml) ซึ่งอาจมีความเข้มข้นสูงเกินไป จนมีผลในการยับยั้งการเจริญของเห็ดฟาง โดยในการทดลองครั้งต่อไปอาจปรับเปลี่ยนวิธีการนำแบคทีเรียปฏิปักษ์มาใช้โดยการพ่นลงบนกองฟางแทน หรือทดสอบอัตราของแบคทีเรียปฏิปักษ์ที่เหมาะสม หรือร่วมกับการทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราแข่งขันของเห็ดฟางต่อไป

สรุป

การใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus siamensis* สายพันธุ์กลาย RRK1-rif แช่ฟางข้าว 18 ชั่วโมง ก่อนนำมาใช้เพาะเห็ดฟางตะกร้า พบว่ามีค่าน้ำหนักต่อดอก ความกว้าง และความยาวของดอกเห็ดไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุมที่ใช้น้ำเปล่า ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมมีผลผลิตของเห็ดฟางในด้านต่าง ๆ ได้แก่ น้ำหนักต่อตะกร้า น้ำหนักต่อดอก ตลอดจนความกว้าง และความยาวของดอกเห็ดฟางสูงที่สุด

แบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. siamensis* สายพันธุ์กลาย RRK1-rif และ *B. amyloliquefaciens* สายพันธุ์ BB165 ที่ใช้ทดสอบสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเห็ดฟาง และเชื้อรา *Sclerotium rolfsii* สาเหตุโรคเห็ดฟางได้ 43.36-52.35 % และ 54.59-62.08 % ตามลำดับ เมื่อทดสอบด้วยวิธี dual culture test ในระดับห้องปฏิบัติการบนอาหาร PDA ที่ 72 ชั่วโมง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณแผนกเพาะเห็ด สาขาการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (ศูนย์รังสิต) ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านสถานที่และอุปกรณ์สำหรับการทดลอง

ขอขอบคุณ รศ.ดร. จิระเดช แจมสว่าง ห้องปฏิบัติการควบคุมโรคพืชโดยชีวภาพ ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่ให้ความอนุเคราะห์ชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิปักษ์ในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

1. สำเนาว์ ฤทธิ์นุช. การเพาะเห็ดฟางในตะกร้า. กรุงเทพ ฯ: เกษตรกรรมธรรมชาติ; 2551.
2. ภานุพงศ์ เลิศลีลาภูษิต. คู่มือเห็ดฟาง. กรุงเทพ ฯ: เกษตรสยาม; 2556.

3. ดีพร้อม ไชยวงศ์เกียรติ. การเพาะเห็ดบางชนิดในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2548.
4. ประคอง เย็นจิตต์. การคัดเลือกและการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนส ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ในระยะก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2547.
5. วราภรณ์ บุญเกิด. การใช้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* ร่วมกับเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* spp. ควบคุมเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของพริก. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2551.
6. พัชรพร ธรรมภิบาลอุดม. การใช้แบคทีเรียเอื้อประโยชน์เพื่อลดโรคกาบใบแห้งของข้าว เพิ่มผลผลิต และย่อยสลายฟางข้าว. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2556.
7. บังอร น้อยใสย์. ประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ *Bacillus siamansis* RRK1-Rif ในการลดการเกิดโรคกาบใบแห้งและโรคเมล็ดด่างของข้าว. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2560.
8. วิทยา ทวีนุช. ผลของอาหารเสริมต่อคุณภาพผลผลิตของเห็ดฟางตะกร้า. ใน การประชุมวิชาการ พืชสวนครั้งที่ 15; 9-12 พฤศจิกายน 2559; โรงแรมลีการ์เดนส์ พลาซ่า, สงขลา; 2559.
9. สุนีย์ คำพันธ์. การคัดเลือกแบคทีเรียสร้างเอนโดสปอร์ที่มีศักยภาพในการเพิ่มผลผลิตเห็ดฟาง. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2557.
10. Young LS, Chu JN, Hameed A, Young CC. Cultivable mushroom growth-promoting bacteria and their impact on *Agaricus blazei* productivity. Pesq. agropec. bras. 2013; 48: 636-44.
11. สุทธิชัย สมสุข. ผลของการใช้วัสดุเพาะและวัสดุอาหารเสริมชนิดต่าง ๆ ร่วมกับกลุ่มจุลินทรีย์และน้ำหมักชีวภาพต่อผลผลิตเห็ดฟางที่เพาะในตะกร้าพลาสติก. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2553; 18: 17-36.

[AS-P44] ประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตและลดการเกิดโรคของผักกาดหอมชนิดบัตเตอร์เฮดที่ปลูกในวัสดุปลูกใช้แล้ว

Efficacies of Microbial Antagonistic Biocontrol Products for Promotion on Growth and Reduction Diseases of Lettuce (Butter Head) Grown in Used Planting Substrate

พราวมาส เจริญรักษ์* สุวรรณกาญจน์ สุพมาตรา นรกมล ขำวารี ลือชา นวลปาน และ ธีรยุทธ คล้ำชื่น
Phraomas Charoenrak*, Suwannakan Supamattra, Narakamon Khamwaree,
Luecha Nualpan and Teerayut Klumchaun
สาขาการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: phraomas_c@rmutt.ac.th*

บทคัดย่อ

การนำวัสดุปลูกพืชเก่ามาหมุนเวียนใช้ใหม่เป็นการลดต้นทุน แต่มีความเสี่ยงสูงที่จะเป็นแหล่งสะสมของเชื้อโรค การใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์นับว่าเป็นการป้องกันกำจัดและลดการแพร่ระบาดของเชื้อสาเหตุโรคในวัสดุปลูกที่ใช้แล้วลงได้ การทดลองนี้ใช้สปอร์แขวนลอยของชีวภัณฑ์เชื้อรา *Trichoderma asperellum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ชนิดสด อัตรา 100 กรัมต่อน้ำ 10 ลิตร และอัตรา 100 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร หรือเซลล์แขวนลอยของชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* สายพันธุ์ BB165 ชนิดเกล็ด อัตรา 10 กรัมต่อน้ำ 25 ลิตร และอัตรา 10 กรัมต่อน้ำ 50 ลิตร รดลงในกระถางทันทีหลังย้ายกล้าผักกาดหอมชนิดบัตเตอร์เฮดอายุ 14 วันลงปลูกในวัสดุปลูกในวัสดุปลูกใช้แล้ว พบว่าทุกกรรมวิธีที่ใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของผักกาดหอมอายุ 42 วันหลังย้ายกล้าได้ โดยเพิ่มความสูง ความกว้างทรงพุ่ม ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งของต้นและราก เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่ใช้น้ำเปล่า นอกจากนี้ทุกกรรมวิธีที่ใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ยังช่วยลดการเกิดโรคใบจุดและโรครากเน่าได้ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม และสามารถตรวจพบจุลินทรีย์ปฏิปักษ์เจริญครอบครองรากผักกาดหอมจากทุกกรรมวิธีที่รดด้วยจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 100 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: *โรคผักกาดหอม Trichoderma Bacillus การเจริญเติบโต การควบคุมโรคโดยชีววิธี*

Abstract

Reused of the old plant substrate is a cost reduction but have a high risk of being a source of plant pathogens inoculum. The use of antagonistic microorganisms is considered to prevent and reduce the spread of pathogens in used plant material. These experiments were drenching spore suspension of a fresh culture bioproduct of *Trichoderma asperellum* isolate CB-Pin-01, 100 g/10 L of water and 100 g / 20 L of water or cell suspension of granule bioproduct of *Bacillus amyloliquefaciens* isolate BB165, 10 g/ 25 L of water and 10 g/ 50 liters of water into the pot immediately after transplanting 14-day-old lettuce (Butter Head) seedlings grown in used planting substrate. The results showed that all treatments using antagonistic microorganisms increased the growth of 42 days after transplanting lettuce, by increasing the height, width, chlorophyll content in leaves, fresh weight - dry weight of plants and roots when compared to a control (water treatment), respectively. In addition, all antagonistic microorganisms treatments also reduce leaf spot disease and root rot disease when compared to the control. The use of antagonistic microorganisms could be recovered from the lettuce roots from all antagonistic microorganisms treatments for 100 percent.

Keywords: *lettuce diseases, Trichoderma, Bacillus, growth, biocontrol*

บทนำ

ผักกาดหอมชนิดบัตเตอร์เฮด เป็นพืชผักที่นิยมบริโภคสดมากที่สุดชนิดหนึ่ง รวมทั้งนิยมนำมาตกแต่งจานอาหารให้มีสีสันสวยงาม นอกจากนี้ยังมีวิตามินซีสูง และรสชาติหวานกรอบอร่อย จึงมีแนวโน้มความต้องการบริโภคเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง หากผู้ปลูกมีการจัดการไม่ดีพออาจทำให้เกิดโรคพืชเข้าทำลายได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรครากเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* และโรคใบจุดที่เกิดจากเชื้อรา *Corynespora cassicola* ที่ก่อให้เกิดความเสียหาย และส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม โดยสามารถพบได้ในผักกาดหอมเกือบทุกสายพันธุ์ เช่น บัตเตอร์เฮด กรีนโอ๊ค เรดโอ๊ค และคอส เป็นต้น[(1)] นอกจากนี้ถ้ามีการนำวัสดุปลูกเก่าที่ใช้แล้วมาเป็นส่วนหนึ่งของวัสดุปลูกที่หมุนเวียนนำมาใช้ใหม่นับว่าเป็นการลดต้นทุนลงได้อีกทางหนึ่ง แต่วัสดุปลูกเก่านั้นมักเป็นแหล่งสะสมของเชื้อสาเหตุโรคพืชในดิน เช่น เชื้อรา *Pythium* sp. และเชื้อรา *Fusarium* sp. สาเหตุโรครากเน่า ซึ่งการป้องกันกำจัดนั้นสามารถใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์เพื่อควบคุมโรครากเน่าได้ โดยมีรายงานว่า เชื้อรา *Trichoderma asperellum* (ชื่อเดิม *T. harzianum*) สายพันธุ์ CB-Pin-01 และแบคทีเรีย *Bacillus mycoides* สายพันธุ์ FL17 มีประสิทธิภาพสูงในการลดการเกิดโรครากเน่า และส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดหอมชนิดคอส และบัตเตอร์เฮดได้ โดยการใส่ลงในสารละลายธาตุอาหาร[(2,3)] ในขณะที่อารีรัตน์ และคณะ[(1)] รายงานว่าการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ *T. asperellum* (ชื่อเดิม *T. harzianum*) สายพันธุ์ต่างๆ และ *Bacillus* sp. สายพันธุ์ WS18 และ *B. amyloliquefaciens* BB165 พ่นลงบนต้นผักกาดหอมทุกๆ 5 วัน ติดต่อกัน 3 ครั้ง สามารถลดการเกิดโรคใบจุด และยังช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักกาดหอมได้

ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมโรครากเน่าและใบจุด ตลอดจนการส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักกาดหอมชนิดบัตเตอร์เฮดที่ปลูกในวัสดุปลูกใช้แล้ว เพื่อลดต้นทุน และเพิ่มผลผลิต นอกจากนี้ยังเป็นการป้องกันกำจัดและลดการแพร่ระบาดของเชื้อสาเหตุโรคในวัสดุปลูกที่ใช้แล้ว ซึ่งอาจเป็นทางเลือกให้แก่เกษตรกรที่ต้องการลดต้นทุนโดยการหมุนเวียนนำวัสดุปลูกมาใช้ใหม่ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมชีวภัณฑ์จุลินทรีย์ปฏิปักษ์เพื่อใช้ในการทดลอง

1.1 การเตรียมชีวภัณฑ์เชื้อรา *Trichoderma asperellum* ชนิดสด

นำหัวเชื้อรา *T. asperellum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 (ได้รับความอนุเคราะห์จาก รศ.ดร.จิระเดช แจ่มสว่าง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์) มาเลี้ยงบนปลายข้าวหอมมะลิที่หุงในอัตราส่วนปลายข้าว 2 ส่วนต่อน้ำ 1 ส่วน ตามกรรมวิธีของจิระเดช และวรรณวิไล (4) บ่มไว้ 4-5 วันจนให้เส้นใยสีเขียวขึ้นปกคลุมเมล็ดข้าวทั้งหมดจึงนำมาเตรียมเป็นสปอร์แขวนลอย ในอัตราส่วนเชื้อสด 100 กรัมต่อน้ำ 10 ลิตร และเชื้อสด 100 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตรตามกรรมวิธี

1.2 การเตรียมชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens*

นำชีวภัณฑ์แบคทีเรียบาซิลลัส เบอร์ 2 (*B. amyloliquefaciens* สายพันธุ์ BB165) (ได้รับความอนุเคราะห์จาก รศ.ดร. จิระเดช แจ่มสว่าง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์) มาขยายเชื้อโดยนำแบคทีเรียบาซิลลัส เบอร์ 2 20 กรัม (1 ซอง) ผสมน้ำสะอาด 1 ลิตร เขย่าให้เข้ากัน 1-2 ครั้ง ต่อวัน บ่มไว้ 48 ชม. ที่อุณหภูมิห้องก่อนกรองแต่ส่วนของเซลล์แขวนลอยนำมาผสมกับน้ำสะอาด ในอัตราส่วนแบคทีเรีย 10 กรัมต่อน้ำ 25 ลิตร และแบคทีเรีย 10 กรัมต่อน้ำ 50 ลิตร ตามกรรมวิธี

2. การเตรียมถาดเพาะกล้าและกระถางปลูก

เตรียมถาดเพาะกล้าขนาด 105 หลุมและกระถางปลูกขนาด 6 นิ้ว ล้างทำความสะอาดและฆ่าเชื้อด้วย Clorox 10% (0.525% sodium hypoclorite) นาน 30 นาที แล้วนำมาผึ่งให้แห้ง

3. การเตรียมต้นกล้าผักกาดหอมและการย้ายปลูก

3.1 การเพาะกล้า

เพาะกล้าโดยใส่พีทมอสลงในถาดเพาะกล้าก่อนหยอดเมล็ดผักกาดหอมชนิดบัตเตอร์เฮดสายพันธุ์ Rex RZ ลงในหลุมปลูกหลุมละ 1 เมล็ด หลังจากนั้น 14 วัน เลือกต้นกล้าที่มีความสม่ำเสมอและสมบูรณ์ย้ายลงปลูกในวัสดุปลูกต่อไป

3.2 การเตรียมวัสดุปลูกและการย้ายปลูก

บรรจุวัสดุปลูกลงในกระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว โดยนำวัสดุปลูกดังกล่าว (วัสดุปลูกที่ใช้แล้ว : ปุ๋ยคอก : ขี้เถ้าแกลบ : กาบมะพร้าวสับ อัตราส่วน 20 : 20 : 20 : 40 โดยปริมาตร) น้ำหนัก 800 กรัม ใส่ลงในกระถางจากนั้นย้ายปลูกกล้าผักกาดหอมอายุ 14 วัน กระถางละ 1 ต้น หลังจากนั้นรดจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ปริมาตร 500 มิลลิลิตรต่อกระถางทันทีหลังย้ายปลูกโดยมีทั้งหมด 5 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 : กรรมวิธีควบคุม (control) รดด้วยน้ำเปล่า

กรรมวิธีที่ 2 : รดด้วยสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *T. asperellum* อัตราส่วนเชื้อสด 100 กรัมต่อน้ำ 10 ลิตร

กรรมวิธีที่ 3 : รดด้วยสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *T. asperellum* อัตราส่วนเชื้อสด 100 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร

กรรมวิธีที่ 4 : รดด้วยเซลล์แขวนลอยของแบคทีเรีย *B. amyloliquefaciens* อัตราส่วนแบคทีเรีย 10 กรัมต่อน้ำ 25 ลิตร

กรรมวิธีที่ 5 : รดด้วยเซลล์แขวนลอยของแบคทีเรีย *B. amyloliquefaciens* อัตราส่วนแบคทีเรีย 10 กรัมต่อน้ำ 50 ลิตร

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ทำกรรมวิธีละ 4 ซ้ำๆ ละ 3 กระถางๆ ละ 1 ต้น

3.3 การดูแลต้นพืช

ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 ในอัตรา 30.5 กิโลกรัมต่อไร่ โดยแบ่งใส่ทั้งหมด 3 ครั้ง ทุกๆ 7 วัน หลังย้ายปลูก

4. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจากกรรมวิธีต่างๆ ด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ($P \leq 0.05$)

5. การบันทึกผลการทดลอง

5.1 บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของผักกาดหอม

บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของต้นผักกาดหอมชนิดบัตเตอร์เฮด (Butter Head) อายุ 42 วันหลังย้ายปลูก บันทึกความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม และวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบด้วยเครื่อง Digital Chlorophyll Meter รุ่น SPAD502 โดยดัดแปลงจากกรรมวิธีของวิราพร[5] จากนั้นเก็บเกี่ยวโดยตัดผักกาดหอมให้ชิดโคนต้นที่อยู่เหนือวัสดุปลูก 0.5 เซนติเมตร นำมาบันทึกน้ำหนักสด-น้ำหนักแห้งของต้นผักกาดหอม นำรากของผักกาดหอมมาล้างน้ำให้สะอาด จากนั้นบันทึกน้ำหนักสด–น้ำหนักแห้งของรากผักกาดหอม โดยดัดแปลงจากกรรมวิธีของอรรถพล[6]

5.2 ประเมินการเกิดโรคของผักกาดหอม

5.2.1 การเกิดโรคใบจุด

ทำการประเมินความรุนแรงของโรคใบจุดบนต้นผักกาดหอมโดยรวมทั้งต้น เมื่อผักกาดหอมอายุ 42 วันหลังย้ายปลูก โดยดัดแปลงตามเกณฑ์ของอารีรัตน์ และคณะ[1] จากนั้นนำมาคำนวณดัชนีการเกิดโรค (Disease index) ตามสูตร

$$\text{ดัชนีการเกิดโรค (\%)} = \frac{\text{ผลรวมของ (จำนวนต้นที่แสดงอาการ } x \text{ ระดับอาการ)}}{\text{จำนวนต้นทั้งหมด } x \text{ ระดับอาการสูงสุด}} \times 100$$

และนำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์การลดลงของโรค เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม

5.2.2 การเกิดโรครากเน่า

นำรากของผักกาดหอมมาล้างให้สะอาด นำรากมาให้คะแนน โดยแบ่งเกณฑ์เป็น 5 ระดับ ก่อนนำไปคำนวณเป็นค่าดัชนีการเกิดโรค (Disease index) โดยดัดแปลงจากวิธีของวิราพร[5] นำมาคำนวณดัชนีการเกิดโรค (disease index) และเปอร์เซ็นต์การลดลงของโรค เช่นเดียวกับการประเมินการเกิดโรคใบจุด

5.3 การเจริญครอบครองรากของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์

สุ่มตัวอย่างรากของผักกาดหอมอายุ 42 วันหลังย้ายปลูกมาล้างผ่านน้ำไหลก่อนฆ่าเชื้อที่ผิวโดยการฆ่าเชื้อในclorox 10% นาน 1 นาที ล้างด้วยน้ำนึ่งฆ่าเชื้อ 2 ครั้ง ซับด้วยกระดาษทิชชูนึ่งฆ่าเชื้อให้แห้ง ตัดรากให้มีความยาวประมาณ 1 ซม. วางบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Martin's medium และ NGA จำนวน 5 ชิ้นต่อจาน โดยดัดแปลงจากวิธีของวิราพร[5] เพื่อตรวจการเจริญของเชื้อรา *T. asperellum* และแบคทีเรีย *B. amyloliquefaciens* ตามลำดับ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการส่งเสริมเจริญเติบโตของผักสลัดชนิดบัตเตอร์เฮด

1.1 ความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม และปริมาณคลอโรฟิลล์

เมื่อผักกาดหอมอายุ 42 วันหลังย้ายกล้า พบว่ากรรมวิธีที่ใช้เชื้อรา *T. asperellum* ชนิดสดรดลงวัสดุปลูกหลังย้ายกล้าทันที ช่วยเพิ่มความสูงต้นได้ 3.85-7.95 เปอร์เซ็นต์ และยังช่วยเพิ่มความกว้างทรงพุ่มได้ 5.84-9.38 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม นอกจากนี้ยังพบว่าทุกกรรมวิธีที่ใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์มีปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ 21.37-22.77 SPAD units ซึ่งสูงกว่ากรรมวิธีควบคุม (20.08 SPAD units) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 1 และ ภาพที่ 1)

ตารางที่ 1 อิทธิพลของชีวภัณฑ์เชื้อรา *Trichoderma asperellum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ชนิดสด และชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* สายพันธุ์ BB165 ชนิดเกล็ดต่อความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม จำนวนใบ และปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบของผักกาดหอมชนิดบัตเตอร์เฮดอายุ 42 วัน หลังย้ายปลูกในวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของวัสดุปลูกใช้แล้ว

กรรมวิธี	ความสูงต้น (เซนติเมตร)		ความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร)		ปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD units)	
กรรมวิธีควบคุม (น้ำเปล่า)	12.20 ^{bc}	-	21.20 ^{bc}	-	20.08 ^{c}	-
T. asperellum (100 g/10 L)	12.67 ^{ab}	(+3.85%)**	22.44 ^{ab}	(+5.84%)	21.37 ^{b}	(+6.42%)
T. asperellum (100 g/20 L)	13.17 ^{a}	(+7.95%)	23.19 ^{a}	(+9.38%)	22.77 ^{a}	(+13.39%)
B. amyloliquefaciens (10 g/25 L)	12.27 ^{bc}	(+0.57%)	20.44 ^{c}	(-3.58%)	21.95 ^{ab}	(+9.31%)
B. amyloliquefaciens (10 g/50 L)	11.76 ^{c}	(-3.60%)	21.56 ^{bc}	(+1.69%)	22.41 ^{ab}	(+11.60%)
F test	*		*		*	
CV %	3.59		4.59		3.09	

หมายเหตุ ns คือ แสดงความไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* คือ แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** คือ เปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้น (+) และลดลง (-) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม

a,b คือ ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



กรรมวิธีควบคุม	*T. asperellum* (100 g/10 L)	*T. asperellum* (100 g/20 L)	*B. amyloliquefaciens* (10 g/25 L)	*B. amyloliquefaciens* (10 g/50 L)

ภาพที่ 1 ลักษณะการเจริญเติบโตทางลำต้นของผักกาดหอมชนิดบัตเตอร์เฮดอายุ 42 วันหลังย้ายกล้า



กรรมวิธีควบคุม	*T. asperellum* (100 g/10 L)	*T. asperellum* (100 g/20 L)	*B. amyloliquefaciens* (10 g/25 L)	*B. amyloliquefaciens* (10 g/50 L)

ภาพที่ 2 ลักษณะการเจริญเติบโตทางความกว้างทรงพุ่มของผักกาดหอมชนิดบัตเตอร์เฮดอายุ 42 วันหลังย้ายกล้า

1.2 น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง

พบว่าทุกกรรมวิธีที่ใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ช่วยเพิ่มน้ำหนักสดของต้นผักกาดหอมได้ 23.75-38.73 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม โดยพบว่ากรรมวิธีที่ใช้ *B. amyloliquefaciens* อัตรา 10 กรัมต่อน้ำ 25 ลิตร มีน้ำหนักสดของต้นสูงที่สุดคือ 62.89 กรัมซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับในส่วนของน้ำหนักแห้งของต้นพบว่าการใช้ *B. amyloliquefaciens* อัตรา 10 กรัมต่อน้ำ 50 ลิตร มีน้ำหนักแห้งของต้นสูงที่สุด (2.60 กรัม) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยทุกกรรมวิธีที่ใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ช่วยเพิ่มน้ำหนักแห้งของต้นได้ 1.80-56.62 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม และกรรมวิธีที่ใช้ *B. amyloliquefaciens* อัตรา 10 กรัมต่อน้ำ 50 ลิตร มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของรากผักกาดหอมหลังเก็บเกี่ยวสูงที่สูด (5.51 และ 0.40 กรัมตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (3.41 และ 0.19 กรัมตามลำดับ) โดยพบว่าช่วยเพิ่มน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของรากได้ถึง 61.58 และ 110.52 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

2. ประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการลดการเกิดโรคของผักกาดหอมชนิดบัตเตอร์เฮด

2.1 การเกิดโรคใบจุด

พบว่าทุกกรรมวิธีมีดัชนีการเกิดโรคใบจุดไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าทุกกรรมวิธีที่ใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ช่วยลดการเกิดโรคใบจุดได้ 6.67-13.35 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่ใช้น้ำเปล่า โดยพบว่ากรรมวิธีที่รดต้นกล้าทันทีหลังย้ายปลูกด้วยเชื้อรา *T. asperellum* ชนิดสดอัตรา 100 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร และแบคทีเรีย *B. amyloliquefaciens* อัตรา 10 กรัมต่อน้ำ 50 ลิตร มีแนวโน้มในการช่วยลดโรคใบจุดลงได้สูงที่สุดคือ 13.35 และ 13.35 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (ตารางที่ 3)

2.2 การเกิดโรครากเน่า

จากการทดลองพบว่าทุกกรรมวิธีที่ใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์มีดัชนีการเกิดโรครากเน่า 37.03-48.14 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุมที่ใช้น้ำเปล่า (81.48 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าทุกกรรมวิธีที่ใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ช่วยลดเปอร์เซ็นต์การเกิดโรครากเน่าจากการปลูกในวัสดุปลูกที่ใช้แล้วได้ถึง 40.92-54.55 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3)

3. การเจริญครอบครองรากผักกาดหอมของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์

จากการทดลองพบว่า ในแต่ละกรรมวิธีที่ใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์สามารถตรวจพบเชื้อรา *T. asperellum* และแบคทีเรีย *B. amyloliquefaciens* เจริญครอบครองรากของผักกาดหอมชนิดบัตเตอร์เฮดอายุ 42 วัน หลังย้ายกล้าได้อย่างสมบูรณ์ (100 เปอร์เซ็นต์)

ตารางที่ 2 อิทธิพลของชีวภัณฑ์เชื้อรา *Trichoderma asperellum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ชนิดสด และชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* สายพันธุ์ BB165 ชนิดเกล็ดต่อน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของผักกาดหอมชนิดบัตเตอร์เฮดอายุ 42 วัน หลังย้ายปลูกในวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของวัสดุปลูกใช้แล้ว

กรรมวิธี	น้ำหนักสด (กรัม/ต้น)		น้ำหนักแห้ง (กรัม/ต้น)	
	น้ำหนักต้น	น้ำหนักราก	น้ำหนักต้น	น้ำหนักราก
กรรมวิธีควบคุม (น้ำเปล่า)	45.33 ^{b} -	3.41 ^{c} -	1.66 ^{c} -	0.19 ^{c} -
T. asperellum (100 g/10 L)	62.11 ^{a} (+37.01%)**	4.77 ^{ab} (+39.88%)	2.49 ^{ab} (+50.00%)	0.39 ^{ab} (+89.47%)
T. asperellum (100 g/20 L)	56.10 ^{ab} (+23.75%)	4.11 ^{bc} (+20.52%)	2.10 ^{bc} (+26.50%)	0.30 ^{b} (+57.89%)
B. amyloliquefaciens (10 g/25 L)	62.89 ^{a} (+38.73%)	4.11 ^{bc} (+24.34%)	1.69 ^{c} (+1.80%)	0.28 ^{b} (+47.36%)
B. amyloliquefaciens (10 g/50 L)	58.76 ^{a} (+29.62%)	5.51 ^{a} (+61.58%)	2.60 ^{a} (+56.62%)	0.40 ^{a} (+110.52%)
F test	*	*	*	*
CV %	10.83	11.27	11.68	14.50

หมายเหตุ : เช่นเดียวกันกับตารางที่ 1

ตารางที่ 3 อิทธิพลของชีวภัณฑ์เชื้อรา *Trichoderma asperellum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ชนิดสด และชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* สายพันธุ์ BB165 ชนิดเกล็ดต่อการเกิดโรคใบจุด และโรครากเน่าของผักกาดหอมชนิดบัตเตอร์เฮดอายุ 42 วัน หลังย้ายปลูกในวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของวัสดุปลูกใช้แล้ว

กรรมวิธี	ดัชนีการเกิดโรค (%)			
	โรคใบจุด		โรครากเน่า	
กรรมวิธีควบคุม (น้ำเปล่า)	55.56	-	81.48 [a]	-
T. asperellum (100 g/10 L)	51.85	(-6.67%)	37.03 [b]	(-54.55%)**
T. asperellum (100 g/20 L)	48.14	(-13.35%)	48.14 [b]	(-40.92%)
B. amyloliquefaciens (10 g/25 L)	51.85	(-6.67%)	37.03 [b]	(-54.55%)
B. amyloliquefaciens (10 g/50 L)	48.14	(-13.35%)	37.03 [b]	(-54.55%)
F test	ns		*	
CV %	27.66		22.16	

หมายเหตุ : เช่นเดียวกันกับตารางที่ 1

จากการศึกษาผลของการใช้ชีวภัณฑ์เชื้อรา *T. asperellum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ชนิดสดและชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *B. amyloliquefaciens* สายพันธุ์ BB165 ชนิดเกล็ดรดวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของวัสดุปลูกที่ใช้แล้วทันทีหลังย้ายกล้า ต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมชนิดบัตเตอร์เฮด พบว่าการใช้เชื้อรา *T. asperellum* และแบคทีเรีย *B. amyloliquefaciens* ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของผักกาดหอมในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งได้ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของอรรถพล[6] ที่พบว่าการใช้เชื้อรา *T. asperellum* (ชื่อเดิม *T. harzianum*) CB-Pin-01 ชนิดสดและชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *B. mycoides* FL17 ชนิดเกล็ดแป้งสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักกาดหอมชนิดบัตเตอร์เฮดที่ปลูกในวัสดุปลูกไร้ดินได้ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยที่พบว่าการใช้สปอร์แขวนลอยของชีวภัณฑ์เชื้อรา *T. asperellum* (ชื่อเดิม *T. harzianum*) CB-Pin-01 ชนิดสดใส่ลงในสารละลายธาตุอาหารของผักกาดหอมชนิดกรีนคอสที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์ (2,5) และการใช้สปอร์แขวนลอยของชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *B. mycoides* FL17 ชนิดเกล็ดแป้ง และชีวภัณฑ์เชื้อรา *T. asperellum* (ชื่อเดิม *T. harzianum*) CB-Pin-01 ชนิดสดใส่ลงในสารละลายธาตุอาหารของผักกาดหอมชนิดบัตเตอร์เฮด และชนิดกรีนคอสที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์ตามลำดับ สามารถเพิ่มการเจริญเติบโตของผักกาดหอมได้ และยังช่วยลดเปอร์เซ็นต์การเกิดโรครากเน่าที่เป็นโรคสำคัญที่สุดโรคหนึ่งในการปลูกผักในระบบไฮโดรโพนิกส์ได้อีกด้วย[7,3]

การลดลงของโรคใบจุดในการศึกษาครั้งนี้ สอดคล้องกันกับการศึกษาของอารีรัตน์ และคณะ[1] ที่ทดสอบพ่นเชื้อรา *T. asperellum* ชนิดสด แต่ละไอโซเลตลงบนใบผักกาดหอมที่มีอายุ 30 วันหลังเพาะ ในอัตรา 20 มิลลิลิตรต่อต้น ทุก ๆ 5 วัน ติดต่อกัน 3 ครั้ง ก่อนปลูกเชื้อโรค 2 ครั้ง เมื่อครบ 35 และ 40 วันหลังปลูก ผลการทดลองพบว่าสามารถลดการเกิดโรคใบจุดของผักกาดหอมที่เกิดจากเชื้อรา *C. cassicola* ได้ 51.67-61.62% เมื่อตรวจความอยู่รอดของเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ สามารถตรวจพบเชื้อได้ทั้งบนใบและรากผักกาดหอมที่เก็บเกี่ยวจากทุกกรรมวิธี และพบว่าทุกกรรมวิธีที่ใช้เชื้อรา *T. asperellum* มีน้ำหนักสดของผักทั้งต้นสูงกว่ากรรมวิธีควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยในครั้งนี้ที่พบว่าสามารถตรวจพบเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ จากรากของผักกาดหอมในทุกกรรมวิธีที่ใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ซึ่งการลดลงของโรคใบจุด แม้ว่าไม่ได้เกิดจากการพ่นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ลงบนต้นพืชโดยตรง แต่อาจเกิดจากการเจริญครอบครองรากพืชของเชื้อรา *T. asperellum* และแบคทีเรีย *B. amyloliquefaciense* แล้วกระตุ้นให้ต้นพืชสร้างสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความต้านทานโรค ส่งผลให้ต้านทานต่อโรคทางใบได้แก่ elicitors ต่าง ๆ เช่น protease chitin-related compound β-1,3 glucanase และ peroxidase ที่มีผลกระตุ้นให้พืชต้านทานต่อเชื้อสาเหตุโรคพืชชนิดต่าง ๆ [8-11] ซึ่งบทบาทของเชื้อรา *T. asperellum* และ *B. amyloliquefaciense* นอกเหนือจากการยับยั้งและทำลายเชื้อสาเหตุโรคพืชโดยตรงทั้งส่วนรากและบนใบพืช ยังมีความสามารถในการเจริญอยู่บนผิวของ

รากพืชได้ ส่งผลให้มีบทบาทในการชักนำให้พืชต้านทานโรค นอกจากนี้บทบาทในด้านการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช พบว่าเชื้อรา *T. asperellum* และ *B. amyloliquefaciense* สามารถผลิตฮอร์โมนต่าง ๆ เช่น indole acetic acid (IAA) ตลอดจนช่วยละลายแร่ธาตุให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช จึงช่วยให้พืชสามารถนำแร่ธาตุไปใช้เสริมสร้างความสมบูรณ์ของต้น ใบ และการพัฒนาของรากได้มากขึ้น ส่งผลให้การเจริญเติบโตของพืชมากขึ้นได้ [8-11] โดยตรวจพบว่าซึ่งการปลูกผักหรือพืชต่าง ๆ ในวัสดุปลูกที่ใช้แล้วแม้ว่าจะเป็นการลดต้นทุน แต่ก็มีความเสี่ยงที่จะก่อให้เกิดโรคในระบบราก โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรครากเน่าได้ ดังนั้นการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์รดลงบนวัสดุปลูก หรือพ่นต้นกล้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งหลังเพาะเมล็ด หรือหลังย้ายกล้าทันที หรือร่วมกันทั้งสองวิธี ก็เป็นอีกหนทางหนึ่งที่จะช่วยป้องกันการเกิดโรคกับพืชปลูก และยังช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตให้กับพืชปลูกได้

สรุป

การรดสปอร์แขวนลอยของชีวภัณฑ์เชื้อรา *T. asperellum* ชนิดสดและเซลล์แขวนลอยของแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* ชนิดเกล็ดบนวัสดุปลูกทันทีหลังย้ายกล้าช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตให้กับผักกาดหอมชนิดบัตเตอร์เฮดได้ โดยพบว่าการใช้เชื้อรา *T. asperellum* ชนิดสดอัตราเชื้อสด 100 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ช่วยเพิ่มความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม และปริมาณคลอโรฟิลล์ของผักกาดหอมชนิดบัตเตอร์เฮดให้สูงขึ้น ในขณะที่การใช้แบคทีเรีย *B. amyloliquefaciens* อัตรา 100 กรัมต่อน้ำ 25 ลิตร ช่วยเพิ่มน้ำหนักสดของต้นให้สูงขึ้น และการใช้แบคทีเรีย *B. amyloliquefaciens* อัตรา 100 กรัมต่อน้ำ 50 ลิตร ช่วยเพิ่มน้ำหนักแห้งทั้งต้นและรากของผักกาดหอมได้ นอกจากนี้การรดสปอร์แขวนลอยของชีวภัณฑ์เชื้อรา *T. asperellum* ชนิดสดและเซลล์แขวนลอยของแบคทีเรีย *B. amyloliquefaciens* ชนิดเกล็ดบนวัสดุปลูกทันทีหลังย้ายกล้าช่วยลดการเกิดโรคใบจุด และโรครากเน่าของผักกาดหอมชนิดบัตเตอร์เฮดได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (ศูนย์รังสิต) ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านสถานที่และอุปกรณ์สำหรับการทดลอง

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร. จิระเดช แจ่มสว่าง ห้องปฏิบัติการควบคุมโรคพืชโดยชีวภาพ ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่ให้ความอนุเคราะห์ชีวภัณฑ์จุลินทรีย์ปฏิปักษ์และอาหารเลี้ยงเชื้อในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

1. อารีรัตน์ เทียนขาว, จิระเดช แจ่มสว่าง, วรรณวิไล อินทนู, ดำเนิน อุ่นศิริ. ประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมโรคใบจุดคอรีนีสปอราของผักกาดหอมที่ปลูกในวัสดุไร้ดิน. ใน การประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 9; 24-26 พฤศจิกายน 2552. โรงแรมสุนีย์ แกรนด์, อุบลราชธานี; 2552. น. 609-22.
2. แพรทอง ละมุล. ประสิทธิภาพของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ในการควบคุมรากเน่าของผักกาดหอมที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์ สาเหตุจากเชื้อรา *Pythium aphanidermatum.* [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2549.
3. จารุวรรณ บัวสุวรรณ. ประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *Bacillus* spp. ในการควบคุมโรครากเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ของผักกาดหอม ซึ่งปลูกด้วยระบบไฮโดรเจนโพนิกส์แบบ NFT. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2556.
4. จิระเดช แจ่มสว่าง, วรรณวิไล อินทนู. การผลิตเชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดสดด้วยเทคนิคอย่างง่าย เพื่อใช้ควบคุมโรคเน่าระดับดินที่เกิดจากเชื้อรา *Sclerotium rolfsii*. ใน รายงานการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 40th มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 4-7 กุมภาพันธ์ 2545; มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ; 2545. น. 114-22.

5. วิราพร ชีวะพานิช. ประสิทธิภาพของเชื้อรา *Trichoderma asperellum* และโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตในสารละลายธาตุอาหารต่อการลดโรครากเน่า และส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักกาดหอมที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2559.
6. อรรถพล แก่นสาร. อิทธิพลของวัสดุเพาะกล้าและวัสดุปลูกชีวภาพที่ผสมด้วยจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม และการควบคุมโรครากเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2557.
7. เพ็ญภัค เสาวภาคย์. ประสิทธิภาพของแบคทีเรียที่เจริญครอบครองรากในการควบคุมโรครากเน่าของผักกาดหอมที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์ซึ่งเกิดจากเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2552.
8. จิระเดช แจ่มสว่าง. ไตรโคเดอร์มา: เชื้อราปฏิปักษ์ควบคุมโรคพืช. นครปฐม: ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน; 2559.
9. Harman GE. Overview of mechanism and uses of *Trichoderma* spp. Phytopathology 2006; 96: 190-4.
10. Harman GE, Howell CR, Viterbo A, Chet I, Lorito M. *Trichoderma* species, opportunistic, avirulent plant symbionts. Nature Rev Microbiol 2004; 2: 43-56.
11. Natthiya Buensanteai. Mechanisms of *Bacillus amyloliquefaciens* KPS46 on enhanced growth promotion and induced systemic resistance against bacterial pustule in soybean [dissertation]. Bangkok: Kasetsart University; 2008.

[AS-P45] การเตรียมสบู่สครับจากถ่านไม้กระถิน
Preparation of Scrub Soap from the Acacia Charcoal

รัชกฤช ปัทมโสภาสกุล* และ นิศากร ธรรมรักษ์
Ratchakrich Patthamasopasakul* and Nisakorn Thammaruk
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: ratchakrich.p@rsu.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิธีการเตรียมสบู่สครับจากถ่านไม้กระถิน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาน้ำมันที่นำมาทำผลิตภัณฑ์สบู่เพื่อให้ได้เนื้อสบู่ที่แข็ง และไม่เปราะแตกง่าย หาเนื้อสครับของสบู่ที่ได้มาจากถ่านไม้กระถิน เพื่อเพิ่มมูลค่าของถ่านให้กับเกษตรกร พบว่าระยะเวลาที่เหมาะสมในการเตรียมสบู่มาตรฐานคือ 27 วัน มีเนื้อสบู่ที่เป็นก้อนแข็ง ไม่เปราะง่าย มีค่า pH เฉลี่ย = 8.98 ขนาดของถ่านที่เหมาะสมในการเตรียมสบู่สครับคือ 200 mesh ปริมาณ 3.00 กรัม โดยการถูที่หลังมือของอาสาสมัครให้เนื้อสัมผัสที่ดี ไม่รู้สึกเจ็บ และไม่ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง การทดสอบค่า pH และระยะเวลาในการเกิดฟอง ความคงตัวของสบู่ พบว่าสบู่สครับจากถ่านไม้กระถิน อยู่ในเกณฑ์กำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 29-2554
คำสำคัญ: *สบู่สครับ, ถ่าน, ไม้กระถิน*

Abstract

The research aim to studies soap preparation from acacia wood charcoal and finding the ratio of oil to make soap product and get the hard soap, antifragile and the texture of the soap mix with acacia wood. To find the suitable texture of scrub soap form charcoal which can be increased the value of coal for farmers. It was found that the optimal time to prepare the standard was 27 days. The soap hard texture was antifragile, average pH 8.98. The size of the charcoal in preparation of soap scrub is 200 mesh, 3.00 gram by rubbing the back of the hand. The outcome reveal that most of volunteer satisfied with palpate. It is not feel hurt and irritate. The pH and period of having bubble test time and stability of soap. The result show scrub soap from acacia wood charcoal all of parameter under the standard of TISI 29-2554
Keywords: *scrub soap, charcoal, acacia*

บทนำ

ปัจจุบันมลพิษมีอยู่รอบตัว รวมทั้งสารเคมีในเครื่องอุปโภคบริโภค เครื่องสำอางซึ่งมีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อสุขภาพและคุณภาพชีวิต ดังนั้นปัจจุบันผู้บริโภคเริ่มหันมาสนใจหาสินค้าที่มาจากธรรมชาติ หรือมีส่วนผสมของธรรมชาติ เพื่อมาทดแทนหรือลดการใช้สารเคมีในเครื่องสำอางที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ร่างกายต้องสัมผัสทุกวันอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เช่น ผลิตภัณฑ์ชำระล้าง (สบู่) ผลิตภัณฑ์บำรุงผิว เรื่องความสะอาดเป็นสิ่งที่มีความสำคัญและจำเป็นสำหรับมนุษย์ การคิดค้นผลิตภัณฑ์เพื่อใช้ในการทำความสะอาดเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน[(1)]

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการทำความสะอาด เช่น สบู่ซึ่งเกิดจากการผสมระหว่างกรดไขมันทำปฏิกิริยากับด่างหรือเบส คุณสมบัติของสบู่คือเป็นสารลดแรงตึงผิว เมื่อละลายน้ำจะแตกตัวให้ไอออนบวก และไอออนลบ ส่วนที่เป็นไอออนลบจะเป็นตัวที่ใช้ชำระล้างสิ่งสกปรกได้ ตามท้องตลาดทั่วไปมีสบู่หลากหลายประเภทที่สามารถใช้ทำความสะอาดร่างกายได้ นอกเหนือจากการทำความสะอาดแล้วต้องการให้ผิวคงความชุ่มชื้นไม่แห้งกร้าน[(2)] สบู่ (soap) เป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่ได้จากการนำเอาน้ำมันพืชหรือไขมัน

สัตว์ผสมกับด่างที่ได้มาจากการนำเอาขี้เถ้ามาแช่น้ำ ทำขึ้นเพื่อใช้ทำความสะอาดร่างกาย และเสื้อผ้า มีหลักฐานพบว่ามนุษย์ซักผ้ามาตั้งแต่ 2800 ปี ก่อนคริสตกาล[3,4]

การเตรียมสบู่เป็นปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสไขมันและน้ำมันด้วยเบส ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดจากไขมันและน้ำมันกับด่าง เกิดเกลือของกรดไขมัน ($RCOONa^+$) ซึ่งก็คือ สบู่กับกลีเซอรอล น้ำมันหรือไขมันแต่ละชนิดจะมีค่าสะปอนนิฟิเคชัน (SAP) แตกต่างกันไปซึ่งค่า SAP นี้ หมายถึง ปริมาณขอด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) หรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) เป็นมิลลิกรัมที่สามารถทำปฏิกิริยากับไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ปริมาณ 1 กรัมจนสมบูรณ์[5]

ถ่าน (charcoal)[6] วัสดุที่ได้จากการเผาไหม้ภายใต้บริเวณที่มีอากาศอยู่บางเบาหรือกระบวนการแยกสารอินทรีย์ภายในวัสดุในสภาวะที่มีอากาศอยู่น้อยมาก เมื่อมีการให้ความร้อนระหว่างกระบวนการกำจัดน้ำ น้ำมันดิบ และสารอื่นๆ ออกจากวัสดุ ซึ่งสารที่ได้จากการผลิตจะมีปริมาณของคาร์บอนสูง และไม่มีความชื้นทำให้ปริมาณพลังงานในถ่านสูง สำหรับกระบวนการที่ทำให้สารอินทรีย์ในเนื้อวัสดุเปลี่ยนรูปเป็นถ่าน เรียกว่า คาร์บอไนซ์เซชั่น (carbonization)

ดังนั้นผู้ทำวิจัยจึงมีความสนใจที่จะเตรียมสบู่สครับที่ได้มาจากถ่านที่นำมาจากธรรมชาติ โดยเตรียมได้จากไม้กระถินที่มีการขยายพันธุ์ง่ายพบได้ทั่วไปในพื้นที่ของประเทศไทย และเมื่อนำมาเผาจะสามารถให้จำนวนของคาร์บอนสูง และเป็นไม้เนื้ออ่อนที่เหมาะสำหรับการนำมาเตรียมเป็นสบู่ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มมูลค่าให้แก่สิ่งเหลือทิ้งทางการเกษตรและเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางด้านเครื่องสำอางอีกหนึ่งทางต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมสบู่มาตรฐานจากโซเดียมไฮดรอกไซด์

การตั้งตำรับสูตรสบู่ ชั่งน้ำมันมะพร้าว 20.00 กรัม ชั่งน้ำกลั่น 7.60 กรัม นำส่วนผสมทั้ง 2 ชนิด เทรวมกันในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร คนช้าๆ ให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3.38 กรัม ผสมลงไปในบีกเกอร์สารละลายน้ำมัน คนต่อไปจนกระทั่งได้ของเหลวที่มีลักษณะข้นหนืด สีขาวขุ่น เทใส่พิมพ์ สังเกตลักษณะทางกายภาพ เปลี่ยนน้ำมันจากน้ำมันมะพร้าว เป็นน้ำมันปาล์ม และน้ำมันมะพร้าวผสมน้ำมันปาล์ม ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงสูตรสบู่มาตรฐานจากโซเดียมไฮดรอกไซด์

สารเคมี	สูตรมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์		
	น้ำมันมะพร้าว	น้ำมันปาล์ม	น้ำมันมะพร้าว+น้ำมันปาล์ม
น้ำมัน (กรัม)	20.00	20.00	20.00
สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (กรัม)	3.38	2.61	2.99
น้ำ (กรัม)	7.60	7.60	7.60
รวม	30.98	30.21	30.59

2. ศึกษาคุณสมบัติของสบู่มาตรฐาน

2.1 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการเตรียมสบู่มาตรฐาน นำผลิตภัณฑ์สบู่จากข้อ 1 ทำการทดสอบค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยเครื่อง pH meter โดยวัดค่ากรด-ด่างซ้ำทุกๆ วัน จนค่า pH ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

2.2 ศึกษาขนาดของถ่านไม้กระถิน โดยนำถ่านคาร์บอไนซ์มาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ บดให้มีพื้นที่ต่ำกว่า 400 mesh กระตุ้นด้วยความร้อน 500 ^{0}C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และนำมาคัดขนาดถ่านผ่านตะแกรงร่อน จะได้ถ่านที่มีขนาด 30-50 mesh, 200 mesh และ 400 mesh [6] นำถ่านไม้กระถินขนาด 30-50 mesh, 200 mesh และ 400 mesh ใส่ลงใน บีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร แช่ไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการกรอก และอบที่ 80 องศาเซลเซียส เวลา 24 ชั่วโมง ชั่งถ่านขนาดต่างๆ จำนวน 1 กรัม ผสมกับสบู่มาตรฐานสูตรน้ำมันปาล์มผสมกับน้ำมันมะพร้าว ในตารางที่ 1 จากนั้นคนให้เข้ากัน

สังเกตลักษณะของเหลวจนกระทั่งเป็นสีดำข้นหนืด เทลงพิมพ์ ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง นำมาทดสอบลักษณะทางกายภาพ โดยการถูบริเวณหลังมือของอาสาสมัครจำนวน 10 คน สังเกตและบันทึกผล

2.3 ศึกษาปริมาณถ่านไม้กระถิน ชั่งถ่านไม้กระถินขนาด 200 mesh ปริมาณ 0.50, 1.00, 2.00, 3.00 และ 4.00 กรัม ตามลำดับ เติมลงในสบู่มาตรฐานสูตรน้ำมันปาล์มผสมกับน้ำมันมะพร้าว ในตารางที่ 1 จากนั้นคนให้เข้ากัน สังเกตลักษณะของเหลวจนกระทั่งเป็นสีดำข้นหนืด เทลงพิมพ์ ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง นำมาทดสอบลักษณะทางกายภาพ โดยการถูบริเวณหลังมือของอาสาสมัครจำนวน 10 คน สังเกตและบันทึกผล

3. ศึกษาลักษณะทางกายภาพของสบู่[(3)]

3.1 ทดสอบหาปริมาณฟองและความคงตัวของฟอง ชั่งสบู่ 1 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในกระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร ทำการพลิกคว่ำ-หงายจำนวน 50 ครั้ง ตั้งทิ้งไว้ 1 นาที สังเกตปริมาณฟองที่ลดลงในหน่วย mL

3.2 ทดสอบความคงตัวของสบู่สครับจากถ่านไม้กระถิน นำผลิตภัณฑ์สบู่ไม้กระถินที่เตรียมได้ ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 30 วัน สังเกตลักษณะทางกายภาพ

3.3 ทดสอบการละลายน้ำ นำผลิตภัณฑ์สบู่สครับจากถ่านไม้กระถินมาชั่งน้ำหนักที่ 20 กรัม ทำการทดสอบโดยการผสมน้ำและถูที่ฝ่ามือต่อเนื่อง จำนวน 5 ครั้ง และ 10 ครั้ง ตามลำดับ ชั่งน้ำหนักสบู่หลังการใช้งาน บันทึกผลการทดลอง

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการเตรียมตำรับสบู่มาตรฐาน

จากการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการเตรียมตำรับสบู่มาตรฐาน โดยการศึกษาจากค่าความเป็นกรด-ด่าง สำหรับสบู่ที่เตรียมได้จากน้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม และ น้ำมันมะพร้าวผสมน้ำมันปาล์ม โดยแสดงตัวเลขเป็นค่าเฉลี่ยของค่าความเป็นกรด-ด่าง ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง ของสบู่น้ำมันมะพร้าว, สบู่น้ำมันปาล์ม และ สบู่น้ำมันมะพร้าว+สบู่น้ำมันปาล์ม[a]

ลำดับวัน	ค่ากรด-ด่าง (ค่า pH)		
	สบู่น้ำมันมะพร้าว	สบู่น้ำมันปาล์ม	สบู่น้ำมันมะพร้าว + สบู่น้ำมันปาล์ม
1	12.54	12.44	10.96
2	11.40	11.69	10.58
3	10.84	10.76	10.53
4	10.45	10.71	10.50
5	10.53	10.50	10.45
6	11.80	10.82	10.39
7	11.04	10.66	10.29
8	10.93	10.66	10.24
9	10.88	10.60	10.20
10	10.83	10.53	10.15
11	10.80	10.49	10.05
12	10.40	10.45	9.98
13	10.37	10.41	9.93

14	10.33	10.37	9.87
15	10.31	10.27	9.79
16	10.29	10.24	9.70
17	10.24	10.21	9.65
18	10.22	10.16	9.54
19	10.19	10.08	9.47
20	10.16	10.03	9.38
21	9.96	9.93	9.26
22	9.89	9.87	9.18
23	9.76	9.74	8.98
24	9.76	9.74	8.98
25	9.76	9.74	8.98
26	9.76	9.74	8.98
27	9.76	9.74	8.98

a = ข้อมูลที่รายงานเป็นค่าเฉลี่ย ที่มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่า 5%

จากการศึกษาระยะเวลาในการเตรียมสบู่มาตรฐานพบว่า ระยะเวลาที่เหมาะสำหรับการเตรียมสบู่คือ 27 วัน โดยดูจากค่าเฉลี่ยของค่า pH ที่ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งผลิตภัณฑ์สบู่จากน้ำมันมะพร้าวมีค่า pH เฉลี่ย 9.76 มีลักษณะทางกายภาพคือ เนื้อสบู่มีความแข็งมาก และมีส่วนของน้ำมันเหลืออยู่มาก ผลิตภัณฑ์สบู่จากน้ำมันปาล์มมีค่า pH เฉลี่ย 9.74 มีลักษณะทางกายภาพคือ เนื้อสบู่ค่อนข้างนิ่มมาก แต่ไม่มีส่วนของน้ำมันเหลืออยู่ ผลิตภัณฑ์สบู่จากน้ำมันมะพร้าวผสมน้ำมันปาล์มมีค่า pH เฉลี่ย 8.98 มีลักษณะทางกายภาพคือ เนื้อสบู่ไม่แข็งและไม่นิ่มจนเกินไป และได้เนื้อสัมผัสที่ดีไม่มีปริมาณของน้ำมันเหลืออยู่ จึงเป็นตำรับผลิตภัณฑ์สบู่ที่นำไปศึกษาต่อไป

2. ผลการศึกษาขนาดของถ่านไม้กระถิน

จากการศึกษาขนาดถ่านไม้กระถินสำหรับการเตรียมตำรับสบู่สครับ และทำการทดสอบลักษณะทางกายภาพโดยใช้แบบสอบถามจากอาสาสมัครจำนวน 10 คน พบว่า ถ่านไม้กระถินขนาด 30-50 mesh มีลักษณะเป็นก้อนสบู่ที่เป็นของแข็ง สีเทาดำ เมื่อถูที่หลังมือ ให้ความรู้สึกเจ็บ เนื่องจากมีขนาดของถ่านที่ใหญ่จนเกินไปจึงไม่เหมาะกับการนำมาเตรียมตำรับ ถ่านไม้กระถินขนาด 400 mesh มีลักษณะเป็นก้อนสบู่ที่เป็นของแข็ง สีดำ เมื่อถูที่หลังมือ ไม่ให้ความรู้สึกถึงความเป็นสครับ เนื่องจากมีขนาดของถ่านที่เล็กจนเกินไป ทำให้เมื่อสัมผัสที่ผิวหนังและไม่ให้ความรู้สึกถึงการเป็นเนื้อสครับจึงไม่เหมาะสมกับการนำมาเตรียมตำรับ ถ่านไม้กระถินขนาด 200 mesh มีลักษณะเป็นของแข็ง สีดำ เมื่อถูที่หลังมือแล้วให้ความรู้สึกถึงเนื้อสครับที่มีขนาดของถ่านที่พอเหมาะ ไม่ให้ความรู้สึกเจ็บจนเกินไป และไม่รู้สึกว่าเล็กจนเกินไป และเป็นขนาดที่ได้รับการประเมินความพึงพอใจจากอาสาสมัครสูงที่สุด จึงเหมาะที่นำมาทำการเตรียมสบู่สครับต่อไป



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 1 ผลิตภัณฑ์สบู่น้ำมันมะพร้าว+น้ำมันปาล์ม: (ก) ขนาด 30-50 mesh, (ข) ขนาด 200 mesh และ (ค) ขนาด 400 mesh

3. ผลการศึกษาปริมาณของถ่านไม้กระถิน

จากการศึกษาปริมาณของถ่านไม้กระถินในการเตรียมตำรับสบู่สครับ โดยใช้แบบสอบถามจากอาสาสมัครจำนวน 10 คนพบว่า ปริมาณ 3.00 กรัม เมื่อถูที่หลังมือแล้วมีปริมาณที่พึงพอใจสูงที่สุดจากอาสาสมัคร โดยลักษณะเนื้อสบู่ไม่เกิดการแตกหรือแข็งเกินไปเหมาะกับการสครับ มีการกระจายตัวทั่วถึงบนผิวมือ จึงมีปริมาณที่เหมาะกับนำมาเป็นผลิตภัณฑ์สบู่มากที่สุด ส่วนผลิตภัณฑ์สบู่สครับจากถ่านไม้กระถินปริมาณ 0.50 , 1.00 , 2.00 กรัม เมื่อถูที่หลังมือแล้วมีปริมาณที่น้อยเกินไป ทำให้เวลาที่ใช้ถูมือแล้วต้องใช้แรงในการกดใช้ให้สครับสัมผัสกับผิวมากขึ้น และผลิตภัณฑ์สบู่สครับจากถ่านไม้กระถินปริมาณ 4.00 กรัม มีปริมาณมากจนเกินความจำเป็น และลักษณะผิวของสบู่มีเนื้อสัมผัสที่หยาบและมีรอยแตกของเนื้อสบู่ จึงมีปริมาณที่ไม่เหมาะกับนำมาเป็นผลิตภัณฑ์สบู่สครับ



(ก) (ข) (ค) (ง) (จ)

รูปที่ 2 ผลิตภัณฑ์สบู่สครับจากถ่านไม้กระถิน: (ก) ปริมาณ 0.05 กรัม, (ข) ปริมาณ 1.00 กรัม, (ค) ปริมาณ 2.00 กรัม, (ง) ปริมาณ 3.00 กรัม และ (จ) ปริมาณ 4.00 กรัม

4. การทดสอบลักษณะทางกายภาพของสบู่

การทดสอบลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของสบู่สครับจากถ่านไม้กระถิน ที่เปรียบเทียบกับเกณฑ์กำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 29-2554 โดยทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ต่อไปนี้

4.1 การทดสอบคุณสมบัติสบู่สครับจากถ่านไม้กระถิน

ทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพของสบู่ คือ ลักษณะเนื้อสบู่, ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณฟองของสบู่ และความคงทนของฟอง ได้ผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ทดสอบหาปริมาณฟองและความคงทนของฟอง

การตรวจสอบ	มาตรฐานสบู่ก้อน	สบู่สครับจากถ่านไม้กระถิน
ลักษณะเนื้อสบู่	เป็นก้อนแข็ง ไม่เปราะ	เป็นก้อนแข็ง ไม่เปราะ
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	pH 8-10	8.98
ปริมาณฟอง	ปริมาณมากพอ	78 mL
ความคงทนของฟอง	ระยะเวลามากพอ	123 นาที

จากตารางที่ 3 พบว่าสบู่สครับจากถ่านไม้กระถิน มีลักษณะเนื้อสบู่มีความแข็ง ไม่เปราะง่าย มีค่าความเป็นกรด-ด่าง, ปริมาณฟอง และความคงทนของฟอง อยู่ในเกณฑ์กำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 29-2554[7]

4.2 ทดสอบความคงตัวของสบู่สครับจากถ่านไม้กระถิน

การทดสอบทางกายภาพ ความคงตัวของสบู่สครับจากถ่านไม้กระถิน เมื่อตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 1 เดือน พบว่ายังคงอยู่ในลักษณะเป็นก้อนเช่นเดิม แต่สบู่จะแห้งและแข็งขึ้นกว่าเดิม เนื่องจากมีการสูญเสียน้ำจากก้อนสบู่ทำให้เกิดความแข็งมากขึ้น สามารถแก้ไขได้โดยการใช้แผ่นพลาสติกห่ออาหารคลุมไว้ป้องกันการสูญเสียน้ำ

4.3 ทดสอบการละลายน้ำของสบู่สครับจากถ่านไม้กระถิน

ทำการทดสอบการละลายน้ำของสบู่สครับจากถ่านไม้กระถิน โดยทำการชั่งน้ำหนักเริ่มต้น ใช้งาน 5 – 10 ครั้ง และบันทึกน้ำหนักสุดท้าย (คิดเป็นน้ำหนัก) ได้ผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบการละลายน้ำของสบู่สครับจากถ่านไม้กระถิน (คิดเป็นน้ำหนัก[a])

สบู่สครับจาก ถ่านไม้กระถิน (ก้อน)	น้ำหนักเริ่มต้น	น้ำหนักคงเหลือ เมื่อใช้งาน 5 ครั้ง (กรัม)	น้ำหนักคงเหลือ เมื่อใช้งาน 10 ครั้ง (กรัม)
1	20.00	19.50	18.39
2	20.00	19.50	18.45
3	20.00	19.55	18.45
	น้ำหนักเฉลี่ย	19.52	18.43

a = ข้อมูลที่รายงานเป็นค่าเฉลี่ย ที่มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่า 5%

จากการทดสอบการละลายน้ำของสบู่สครับจากถ่านไม้กระถิน หลังจากทดสอบพบว่า น้ำหนักของสบู่สครับจากถ่านไม้กระถินลดลงเล็กน้อย เนื่องจากว่าสบู่สครับจากถ่านไม้กระถินนั้นมีความสามารถในการละลายน้ำ และยังมีความแข็งที่พอเหมาะจึงสามารถนำมาใช้งานได้เป็นระยะเวลานาน

สรุป

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเตรียมสบู่สครับมาตรฐานที่เตรียมได้จาก น้ำมันมะพร้าว, น้ำมันปาล์ม และน้ำมันมะพร้าวผสมน้ำมันปาล์ม เพื่อทำการเตรียมสบู่สครับมาตรฐานที่มีเนื้อสัมผัสที่ดี และเหมาะสม โดยพบว่าผลการศึกษามีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการเตรียมตำรับสบู่มาตรฐานพบว่า สบู่มาตรฐานที่เตรียมได้จาก น้ำมันมะพร้าวผสมน้ำมันปาล์มให้เนื้อสัมผัสที่ดีที่สุด คือ ระยะเวลา 27 วัน มีเนื้อสบู่ที่เป็นก้อนแข็ง ไม่เปราะง่าย มีค่า pH = 8.98 และมีความเป็นเป็นกรด-ด่าง อยู่ในเกณฑ์กำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 29-2554

การศึกษาขนาดของถ่านไม้กระถินที่มีขนาด 30-50 mesh , 200 mesh และ 400 mesh ทำการทดสอบทางกายภาพ โดยนำสบู่มาถูบนหลังมือ พบว่าถ่านไม้กระถินขนาด 200 mesh มีเนื้อสัมผัสที่ดีที่สุด เพราะมีขนาดที่เหมาะสมหลังใช้ถูที่หลังมือ ทำให้ไม่รู้สึกเจ็บผิวหนังและไม่เกิดการระคายเคืองต่อผิว จึงเหมาะกับการนำมาทำเป็นสครับในผลิตภัณฑ์สบู่

การศึกษาปริมาณของถ่านไม้กระถินพบว่า ปริมาณ 3.00 กรัม เมื่อถูที่หลังมือมีปริมาณที่พึงพอใจมากที่สุด และลักษณะเนื้อสบู่ไม่เกิดการแตก หรือแข็งเกินไป เหมาะกับการเตรียมสครับมีการกระจายตัวทั่วถึงบนผิวมือ จึงเป็นปริมาณที่เหมาะกับนำมาเป็นผลิตภัณฑ์สบู่มากที่สุด

การทดสอบลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของสบู่สครับจากถ่านไม้กระถิน เปรียบเทียบกับเกณฑ์กำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 29-2554 พบว่าสบู่สครับจากถ่านไม้กระถิน มีลักษณะเนื้อสบู่มีความแข็ง ไม่เปราะง่าย มีค่า pH ปริมาณฟอง และความคงทนของฟอง อยู่ในเกณฑ์กำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 29-2554

การทดสอบความคงตัวของสบู่สครับจากถ่านไม้กระถิน เมื่อตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 1 เดือน พบว่ายังคงอยู่ในลักษณะเป็นก้อนเช่นเดิม แต่สบู่จะแห้งมากขึ้นและแข็งขึ้นกว่าเดิม เนื่องจากเกิดการสูญเสียน้ำ

การทดสอบการละลายน้ำของสบู่สครับจากถ่านไม้กระถิน หลังจากทดสอบพบว่า น้ำหนักของสบู่สครับจากถ่านไม้กระถินลดลงเล็กน้อย เนื่องจากว่าสบู่สครับจากถ่านไม้กระถินนั้นมีความสามารถในการละลายน้ำ และยังมีความแข็งที่พอเหมาะจึงสามารถนำมาใช้งานได้เป็นระยะเวลานาน

เอกสารอ้างอิง

1. Panda H., Herbal Soaps and Detergents Hand Book. National Intitute of Industrial Research, Delhi, India. 2003.
2. พิมพร ลีลาพรพิสิฐ. เครื่องสำอางธรรมชาติผลิตภัณฑ์สำหรับผิวหนัง. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์. 2557.
3. อรอนงค์ ทรัพย์มั่น. การทำสบู่จากน้ำมันทอดซ้ำ.ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยรังสิต, ปทุมธานี; 2558.
4. ทิศาลักษณ์ วรสาร. การพัฒนาผลิตภัณฑ์สบู่เจลที่มีส่วนผสมของสารสกัดสีธรรมชาติ. ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยรังสิต, ปทุมธานี; 2559.
5. Sandra F.et.al. Soap production: A green prospective. Waste Management 66 (2017): 190-195.
6. ประสิทธิชัย สวนดอกไม้. การเตรียมถ่านกัมมันต์จากต้นกระถินเพื่อกำจัดเหล็ก (II) ไอออน. ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมีประยุกต์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยรังสิต, ปทุมธานี; 2560.
7. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. สบู่ก้อนผสมสมุนไพร.[อินเตอร์เน็ท]. 2561. [เข้าถึงเมื่อ 20 สิงหาคม 2561] เข้าถึงได้จาก https://www.tisi.go.th/assets/website/pdf/tiss/13-2561.pdf.

[AS-P46] การทดสอบการงอกของเมล็ดดอกผีเสื้อ 2 สายพันธุ์ในโรงเรือนบ่มและโรงเรือนปกติ
Examination of Seed Germination of Dianthus Chinensis 2 Cultivars in Incubating and Normal Greenhouses

อันธิกา เหล็กเพ็ชร[1], สุมิตรา อำนาจผูก[2], ปภาวี โอบอ้อม[2] และสมาพร เรืองสังข์[*1]
Anthika Lekphet[1], Sumittra Umnartpook[2], Papawi Ob-om[3] and Samaporn Ruangsanka[*1]
[1]*คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์*
[2]*สถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ เชียงใหม่*
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: samaporn@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

การทดลองนี้วัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดดอกผีเสื้อสายพันธุ์ Red Deep และ Pink Light ที่เพาะในโรงเรือนบ่มและโรงเรือนปกติ 2) ศึกษาอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด 3) ตรวจสอบวันที่เมล็ดเริ่มงอก ทำการทดลองที่สถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ โดยเพาะเมล็ดดอกผีเสื้อทั้ง 2 สายพันธุ์บนวัสดุเพาะประกอบด้วยพีทมอส: ขุยมะพร้าว: ปุ๋ยหมักในสัดส่วน 1:1:0.5 มี 4 กรรมวิธี 4 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ CRD เป็นเวลา 10 วัน ผลการทดลองพบว่า เมล็ดดอกผีเสื้อ Red Deep ที่เพาะในโรงเรือนบ่มและโรงเรือนปกติมีเปอร์เซ็นต์งอก 100 % และ 84.6% (P<.05) และเริ่มงอกในวันที่ 4 และ 3 หลังเพาะตามลำดับ ส่วนเมล็ดดอกผีเสื้อ Pink Light มีอัตราการงอกใกล้เคียงกันคือ 93.2 % ในโรงเรือนบ่มและ 92.8% ในโรงเรือนปกติ และเริ่มงอกวันที่ 4 พร้อมกัน โรงเรือนทั้งสองมีอุณหภูมิช่วงเช้าใกล้เคียงกัน แต่ช่วงกลางวันโรงเรือนบ่มมีอุณหภูมิต่ำกว่าโรงเรือนปกติ คือ 24.43 องศาเซลเซียส และ 26 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิกลางคืนในโรงเรือนบ่มมีค่าสูงกว่าโรงเรือนปกติ คือ 19.64 องศาเซลเซียส และ 18.07 องศาเซลเซียสตามลำดับ และโรงเรือนทั้งสองมีความชื้นสัมพัทธ์เท่ากันในช่วงเช้าและกลางคืน คือ ร้อยละ 91.0 แต่ในช่วงกลางวัน โรงเรือนบ่มมีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าโรงเรือนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือร้อยละ 88.71 และ 75.71 ตามลำดับ

คำสำคัญ: *การงอกของเมล็ด, ดอกผีเสื้อ, โรงเรือน, สถานีเกษตรหลวงอินทนนท์*

Abstract

This experiment aimed to 1) compare seed germination percentage of *Dianthus chinensis* cultivars of Red deep and Pink light in the incubating and normal greenhouses 2) study effects of temperature and relative humidity in the greenhouses on seed germination 3) examine the first date of seed germination. The experiment was carried on The Royal Agricultural Station Inthanon. Seeds of both cultivars were sown on media composing of peat moss: coconut shell hair: compost as 1:1:0.5. There were 4 treatments with 4 replicates in a completely randomized design (CRD) for 10 days. It was found that seed germinations of Red Deep in the incubating and normal greenhouses were 100% and 84.6% (p<.05). The first germination dates were 4 and 3 days after sowing in the incubating and normal greenhouses, respectively. While Pink Light seed germination percentages of both green houses were not significantly different (93.2% and 92.8%). They germinated at 4 days after sowing. Both greenhouses had not different temperatures in the morning but significantly different in the afternoon (24.43 °C and 26 °C) and night periods (19.64 °C and 18.07 °C). Moreover, relative humidities were equal in both greenhouses in the morning and night times. The incubating

greenhouse had significantly higher relative humidity in the afternoon than normal green house (88.71% and 75.71% respectively).

Keywords: *Seed germination, Dianthus chinensis, greenhouse, Royal Agricultural Station Inthanon*

บทนำ

สถานีเกษตรหลวงอินทนนท์มีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาสูง มีอากาศหนาวเย็นตลอดทั้งปี เหมาะสมแก่การเพาะปลูกพืชเมืองหนาว การดำเนินงานหลักของสถานีเกษตรหลวงอินทนนท์มุ่งเน้นงานวิจัยและทดสอบสาธิตพืชเมืองหนาวหลายชนิดได้แก่ กีวี สตรอเบอรี พลับ ไฮเดรนเยีย กุหลาบ เจอบีรา ลิ้นมังกร ออนิโธกาลัม จิปซอฟฟิลล่า รวมถึง ดอกผีเสื้อ (*Dianthus sp.*) ที่ได้รับความนิยมนำไปประดับตกแต่งสถานที่ เนื่องจากมีสีสันหลากหลาย เป็นพืชที่ถูกนำไปส่งเสริมและพัฒนาอาชีพแก่เกษตรกรภายใต้การดูแลของสถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ อุปสรรคสำคัญที่พบคือการขยายพันธุ์ดอกผีเสื้อด้วยเมล็ดในฤดูหนาวจะงอกยาก เพราะสภาพภูมิอากาศ ณ สถานีเกษตรหลวงอินทนนท์มีอุณหภูมิต่ำมาก จากข้อมูลสถิติเคยมีอุณหภูมิต่ำสุด 4.2 องศาเซลเซียส[(1)] ทำให้เมล็ดงอกยาก ส่งผลกระทบต่อปริมาณการผลิต นอกจากนี้ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียสตอนกลางคืน ยังมีผลทำให้ *Dianthus* สายพันธุ์ Big Eye Crimson, Scarlet ,Magic Charm, Princess ชะงักการเจริญเติบโต หรือใช้เวลานานจึงจะออกดอก[(2)] การควบคุมสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชจึงมีบทบาทสำคัญที่จะช่วยส่งเสริมการผลิตพืชให้ได้ปริมาณและคุณภาพตามต้องการ การผลิตพืชเชิงพาณิชย์หลายชนิดนิยมปลูกในโรงเรือนซึ่งมีหลายแบบ เช่น โรงเรือนแบบเปิดหลังคาโค้ง (High Tunnel greenhouse) และโรงเรือนแบบปิดที่ควบคุมสภาวะอากาศได้ (climate-controlled greenhouse) โดยเฉพาะในฤดูหนาวที่อากาศภายนอกหนาวเย็น เกษตรกรจำเป็นต้องให้พลังงานความร้อนแก่โรงเรือนควบคุมด้วยระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ ในขณะที่โรงเรือนแบบเปิดหลังคาโค้งจะประหยัดพลังงานเนื่องจากมีโครงสร้างที่ทำให้อากาศถ่ายเทหมุนเวียนเข้าสู่โรงเรือนได้ง่าย สามารถรับพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ในช่วงเวลากลางวันและป้องกันฝนจากภายนอก มีต้นทุนต่ำ มักใช้ในประเทศแถบร้อนชื้น สำหรับสถานีเกษตรหลวงอินทนนท์มีโรงเรือนสำหรับเพาะพันธุ์ไม้ดอกเมืองหนาวทั้ง 2 แบบคือ โรงเรือนแบบเปิด (normal greenhouse) ไม่มีระบบควบคุมสภาวะแวดล้อม และโรงเรือนแบบปิดที่เรียกว่าโรงเรือนบ่ม (incubating greenhouse) ซึ่งมีการติดตั้งหลอดไฟเพื่อเพิ่มอุณหภูมิภายในโรงเรือน การทดลองครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ ที่จะเปรียบเทียบการเพาะเมล็ดดอกผีเสื้อ 2 สายพันธุ์คือ Red deep และ Pink Light ในโรงเรือนทั้ง 2 แบบ เพื่อให้ทราบผลของสภาวะแวดล้อมต่อเปอร์เซ็นต์ความงอก และวันที่เริ่มงอกของเมล็ด ซึ่งจะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการปรับสภาวะให้เหมาะสมกระตุ้นให้เกิดการงอกอย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้เจริญเติบโตและออกดอกได้ตามความต้องการของตลาดต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเพาะเมล็ดและวัสดุเพาะ

นำเมล็ดดอกผีเสื้อ Red deep และดอกผีเสื้อ Pink Light มาทำการเพาะลงในกระบะเพาะเมล็ด ส่วนประกอบของวัสดุปลูกคือ พีทมอส, ขุยมะพร้าว (ที่ผ่านการแช่น้ำ 1 คืน), ปุ๋ยหมัก มีอัตราส่วน 1:1:0.5 แล้วนำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดัน 121 ปอนด์ 15 นาที พักทิ้งไว้ให้เย็นแล้วจึงนำมาใช้

ทำการเทวัสดุปลูกใส่ตะกร้า เพื่อทำการเพาะเมล็ดดอกผีเสื้อ เกลี่ยหน้าวัสดุปลูกให้มีความสม่ำเสมอ เพื่อให้วัสดุปลูกแต่ละตะกร้ามีความเท่ากัน ใช้แผ่นพลาสติกทำร่อง เพื่อที่จะได้นำเมล็ดมาเพาะตามร่องที่ทำไว้ โรยเมล็ดดอกผีเสื้อ ตามร่องที่เตรียมไว้ จากนั้นนำไปรดน้ำให้ชุ่มไปวางไว้ในโรงเรือนบ่มและโรงเรือนปกติ เป็นเวลา 10 วัน

สภาพโรงเรือนปกติ พื้นที่ 6x24 เมตร โครงเหล็ก ผนังและหลังคาพลาสติกใสหนา 150 ไมครอน ผนังหุ้มด้วยตาข่ายไนลอน และสภาพโรงเรือนบ่ม พื้นที่ 3x3 เมตร โครงเหล็ก ผนังก่อปูนสูง 1.50 เมตร ผนังและหลังคาหุ้มด้วยพลาสติกดำหนา 150 ไมครอน ภายในโรงเรือนมีหลอดไฟขนาด 20 วัตต์ 1 ดวง เปิดตลอดเวลา

2. ออกแบบการทดลอง

การทดลองประกอบด้วย 4 กรรมวิธี 4 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 (T1) = ดอกผีเสื้อ Red deep เพาะในโรงเรือนบ่ม

กรรมวิธีที่ 2 (T2) = ดอกผีเสื้อ Red deep เพาะในโรงเรือนปกติ

กรรมวิธีที่ 3 (T3) = ดอกผีเสื้อ Pink Light เพาะในโรงเรือนบ่ม

กรรมวิธีที่ 4 (T4) = ดอกผีเสื้อ Pink Light เพาะในโรงเรือนปกติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการเพาะเมล็ดดอกผีเสื้อ Red deep ในโรงเรือนบ่มและโรงเรือนปกติ

จากการศึกษาการเพาะเมล็ดดอกผีเสื้อ Red deep ในโรงเรือนปกติและโรงเรือนบ่ม พบว่า เมื่อทำการเพาะเมล็ดดอกผีเสื้อ Red deep ในโรงเรือนปกติจะมีเปอร์เซ็นต์ความงอก 84.6 เปอร์เซ็นต์ หลังจากวันที่เพาะเมล็ดเริ่มงอกวันที่ 3 ส่วนเมล็ดที่เพาะในโรงเรือนบ่มจะมีเปอร์เซ็นต์ความงอก 100 เปอร์เซ็นต์ หลังจากวันที่เพาะเมล็ดเริ่มงอกวันที่ 4 ซึ่งการเพาะเมล็ดดอกผีเสื้อ Red deep ในโรงเรือนบ่มมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงกว่าการเพาะในโรงเรือนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

กรณีเมล็ดดอกผีเสื้อ Pink Light เพาะในโรงเรือนปกติมีเปอร์เซ็นต์ความงอก 92.8 เปอร์เซ็นต์ หลังจากวันที่เพาะเมล็ดเริ่มงอกวันที่ 4 และที่เพาะในโรงเรือนบ่มมีเปอร์เซ็นต์ความงอก 93.2 เปอร์เซ็นต์ หลังจากวันที่เพาะเมล็ดเริ่มงอกวันที่ 4 เช่นเดียวกัน การเพาะเมล็ดดอกผีเสื้อในโรงเรือนปกติและโรงเรือนบ่มทำให้ได้เปอร์เซ็นต์ความงอกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 1 Germination of *Dianthus* cultivars Red deep and Pink Light

Treatments	Sum of germinating seeds	%germination	The first germinating date
Red deep			
Normal greenhouse	423	84.6[b]	3
Incubating greenhouse	500	100[a]	4
Pink light			
Normal greenhouse	464	92.8[ab]	4
Incubating greenhouse	466	93.2[ab]	4

*different alphabet in the same column means significantly statistic different at p<0.05



ภาพที่ 1 germination of *Dianthus* cv. Red deep in the incubating greenhouse on 4th day after sowing

2. อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือน

จากการศึกษาการเพาะเมล็ดดอกผีเสื้อ Pink Light ในโรงเรือนปกติและโรงเรือนบ่ม มีการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ พบว่า ช่วงเช้าโรงเรือนปกติและโรงเรือนบ่มมีอุณหภูมิไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ช่วงเวลากลางวันและกลางคืนอุณหภูมิในโรงเรือนทั้งสองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยช่วงกลางวันโรงเรือนปกติมีอุณหภูมิสูงกว่าโรงเรือนบ่ม แต่ช่วงกลางคืน โรงเรือนปกติมีอุณหภูมิต่ำกว่าโรงเรือนบ่ม

กรณีความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือน พบว่า โรงเรือนปกติและโรงเรือนบ่มมีความชื้นสัมพัทธ์เท่ากันในช่วงเช้าและกลางคืน แต่ตอนกลางวันโรงเรือนบ่มมีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าโรงเรือนปกติ ข้อมูลแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 temperature and relative humidity in greenhouses

Greenhouse (GH)	temperature			Relative humidity		
	morning	afternoon	night	morning	afternoon	night
Normal GH	15.07± 0.73[a]	26.00 ± 1.83[a]	18.07 ± 0.79[b]	91.0 ± 0.00[a]	75.71 ±9.99[b]	91.0 ±0.00[a]
Incubating GH	15.36 ± 0.69[a]	24.43 ±0.53[b]	19.64 ± 0.69[a]	91.0 ± 0.00[a]	88.71 ± 4.11[a]	91.0 ± 0.00[a]

*different alphabet in the same column means significantly statistic different at p<0.05

เปอร์เซ็นต์ความงอกของดอกผีเสื้อ Red deep ในโรงเรือนบ่มและโรงเรือนปกติแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<.05) อาจเป็นผลมาจาก อุณหภูมิภายในโรงเรือนบ่มช่วงเวลากลางวันต่ำกว่าแต่ช่วงกลางคืนต่ำกว่าโรงเรือนปกติ และช่วงกลางวันโรงเรือนบ่มมีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าโรงเรือนปกติ ซึ่งเป็นสภาพที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดมากกว่า สำหรับกรณีดอกผีเสื้อ Red deep เริ่มงอกเร็วกว่า ดอกผีเสื้อ Pink Light นั้น เป็นผลมาจากลักษณะเฉพาะประจำพันธุ์ ภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 24-26 องศาเซลเซียสในตอนกลางวัน และ 18-19 องศาเซลเซียนในตอนกลางคืน ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 75-88 % ในตอนกลางวันและ 91% ในตอนกลางคืน ส่งผลให้เมล็ดดอกผีเสื้อทั้ง 2 สายพันธุ์งอกได้ในวันที่ 3-4 หลังเพาะ สอดคล้องกับการเพาะเมล็ด *Dianthus orientalis* Adams ในโรงเรือนที่มีอุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60-70% เมล็ดเริ่มงอกวันที่ 3 เช่นเดียวกัน[3] อย่างไรก็ตามมีข้อมูลแสดงว่าแสงไม่มีอิทธิพลต่อการงอกของเมล็ด Dianthus 4 ชนิด ได้แก่ *D. arenarius* L. subsp. *borussicus* Vierh., *D. carthusianorum* L., *D. gratianopolitanus* Vill., และ *D. deltoides* L การเพาะเมล็ดเหล่านี้ในที่มีแสงและที่มืดให้ผลไม่แตกต่างกัน และเปอร์เซ็นต์ความงอกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ เมล็ดที่เพาะใกล้ผิวหน้าดินจะงอกได้ดี การงอกจะลดลงเมื่อแรงดันออสโมติก ลดลง อัตราการงอกเพิ่มขึ้นเมื่อกระตุ้นด้วย cold stratification แต่ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอก[4] นอกจากนี้มีการศึกษาแสงสีขาว และน้ำเงิน 12hL/12hD ไม่มีผลต่ออัตราการงอกของเมล็ด *Zinnia elegans* Jacq., *Dianthus caryophyllus* L. และ *Callistephus chinensis* (L.) Nees. [5]

การทดลองครั้งนี้ทำในช่วงเดือน พฤศจิกายน ซึ่งอากาศภายในโรงเรือนบ่มและโรงเรือนปกติไม่แตกต่างกันมากนัก แต่ในฤดูหนาวช่วงเดือนธันวาคม - มกราคมอุณหภูมิภายในโรงเรือนบ่มและโรงเรือนปกติจะแตกต่างกันมาก อุณหภูมิของอากาศภายนอกโรงเรือนจะลดต่ำมากจนเป็นอุปสรรคต่อการงอกของเมล็ดดอกผีเสื้อที่เพาะในโรงเรือนปกติ ส่วนอุณหภูมิของโรงเรือนบ่มในฤดูหนาวจะไม่ลดต่ำเท่าอุณหภูมิภายนอก เพราะมีหลอดไฟช่วยเพิ่มความร้อนรักษาระดับอุณหภูมิภายในโรงเรือน ความแตกต่างของอุณหภูมิในโรงเรือนทั้ง 2 แบบในช่วงฤดูหนาวอาจเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการงอกของเมล็ดดอกผีเสื้อ จึงควรมีการทดลองเพิ่มเติมในช่วงเวลาดังกล่าว เพื่อให้ได้ผลที่ชัดเจนสำหรับการแก้ปัญหาการงอกของเมล็ดดอกผีเสื้อในฤดูหนาว

สรุป

จากการทดลองการเพาะเมล็ดดอกผีเสื้อ Red deep ในโรงเรือนบ่ม มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงกว่าที่เพาะในโรงเรือนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 100% และ 84.6% ตามลำดับ (p<.05) แต่เมล็ดที่เพาะในโรงเรือนบ่มจะเริ่มงอกช้ากว่าที่เพาะใน

โรงเรือนปกติหนึ่งวัน (4 และ 3 วันหลังเพาะ ตามลำดับ) ส่วนดอกผีเสื้อ Pink Light มีเปอร์เซ็นต์ความงอกในโรงเรือนบ่มสูงกว่าที่เพาะในโรงเรือนปกติเล็กน้อย ไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 93.2% และ 92.8% ตามลำดับ โดยเริ่มงอกพร้อมกันในวันที่ 4 หลังเพาะ

ภายในโรงเรือนปกติและโรงเรือนบ่มมีอุณหภูมิช่วงเช้าไม่แตกต่างกัน แต่ช่วงกลางวันโรงเรือนปกติมีอุณหภูมิสูงกว่าโรงเรือนบ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 26.00 และ 24.43 องศาเซลเซียสตามลำดับ ส่วนช่วงกลางคืนโรงเรือนปกติมีอุณหภูมิต่ำกว่าโรงเรือนบ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 18.07 และ 19.64 องศาเซลเซียส สำหรับค่าความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนปกติและโรงเรือนบ่มเท่ากันในช่วงเช้าและกลางคืน คือร้อยละ 91.0 แต่ช่วงเวลากลางวัน โรงเรือนบ่มมีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือร้อยละ 88.71 และ 75.71 ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องนี้ได้รับการสนับสนุนด้านวัสดุอุปกรณ์ในการทดลองจากสถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

1. สถานีเกษตรหลวงอินทนนท์. Location and population. [อินเตอร์เน็ท]. 2561. [เข้าถึงเมื่อ 7 ธันวาคม 2561]. เข้าถึงได้จาก http://www.inthanonroyalprojectthailand.com/About_us/Location_Map.
2. Merritt HR., Kohl CH. Morphology of bedding plants in response to low night temperature and energy use implications. Sci Hort 1991; 45: 295-302.
3. Hazar D., Baktir I. Identification and Evaluation of Propagation Techniques of Dianthus orientalis Adams. J. of AARI 2018; 28: 37-44.
4. Kolodziejek J., Patykowski J., Wala M. An experimental comparison of germination ecology and its implication for conservation of selected rare and endangered species of Dianthus (Caryophyllaceae). Botany 2018; 96: 319-328.
5. Tkalec M., Mirkovic T., Mitrovic M., Paradikovic N., Kraljicak J., Zeljkovic S., Vinkovic T. Seed germination of some flower species under influence of different light conditions. Agro-knowledge J. 2016; 17: 183-190.

[AS-P47] การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์สำหรับปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลของประเทศไทย

A Comparison of the Forecasting Method for the Monthly Consumption of Diesel in Thailand

สุนิทรา ตั้งซ้าย, ภูดิท คุ้มวงษ์ และ ณภัทณ์จันทร์ ด่านสวัสดิ์*
Sunitra Tangsai, Poodit Kumwong and Napattchan Dansawad*
สาขาวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: napattchan@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์สำหรับการพยากรณ์ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลของประเทศไทย (หน่วยเป็นล้านลิตร/วัน) จากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงานของกระทรวงพลังงาน ตั้งแต่เดือนมกราคม 2555 ถึงเดือนกันยายน 2560 จำนวนทั้งสิ้น 69 ค่า ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ชุด ประกอบด้วยข้อมูลชุดที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2555 ถึงเดือนธันวาคม 2559 จำนวน 60 ค่า ถูกนำมาใช้ในการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการพยากรณ์ทั้ง 5 วิธี ได้แก่ 1) วิธีแนวโน้มเชิงเส้น 2) วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 3) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลอย่างง่าย 4) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลแบบสองครั้ง และ 5) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลแบบสามครั้ง ซึ่งเกณฑ์ในการคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดคือต้องเลือกจากวิธีการพยากรณ์ที่มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Mean Absolute Percent Error; MAPE) และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Deviation; MAD) ที่ต่ำที่สุด จากนั้นจึงนำวิธีการพยากรณ์ที่คัดเลือกแล้วมาหาช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้าตั้งแต่ 3 เดือน 6 เดือน และ 9 เดือน โดยใช้ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลของประเทศไทยรายเดือนจำนวน 9 เดือนถัดไปที่เก็บรวบรวมตั้งแต่เดือนมกราคม 2560 ถึงเดือนกันยายน 2560 ผลการศึกษาพบว่า การพยากรณ์ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลของประเทศไทยด้วยวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลอย่างง่ายให้ผลพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด เนื่องจากมีค่า MAPE และ MAD ที่ต่ำที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ 3.4908% และ 2.0445 ล้านลิตร/วัน ตามลำดับ และผลการพยากรณ์ล่วงหน้าตั้งแต่ 3 เดือน 6 เดือน และ 9 เดือน พบว่าวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลอย่างง่าย เป็นวิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ล่วงหน้า 6 เดือน โดยมีค่า MAPE ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.3036% เมื่อเปรียบเทียบกับการพยากรณ์ล่วงหน้า 3 เดือน และ 9 เดือน ซึ่งมีค่า MAPE ที่สูงกว่าโดยมีค่าเท่ากับ 0.5216% และ 0.4361% ตามลำดับ

คำสำคัญ: *การพยากรณ์, วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลอย่างง่าย, ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์, ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย, ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล*

Abstract

The purpose of this research was to study and compare the appropriate forecasting methods to forecast the monthly consumption of diesel in Thailand. The data of diesel consumption (million liters per day) was gathered from Energy Policy and Planning Office, Ministry of Energy between January 2008 and September 2017 of 69 values. This data were used and separated into 2 groups. The first group was contained with 60 values between January 2008 and December 2016 for comparing and finding the most appropriate forecasting methods. There were 5 forecasting methods in the study; Trend Analysis Method, Moving Average Method, Single Exponential Smoothing Method, Double Exponential Smoothing Method, and Triple Exponential Smoothing Method. The appropriate forecasting method was chosen by considering the

smallest value of Mean Absolute Percent Error (MAPE) and Mean Absolute Deviation (MAD). The selected appropriate method was used to determine in 3 periods time in advance as 3, 6, and 9 months by the second group which was contained 9 values between January 2017 and September 2017. The result indicated that the best forecasting method for the data of monthly consumption of diesel in Thailand was Single Exponential Smoothing Method. It showed that the lowest MAPE and MAD value at 3.4908% and 2.0445 million liters per day, respectively. Moreover, the forecasting results in advance 3, 6 and 9 months indicated that this method was suitable in advance 6 months because it provided the lowest MAPE value of 0.3036% as comparing with forecasting in advance of 3 and 9 months that offered higher MAPE of 0.5216% and 0.4361%, respectively.

Keywords: *forecasting, Single Exponential Smoothing Method, Mean Absolute Percent Error, Mean Absolute Deviation, diesel consumption*

บทนำ

หลังจากสงครามโลกครั้งที่ 2 น้ำมันเชื้อเพลิงได้กลายเป็นพลังงานหลักของโลก เนื่องจากมีบทบาทสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงในด้านต่างๆ อาทิเช่น ด้านคมนาคม ด้านอุตสาหกรรม ด้านการเกษตร เป็นต้น ตลอดจนการเป็นตัวกำหนดสภาวะเศรษฐกิจของโลก และเป็นปัจจัยที่ทำให้โลกมีการพัฒนาขับเคลื่อนไปข้างหน้าได้[1] หลายๆ ประเทศจึงให้ความสำคัญกับปริมาณและราคาน้ำมันเชื้อเพลิง เพราะน้ำมันเชื้อเพลิงกลายเป็นสินค้าสากลที่สามารถนำมาซื้อขาย แลกเปลี่ยน และต่อรองระหว่างกันได้ หนึ่งในน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้รับควาวมนิยมในปัจจุบันนี้คือน้ำมันดีเซล เนื่องจากเป็นน้ำมันที่มีความต้องการในการใช้งานสูงที่สุดในประเทศไทย[2] เพราะเป็นเชื้อเพลิงหลักสำหรับพาหนะต่างๆ ตลอดจนเป็นพลังงานต้นน้ำในภาคอุตสาหกรรมหลักเกือบทุกชนิดภายในประเทศ

เมื่อพิจารณาปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ ของประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 ถึง พ.ศ 2560 โดยใช้ข้อมูลจาก สำนักงานสถิติแห่งชาติ ปี พ.ศ. 2560 (แสดงดังตารางที่ 1) พบว่าน้ำมันดีเซลเป็นน้ำมันที่มีปริมาณการใช้ภายในประเทศมากที่สุด โดยเฉลี่ยที่ 138,101,818 บาร์เรล/วัน รองลงมาคือน้ำมันเบนซินโดยมีปริมาณการใช้เฉลี่ย 60,081,276 บาร์เรล/วัน ในขณะที่ก๊าซปิโตรเลียมเหลว และน้ำมันเตา มีปริมาณการใช้ภายในประเทศโดยเฉลี่ยที่ 34,421,346 และ 13,372,859 บาร์เรล/วัน ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ ภายในประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2556 ถึง พ.ศ. 2560 (หน่วย : บาร์เรล/วัน)

ชนิดน้ำมันเชื้อเพลิง	ปี				
	2556	2557	2558	2559	2560
เบนซิน	51,780,138	53,881,692	58,211,186	67,165,397	69,367,969
ดีเซล	131,395,756	132,485,611	137,865,994	142,463,670	146,298,061
ก๊าซปิโตรเลียมเหลว	38,292,333	39,526,098	33,643,151	30,757,564	29,887,583
น้ำมันเตา	13,552,788	13,041,390	12,849,137	14,195,040	13,225,941

ที่มา : สำนักงานสถิติแห่งชาติ (2560)[3]

เพื่อเป็นประโยชน์ในการวางแผนการใช้น้ำมันดีเซลภายในประเทศไทย ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาแนวโน้มในอนาคตว่าปริมาณความต้องในการใช้น้ำมันดีเซลภายในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือลดลง มากน้อยเพียงใด โดยอาศัยความสัมพันธ์ของข้อมูลในอดีตมาหารูปแบบที่ใช้เป็นแนวทางสำหรับการพยากรณ์ในอนาคต ดังนั้นผู้วิจัยจึงจะใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงานของกระทรวงพลังงาน ตั้งแต่เดือนมกราคม 2555 ถึงเดือนธันวาคม 2559 จำนวนทั้งสิ้น 60 ค่า มาศึกษาและเปรียบเทียบด้วยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 5 วิธี ได้แก่ 1) วิธีแนวโน้มเชิงเส้น 2) วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 3) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลอย่างง่าย 4) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลแบบสองครั้ง และ 5) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลแบบสามครั้ง สำหรับการพยากรณ์ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลของประเทศไทย และจะเลือกวิธีการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดคือ วิธีการพยากรณ์ที่มีค่า MAPE และ MAD ที่ต่ำที่สุด มาหาช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้าที่เหมาะสมโดยแบ่งเป็น 3 เดือน 6 เดือน และ 9 เดือน โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2560 ถึงเดือนกันยายน 2560 จำนวนทั้งสิ้น 9 ค่า

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ ทั้ง 5 วิธี คือ วิธีแนวโน้มเชิงเส้น วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลอย่างง่าย วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลแบบสองครั้ง และวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลแบบสามครั้ง
2. เพื่อพยากรณ์ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลรายเดือนของประเทศไทย โดยศึกษาข้อมูลจากข้อมูลทุติยภูมิจากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงานของกระทรวงพลังงาน[(2)]

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นเพื่อศึกษาวิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลา กับข้อมูลปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลรายเดือนของประเทศไทย (หน่วยเป็นล้านลิตร/วัน) วิธีการพยากรณ์ที่ศึกษามี 5 วิธี ได้แก่ วิธีแนวโน้มเชิงเส้น วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลอย่างง่าย วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลแบบสองครั้ง และวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลแบบสามครั้ง ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลทุติยภูมิจากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงานของกระทรวงพลังงาน ตั้งแต่เดือนมกราคม 2555 ถึงเดือนกันยายน 2560 โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด สำหรับข้อมูลชุดที่ 1 คือข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2555 ถึงเดือนธันวาคม 2559 จำนวน 60 ค่า ถูกนำมาใช้ในการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการพยากรณ์ทั้ง 5 วิธี ซึ่งเกณฑ์ในการคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดคือต้องเลือกจากวิธีการพยากรณ์ที่มีค่า MAPE และค่า MAD ที่ต่ำที่สุด จากนั้นจึงนำวิธีการพยากรณ์ที่คัดเลือกแล้วมาหาช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้าตั้งแต่ 3 เดือน 6 เดือน และ 9 เดือน โดยใช้ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลของประเทศไทยรายเดือนจำนวน 9 เดือนถัดไปที่เก็บรวบรวมตั้งแต่เดือนมกราคม 2560 ถึงเดือนกันยายน 2560 ดังรายละเอียดขั้นตอนต่อไปนี้:

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

นำข้อมูลปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลรายเดือนของประเทศไทย จำนวน 69 ค่า ตั้งแต่เดือนมกราคม 2555 ถึงเดือนกันยายน 2560 จากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงานของกระทรวงพลังงาน มาทำการตรวจสอบว่าข้อมูลทั้ง 69 ค่า มีค่าผิดปกติหรือไม่ โดยใช้วิธีบ็อกพล็อต (Box Plot) และถ้าหากพบว่ามีข้อมูลที่มีค่าผิดปกติ จะต้องทำการปรับค่าผิดปกตินั้นก่อนที่จะใช้เป็นข้อมูลเริ่มต้นสำหรับการพยากรณ์ในขั้นตอนต่อไป

2. วิธีการพยากรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

หลังจากทำการตรวจสอบว่าข้อมูลทั้ง 69 ค่า ว่ามีค่าผิดปกติหรือไม่ โดยใช้วิธีบ็อกพล็อต ในขั้นตอนที่ 1 แล้ว จึงจะนำข้อมูลชุดดังกล่าวมาแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ประกอบด้วยข้อมูลชุดที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2555 ถึงเดือนธันวาคม 2559 จำนวน 60 ค่า และข้อมูลชุดที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2560 ถึงเดือนกันยายน 2560 จำนวน 9 ค่า จากนั้นจะนำข้อมูลชุดที่ 1 มาทำการศึกษาด้วยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 5 วิธี ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 วิธีแนวโน้มเชิงเส้น (Trend Analysis) [4, 5]

เป็นวิธีที่ใช้หลักการทางคณิตศาสตร์มาพิจารณาปัจจัยต่างๆ ที่ต้องการศึกษา หากปัจจัยดังกล่าวนั้นมีความสัมพันธ์กันในรูปแบบเชิงเส้น ก็สามารถใช้วิธีนี้ในการสร้างสมการเส้นตรง เพื่อใช้ในการพยากรณ์ค่าในอนาคตโดยมีรูปแบบสมการคือ

$$\hat{y} = a + bx \quad (1)$$

เมื่อ $\hat{y}$ แทน ค่าพยากรณ์สำหรับช่วงเวลา t
a แทน ค่าตัดแกนที่ช่วงเวลา 0
x แทน ตัวแปรที่ต้องการศึกษา
b แทน ค่าความชัน

2.2 วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average Method) [4, 6]

เป็นวิธีการสร้างสมการพยากรณ์จากการเฉลี่ยค่าสังเกตล่าสุดจำนวน n ค่า โดยให้น้ำหนักของข้อมูลเท่ากัน และไม่กำหนดจำนวนค่าสังเกต n ที่นำมาเฉลี่ยไว้แน่นอน แต่จะเลือก n ที่ทำให้ค่าพยากรณ์ใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุด โดยพิจารณาจากค่า n ที่ทำให้ค่าคลาดเคลื่อนโดยรวมต่ำที่สุด วิธีนี้เหมาะกับข้อมูลที่ไม่มีแนวโน้มและฤดูกาล มีสมการการพยากรณ์หนึ่งช่วงเวลาล่วงหน้าที่เวลา t ดังนี้

$$F_t = (A_{t-1} + A_{t-2} + \ldots + A_{t-n}) / n \quad (2)$$

เมื่อ F_t แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา t
A_{t-n} แทน ข้อมูลจริง ณ เวลา t-n
n แทน จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการหาค่าเฉลี่ย

2.3 วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลอย่างง่าย (Single Exponential Smoothing Method) [6]

เป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะกับข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลง หรือเป็นข้อมูลที่ไม่มีแนวโน้มและไม่มีความผันแปรตามฤดูกาล มีเฉพาะความผันแปรเนื่องจากเหตุการณ์ที่ผิดปกติเพียงอย่างเดียว ค่าพยากรณ์จะคำนวณได้จากข้อมูลที่ผ่านมาทั้งหมด โดยมีการให้น้ำหนักหรือความสำคัญของข้อมูลแต่ละค่าไม่เท่ากัน การให้น้ำหนักจะให้ความสำคัญกับข้อมูลที่เกิดขึ้นล่าสุดและจะลดหลั่นกันไปแบบเอ็กซ์โพเนนชียลสำหรับค่าของข้อมูลที่ห่างไกลออกไป โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ปรับให้เรียบ α มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 มีสมการพยากรณ์หนึ่งช่วงเวลาล่วงหน้าที่เวลา t ดังนี้

$$F_{t+1} = \alpha Y_t + (1-\alpha) F_t \quad (3)$$

เมื่อ F_{t+1} แทน ค่าพยากรณ์ในช่วงเวลาต่อไป
α แทน ค่าถ่วงน้ำหนักปรับเรียบ
Y_t แทน ค่าจริงในช่วงเวลาปัจจุบัน
F_t แทน ค่าพยากรณ์ในช่วงเวลาปัจจุบัน

2.4 วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลแบบสองครั้ง (Double Exponential Smoothing Method) [6]

เป็นวิธีที่ใช้หลักการของเอ็กซ์โพเนนเชียลมาใช้ซึ่งคล้ายกับวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลอย่างง่าย แต่จะแตกต่างกันตรงที่วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลอย่างง่าย เหมาะกับข้อมูลที่มีความไม่แน่นอนเพียงอย่างเดียว (ไม่มีแนวโน้มและ

ฤดูกาล) จึงมีค่าคงที่สำหรับปรับเรียบเพียง 1 ค่า คือ α แต่วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลแบบสองครั้ง จะมีค่าคงที่สำหรับปรับระดับ 2 ค่า คือ α และ γ มีสมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ

$$\hat{Y}_{t+n} = L_t + b_t n \quad (4)$$

เมื่อ $\hat{Y}_{t+n}$ แทน ค่าพยากรณ์ในช่วงเวลาที่ t+n

L_t แทน ค่าคงที่ จะหาได้จาก $L_t = \alpha Y_t + (1-\alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$

b_t แทน ค่าประมาณแนวโน้มของข้อมูล จะหาได้จาก $b_t = \gamma(L_t - L_{t-1}) + (1-\gamma)b_{t-1}$

n แทน ช่วงเวลาของการพยากรณ์

α, γ แทน พารามิเตอร์ของการพยากรณ์ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

2.5 วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลแบบสามครั้ง (Triple Exponential Smoothing Method) [6]

วิธีนี้เหมาะสำหรับข้อมูลที่มีแนวโน้ม อิทธิพลของฤดูกาล ใช้พยากรณ์ระยะสั้นถึงปานกลาง ไม่นิยมใช้กับข้อมูลที่เป็นรายปี เพราะจะทำให้ไม่สามารถแยกอิทธิพลของฤดูกาลได้ แต่นิยมใช้กับข้อมูลควรอยู่ในรูปรายเดือน รายสัปดาห์ หรือรายวัน ถ้าเป็นข้อมูลรายเดือนต้องมีข้อมูลอย่างน้อย 36 ค่าขึ้นไป วิธีการนี้จะยังคงใช้หลักการของเอ็กซ์โพเนนเชียล คือให้ความสำคัญกับข้อมูลไม่เท่ากัน และมีค่าให้ปรับเรียบ 3 ค่าคือ α γ และ δ วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลแบบสามครั้ง มี 2 รูปแบบ คือ รูปแบบการคูณ และรูปแบบการบวก ในที่นี้จะเลือกศึกษาเฉพาะวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลแบบสามครั้งในรูปแบบการคูณ โดยมีรูปแบบสมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ

$$\hat{Y}_{t+n} = (L_t + nb_t)S_{t-s+n} \quad (5)$$

เมื่อ $\hat{Y}_{t+n}$ แทน ค่าพยากรณ์ในช่วงเวลาที่ t+n

n แทน ช่วงเวลาของการพยากรณ์

L_t แทน ค่าประมาณแนวระดับของข้อมูล คำนวณได้จาก $L_t = \alpha(Y_t / S_{t-s}) + (1-\alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$

b_t แทน ค่าประมาณแนวโน้ม จะหาได้จาก $b_t = \gamma(L_t - L_{t-1}) + (1-\gamma)b_{t-1}$

S_t แทน ค่าประมาณฤดูกาล คำนวณได้จาก $S_t = \gamma(Y_t / L_t) + (1-\delta)S_{t-1}$

α แทน ค่าคงที่ที่ทำให้เรียบระหว่างข้อมูลกับค่าพยากรณ์ มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1

γ แทน ค่าคงที่ที่ทำให้เรียบระหว่างแนวโน้มจริงกับค่าประมาณแนวโน้ม มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1

δ แทน ค่าคงที่ที่ทำให้เรียบระหว่างค่าฤดูกาลจริงกับค่าประมาณฤดูกาล มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1

s แทน จำนวนฤดูกาลใน 1 ปี เช่น ถ้าเป็นข้อมูลรายเดือน s=12

3. เกณฑ์การเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการพยากรณ์

เมื่อนำข้อมูลชุดที่ 1 จำนวนทั้งสิ้น 60 ค่า มาทำการศึกษาด้วยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 5 วิธีในขั้นตอนที่ 2 แล้ว จึงจะทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างวิธีการพยากรณ์ทั้ง 5 วิธีที่ศึกษา โดยพิจารณาจาก MAPE ซึ่งเป็นการวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ โดยวัดจากขนาดของความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์เทียบกับค่าจริง ค่าวัดความถูกต้องนี้เป็นค่าที่มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์[7] โดยคำนวณจาก

$$MAPE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|e_i / Y_i\right| \times 100\% \quad (6)$$

เมื่อ e_i แทน ผลต่างของค่าจริงกับค่าพยากรณ์ ณ เวลา t

Y_i แทน ค่าจริง ณ เวลา t

นอกจากค่า MAPE แล้ว ผู้วิจัยจะใช้ค่า MAD พิจารณาประสิทธิภาพของวิธีการพยากรณ์ทั้ง 5 วิธี ควบคู่ไปด้วยกัน โดยค่า MAD นี้ เป็นค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ โดยจะวัดจากขนาดของค่าความคลาดเคลื่อนของการพยา กรณ์ โดยไม่คำนึงถึงทิศทางของความคลาดเคลื่อนที่แทนด้วยค่าสัมบูรณ์ของค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์[7] มีหน่วยเป็นหน่วยเดียวกันกับสิ่งที่ต้องการวัด โดยคำนวณจาก

$$MAD = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|e_i\right| \qquad (7)$$

เมื่อ e_i แทน ผลต่างของค่าจริงกับค่าพยากรณ์ ณ เวลา t

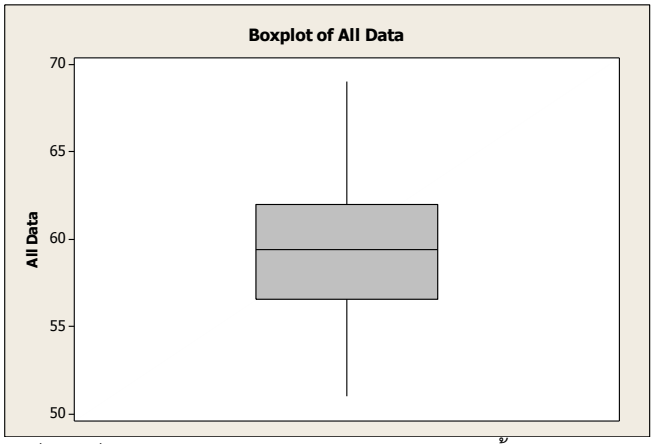
4. การหาช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้าที่เหมาะสม

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการพยากรณ์ทั้ง 5 วิธีดังที่กล่าวในขั้นตอนที่ 3 เมื่อทราบว่าวิธีการพยากรณ์ใดที่มีค่า MAPE และ MAD ที่ต่ำที่สุด จะถือว่าเป็นวิธีการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพและมีความแม่นยำที่สุด จากนั้นจะนำวิธีการพยากรณ์นั้นมาพยากรณ์ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลของประเทศไทย แล้วเปรียบเทียบกับข้อมูลชุดที่ 2 คือตั้งแต่เดือนมกราคม 2560 ถึงเดือนกันยายน 2560 จำนวน 9 ค่า โดยกำหนดช่วงเวลาการพยากรณ์ออกเป็น 3 ช่วงคือ ช่วงเวลาการพยากรณ์ล่วงหน้า 3 เดือน 6 เดือน และ 9 เดือน เพื่อหาว่าวิธีการพยากรณ์นี้เหมาะสมกับช่วงเวลาการพยากรณ์ล่วงหน้าช่วงไหนมากที่สุด โดยพิจารณาจากค่า MAPE ที่ต่ำที่สุด

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

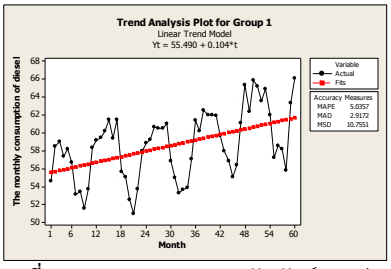
จากข้อมูลปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลของประเทศไทย เมื่อตรวจสอบว่าข้อมูลทั้ง 69 ค่า มีค่าผิดปกติหรือไม่ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติด้วยวิธีบ็อกพล็อต (Box Plot) แสดงดังรูปที่ 1 พบว่าไม่มีค่าผิดปกติแต่อย่างใด ดังนั้นจึงสามารถใช้ข้อมูลชุดนี้เป็นค่าเริ่มต้นสำหรับการพยากรณ์ต่อไปได้



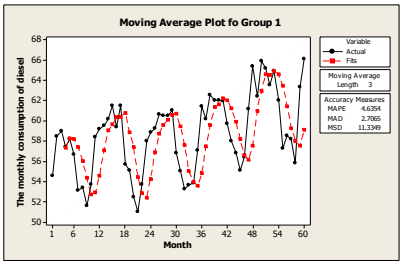
รูปที่ 1 กราฟบ็อกพล็อต (Box Plot) ของข้อมูลปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลของประเทศไทย

2. ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างวิธีการพยากรณ์ทั้ง 5 วิธีที่ศึกษา

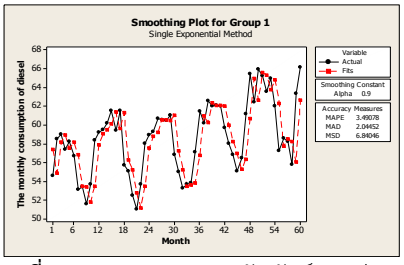
จากนั้นจะแบ่งข้อมูลจำนวน 69 ค่าออกเป็น 2 ชุด โดยจะนำข้อมูลชุดที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2555 ถึงเดือนธันวาคม 2559 จำนวน 60 ค่า มาทำการศึกษาด้วยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 5 วิธี ได้ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลของประเทศไทย กับค่าพยากรณ์โดยวิธีการพยากรณ์ต่างๆ แสดงดังรูปที่ 2 ถึงรูปที่ 6 ดังนี้



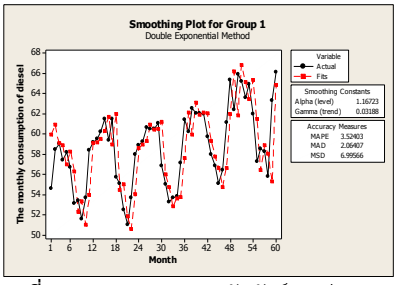
รูปที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลของประเทศไทยกับค่าพยากรณ์โดยวิธีแนวโน้มเชิงเส้น



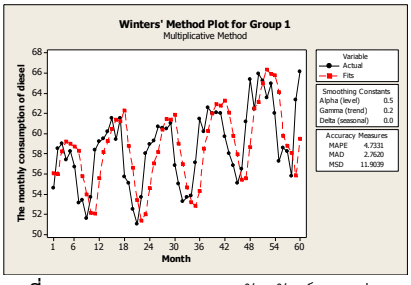
รูปที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลของประเทศไทยกับค่าพยากรณ์โดยวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่



รูปที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลของประเทศไทยกับค่าพยากรณ์โดย วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลอย่างง่าย



รูปที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลของประเทศไทย กับวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลแบบสองครั้ง



รูปที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลของประเทศไทย กับวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลแบบสามครั้ง

3. ผลการการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการพยากรณ์

เมื่อได้ผลการพยากรณ์ทั้ง 5 วิธีแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการพยากรณ์ทั้ง 5 วิธี ซึ่งเกณฑ์ในการคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดคือต้องเลือกจากวิธีการพยากรณ์ที่มี MAPE และ MAD ที่ต่ำที่สุด ทั้งนี้จะพิจารณาที่ค่า MAPE ก่อน ถ้าหากมีค่าเท่ากัน จึงจะพิจารณาที่ค่า MAD เป็นลำดับถัดไป ผลการเปรียบเทียบ MAPE และ MAD แสดงดังตารางที่ 2 ซึ่งวิธีที่ให้ค่า MAPE และ MAD ต่ำที่สุด คือวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลอย่างง่าย เนื่องจากมีค่า MAPE และ MAD ที่ต่ำที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ 3.4908% และ 2.0445 ล้านลิตร/วัน ตามลำดับ รองลงมาคือ วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลแบบสองครั้ง วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลแบบสามครั้ง ตามลำดับ ในขณะที่วิธีแนวโน้มเชิงเส้นเป็นวิธีการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพต่ำที่สุดเนื่องจากมีค่า MAPE และ MAD ที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีการพยากรณ์อื่นๆ ที่ได้ศึกษาในงานวิจัยนี้ ดังนั้นวิธีการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดและเหมาะสมสำหรับใช้พยากรณ์ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลของประเทศไทยที่สุด คือวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลอย่างง่าย

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ทั้ง 5 วิธี

วิธีการพยากรณ์	ค่า MAPE (%)	ค่า MAD (ล้านลิตร/วัน)
1. วิธีแนวโน้มเชิงเส้น	5.0357	2.9172
2. วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่	4.6354	2.7065
3. วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลอย่างง่าย	3.4908	2.0445
4. วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลแบบสองครั้ง	3.5240	2.0641
5. วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลแบบสามครั้ง	4.7331	2.7620

4. ผลการหาช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้าที่เหมาะสม

จากผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการพยากรณ์ทั้ง 5 วิธีที่ศึกษาข้างต้น พบว่า วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลอย่างง่ายมีประสิทธิภาพดีที่สุด เนื่องจากให้ค่า MAPE และ MAD ที่ต่ำที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.4908% และ 2.0445 ล้านลิตร/วัน ตามลำดับ จึงนำวิธีการนี้มาพยากรณ์ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลของประเทศไทย โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลชุดที่ 2 คือข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2560 ถึงเดือนกันยายน 2560 โดยกำหนดช่วงเวลาการพยากรณ์ออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงเวลาล่วงหน้า 3 เดือน 6 เดือน และ 9 เดือน ทั้งนี้จะเลือกช่วงเวลาพยากรณ์ล่วงหน้าที่เหมาะสมจากการพิจารณาค่า MAPE ที่ต่ำที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่า วิธีการพยากรณ์โดยวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลอย่างง่ายเหมาะสมกับการพยากรณ์ล่วงหน้า 6 เดือน เนื่องจากให้ค่า MAPE ต่ำที่สุดเพียง 0.3036% เมื่อเทียบกับช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้า 3 เดือน และ 9 เดือน ที่มีค่า MAPE เท่ากับ 0.5216% และ 0.4361% ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้าที่เหมาะสม โดยวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลอย่างง่าย

ล่วงหน้า 3 เดือน		ล่วงหน้า 6 เดือน		ล่วงหน้า 9 เดือน	
ค่าจริง	ค่าพยากรณ์	ค่าจริง	ค่าพยากรณ์	ค่าจริง	ค่าพยากรณ์
61.89	62.1768	61.89	62.1768	61.89	62.1768
68.07	67.7388	68.07	67.7388	68.07	67.7388
69.00	68.5758	69.00	68.5758	69.00	68.5758
		64.07	64.1388	64.07	64.1388
		65.35	65.2908	65.35	65.2908
		65.14	65.1018	65.14	65.1018
				59.58	60.0978
				60.80	61.1958
				61.19	61.5468
MAPE =	**0.5216%**	**MAPE =**	**0.3036%**	**MAPE =**	**0.4361%**

สรุป

การวิจัยครั้งนี้ได้นำเสนอการเปรียบเทียบและคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมกับข้อมูลปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงานของกระทรวงพลังงาน ตั้งแต่เดือนมกราคม 2555 ถึงเดือนกันยายน 2560 จำนวนทั้งสิ้น 69 ค่า และจะแบ่งข้อมูลชุดดังกล่าวออกเป็น 2 ชุด ประกอบด้วยข้อมูลชุดที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2555 ถึงเดือนธันวาคม 2559 จำนวน 60 ค่า สำหรับการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการพยากรณ์ทั้ง 5 วิธี คือ 1) วิธีแนวโน้มเชิงเส้น 2) วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 3) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลอย่างง่าย 4) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียล

แบบสองครั้ง และ 5) วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลแบบสามครั้ง ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ซึ่งเกณฑ์ในการคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด จะพิจารณาจากค่า MAPE และ MAD ที่ต่ำที่สุด สำหรับข้อมูลชุดที่ 2 คือข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2560 ถึงเดือนกันยายน 2560 จำนวน 9 ค่า จะใช้สำหรับการพยากรณ์เปรียบเทียบกับข้อมูลจริงเพื่อหาช่วงเวลาการพยากรณ์ล่วงหน้าที่เหมาะสมที่สุด โดยแบ่งช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้าเป็น 3 ช่วงคือ ช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้า 3 เดือน 6 เดือน และ 9 เดือน และจะพิจารณาเลือกช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้าที่เหมาะสมกับวิธีการพยากรณ์ที่ได้เลือกมาแล้วจากข้อมูลชุดที่ 1 โดยจะพิจารณาจากช่วงพยากรณ์ล่วงหน้าที่มีค่า MAPE ต่ำที่สุด

ผลการศึกษาข้อมูลชุดที่ 1 เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการพยากรณ์ทั้ง 5 วิธี ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น พบว่าการพยากรณ์โดยวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลอย่างง่ายมีประสิทธิภาพดีที่สุดและเหมาะสมสำหรับใช้พยากรณ์ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลของประเทศไทยมากที่สุด โดยพิจารณาภายใต้เกณฑ์ค่า MAPE และ MAD ที่ต่ำที่สุด และมีค่า MAPE และ MAD ที่ต่ำที่สุดเท่ากับ 3.4908% และ 2.0445 ล้านลิตร/วัน ตามลำดับ รองลงมาคือ วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลแบบสองครั้ง ที่มีค่า MAPE และ MAD เท่ากับ 3.5240% และ 2.0641 ล้านลิตร/วัน ในขณะที่วิธีแนวโน้มเชิงเส้นเป็นวิธีการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพต่ำที่สุดเนื่องจากมีค่า MAPE และ MAD ที่สูงที่สุด เมื่อเทียบกับวิธีการพยากรณ์อื่นๆ ที่ได้ศึกษา และเมื่อนำวิธีการพยากรณ์โดยวิธีปรับเรียบเอ็กซ์โพแนนเชียลอย่างง่าย มาหาช่วงเวลาการพยากรณ์ล่วงหน้าที่เหมาะสมกับข้อมูลชุดที่ 2 พบว่า มีความเหมาะสมกับการพยากรณ์ล่วงหน้า 6 เดือน เพราะมีค่า MAPE ที่ต่ำที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 0.3036% เมื่อเทียบกับช่วงการพยากรณ์ล่วงหน้า 3 เดือน และ 9 เดือน ที่มีค่า MAPE เท่ากับ 0.5216% และ 0.4361% ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

1. มารุต จำลอง และ ศักดิ์ชาย นาคนก. การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อราคาน้ำมันสำเร็จรูปดีเซลและการพยากรณ์ราคาน้ำมันดีเซลในประเทศไทย. ใน: ดวงสมร รุ่งสวรรค์โพธิ์, บรรณาธิการ. การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 2; 30 พฤศจิกายน 2561; มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย; 2561. หน้า 818-828.
2. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงานของกระทรวงพลังงาน. สถานการณ์การใช้น้ำมันและไฟฟ้าของไทย ปี 2560. [อินเตอร์เน็ท]. 2560. [เข้าถึงเมื่อ 21 มีนาคม 2562] เข้าถึงได้จาก http://www.eppo.go.th/index.php/th/energy-information/situation-oil-electric?issearch=1&isc=1&ordering=order&category_id=568&xf_19=2.
3. สำนักงานสถิติแห่งชาติ. ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ผู้ค้าน้ำมันจำหน่ายให้ลูกค้า จำแนกตามชนิดน้ำมันเชื้อเพลิง ภาค และจังหวัด พ.ศ. 2551 - 2560 [อินเตอร์เน็ท]. 2560. [เข้าถึงเมื่อ 21 มีนาคม 2562] เข้าถึงได้จาก http://statbbi.nso.go.th/staticreport/Page/sector/TH/report/sector_13_11_TH_.xls.
4. เฉลิมชาติ ธีระวิริยะ. การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์สาหรับความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในจังหวัดนครพนม. วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, (25) 4, 128-129, 2560.
5. ทรงศิริ แต้สมบัติ. การพยากรณ์เชิงปริมาณ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ; มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2549.
6. ลักขณา ฤกษ์เกษม. การพยากรณ์ความต้องการสินค้าสำหรับการวางแผนการผลิตกรณีศึกษาการผลิตชุดสะอาด. วารสารปาริชาต มหาวิทยาลัยทักษิณ, (28) 3, 291-304. 2558.
7. กัลยา วานิชย์บัญชา. การวิเคราะห์สถิติ. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ; สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2546.

[AS-P48] การพัฒนาชุดทดลองต้นแบบเรื่อง ทอร์กและโมเมนต์ความเฉื่อย

Development of the Prototype of Torque and Moment of Inertia Experimental Set

กาญจนา จันทร์ประเสริฐ[*1] และ ศุภชัย เข็มทอง[2]
Kanchana Chanprasert[*1] and Supachai Thongkem[2]
[1] *ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต*
[2] *โรงเรียนเลิงนกทา ต.เลิงนกทา จ.ยโสธร*
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: kanchana.ch@rsu.ac.th,kanchanprasert@gmail.com*

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาชุดทดลองต้นแบบเรื่อง ทอร์กและโมเมนต์ความเฉื่อยโดยใช้เซนเซอร์ จากผลการศึกษาพบว่า ชุดทดลองต้นแบบเรื่อง ทอร์กและโมเมนต์ความ ที่พัฒนามีส่วนประกอบหลักคือ วงล้อหมุน เซ็นเซอร์วัดรอบการหมุนของวงล้อ และจอแสดงผลรอบการหมุนของวงล้อ หาประสิทธิภาพของชุดทดลองต้นแบบเรื่อง ทอร์กและโมเมนต์ความเฉื่อยโดยคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของผลการทดลองจากชุดทดลองและค่าที่ได้จากทฤษฎีไม่เกิน ±5 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นสามารถนำไปใช้เป็นชุดปฏิบัติการในวิชาฟิสิกส์เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเชื่อมโยงระหว่างภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ

คำสำคัญ: *ทอร์ก, โมเมนต์ความเฉื่อย, เซนเซอร์*

Abstract

The purposes of this research were to design and develop the prototype of torque and moment of inertia experimental set by using sensors. The results of this study found that the prototype of torque and moment of inertia experimental set consisted of spinning wheel, wheel rotation sensors and display. Finding the efficiency of the prototype by calculation the percentage error between the results from the prototype of torque and moment of inertia experimental set and theory weren't more than ±5%. So these the prototype of torque and moment of inertia experimental set could be laboratory set in physics subject for enhance the student to connect between lecture and laboratory.

Keywords: *torque, moment of inertia, sensors*

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยกำลังก้าวเข้าสู่ยุค Thailand 4.0 ซึ่งเป็นขับเคลื่อนประเทศด้วยเทคโนโลยี ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรมไปสู่ความ “มั่งคั่ง มั่นคง และยั่งยืน” เน้นภาคการผลิตไปสู่ภาคบริการมากขึ้นและประชากรมีรายได้สูง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ประเทศไทยจะต้องมีการสร้างนวัตกรรมเป็นของตนเอง[(1)] ต้องมีการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีคุณภาพสูง โดยการเป็นผู้ที่นำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาประเทศ ซึ่งการที่จะพัฒนาบุคคลให้มีคุณภาพ มีความรู้ความสามารถสอดคล้องกับนโยบายดังกล่าวได้นั้น ระบบการศึกษาของประเทศจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนและก้าวสู่ “การศึกษา 4.0” ด้วยเช่นเดียวกัน เพราะการศึกษาเป็นเครื่องมือสำคัญในการพัฒนาและยกระดับคุณภาพของบุคคล[(2-4)] ดังนั้นการจัดการศึกษาในยุคใหม่นี้ต้องการให้ผู้เรียนสามารถสร้างผลผลิตอย่างสร้างสรรค์ เน้นการคิด การประดิษฐ์การสร้างสิ่งใหม่ๆ ให้ได้องค์ความรู้ใหม่และสามารถนำความรู้มาทั้งมีอยู่เดิมและเกิดใหม่มาบูรณาการให้ผู้เรียนมีความสามารถในการคิดสิ่งใหม่ๆ ผลิตผลงานใหม่ๆ ขึ้น โดยไม่ต้องคอยใช้หรือบริโภคสิ่งที่ผู้อื่นประเทศอื่นคิดมาจำหน่ายให้[(5)] การทำให้ผู้เรียนมีแนวคิดสร้างสรรค์ย่อมต้องมีตัวอย่างที่ชัดเจน ดังนั้นผู้วิจัยจึง

ทำการศึกษาวิจัยการสร้างสรรค์ชุดทดลองเพื่อในการในการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์อย่างสม่ำเสมอเพื่อให้ผู้เรียนได้มีแนวทางในการปฏิบัติตาม ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยสนใจที่จะพัฒนาพัฒนาชุดทดลองต้นแบบเรื่อง ทอร์กและโมเมนต์ความเฉื่อยใช้เป็นอุปกรณ์การสอนวิชาฟิสิกส์เรื่องทอร์กและโมเมนความเฉื่อยที่ใช้งบประมาณในการผลิตน้อย แต่ใช้งานง่าย แข็งแรงทนทาน สามารถนำไปใช้เป็นชุดปฏิบัติการในวิชาฟิสิกส์เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเชื่อมโยงระหว่างภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติได้ โดยออกแบบและพัฒนาร่วมกับนักศึกษารุ่นที่ 1 ในโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) ศูนย์มหาวิทยาลัยรังสิต

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับการสร้างชุดทดลองสำหรับปฏิบัติการฟิสิกส์ และขอบเขตของสาระการเรียนรู้เรื่อง ทอร์กและโมเมนต์ความเฉื่อย จากการศึกษาสาระการเรียนรู้เรื่องทอร์กมีดังนี้ ทอร์ก(torque) หมายถึง ผลคูณแบบเวกเตอร์ของแรงกับการกระจัดเป็นปริมาณเวกเตอร์มีหน่วยเป็น นิวตันเมตร ซึ่งมีความสัมพันธ์กับโมเมนต์ความเฉื่อย(moment of inertia) ที่หมายถึง สมบัติของวัตถุในด้านการเปลี่ยนสภาพของวัตถุในการเคลื่อนที่แบบหมุนเป็นปริมาณสเกลาร์ ทอร์กและโมเมนต์ความเฉื่อยมีความสัมพันธ์กันตามสมการดังนี้

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$$

เมื่อ $\vec{r}$ คือ เวกเตอร์บอกตำแหน่งของจุดที่แรงกระทำกับมวล m และขนาดของทอร์กมีค่าเท่ากับ

$$\tau = rF\sin\theta$$

เมื่อ θ คือ มุมระหว่างเวกเตอร์บอกตำแหน่ง $\vec{r}$ กับแรง $\vec{F}$ กรณีที่ $\theta = 90°$ จะได้

$$\tau = rF \qquad (1)$$

ในขณะที่ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของการเคลื่อนที่เชิงเส้นและเชิงมุมคือ

$$v = \omega r$$

เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งเชิงมุมกับ

ความเร่งเชิงเส้นจะได้

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = \left(\frac{\Delta \omega}{\Delta t}\right) r = \frac{2\pi \Delta f r}{\Delta t} = \alpha r$$

จะได้ว่า

$$a_t = \alpha r$$

จากสมการ $\tau = rF$ จะได้ว่า

$$\tau = rma = rm\alpha r$$

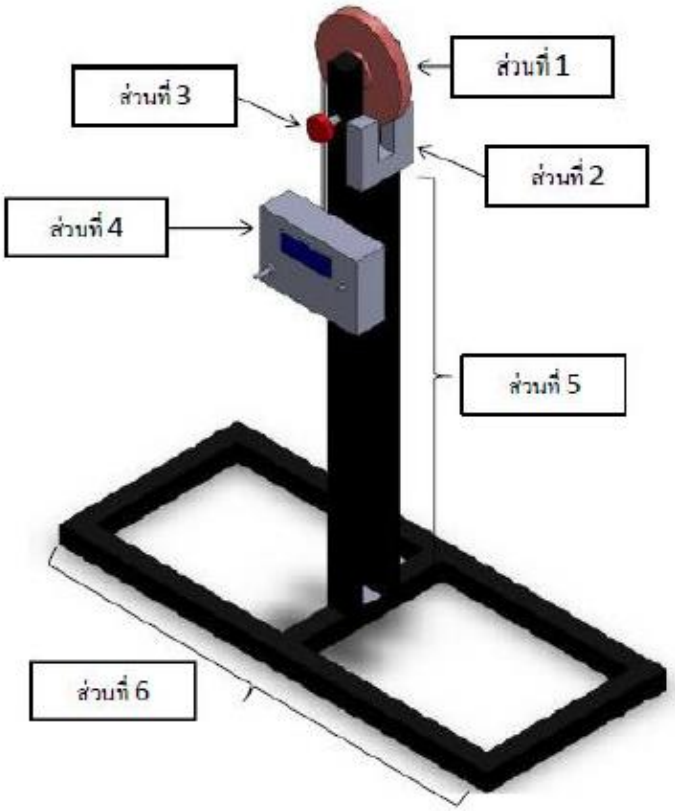
$$\tau = (mr^2)\alpha$$

$$\tau = I\left(\frac{2\pi f}{t}\right)$$

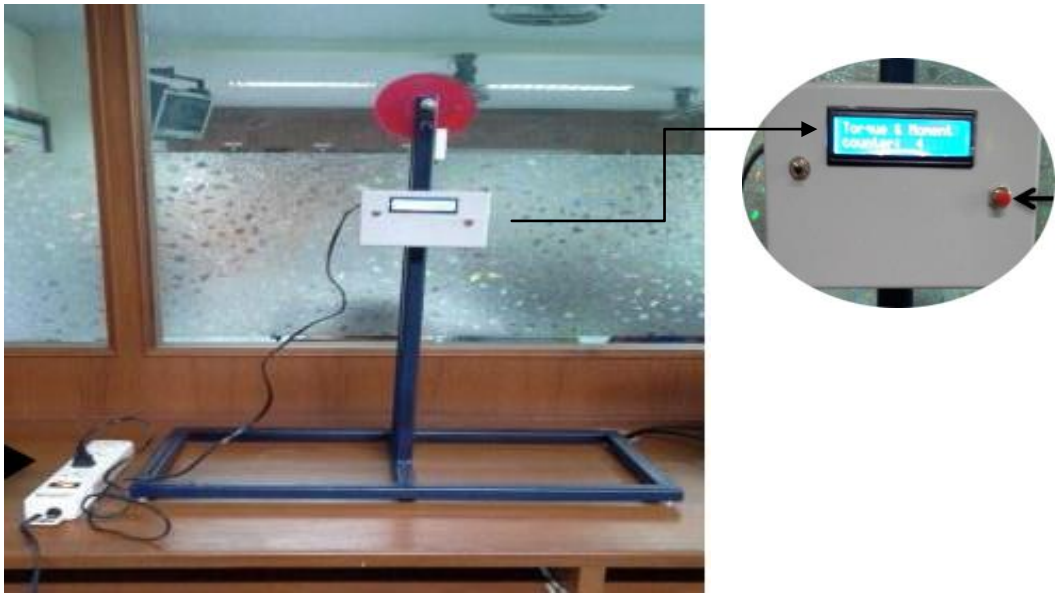
$$\tau = I(2\pi f^2) \qquad (2)$$

2. ออกแบบส่วนต่างๆ ของชุดทดลอง การออกแบบชุดทดลองต้นแบบเรื่อง ทอร์กและโมเมนต์ความ โดยมีส่วนประกอบมีส่วนประกอบหลักคือ วงล้อหมุน เซ็นเซอร์วัดรอบการหมุนของวงล้อ และจอแสดงผลรอบการหมุนของวงล้อ โดยมีหลักการให้แรงที่สร้างทอร์กมาจากน้ำหนักของวัตถุที่ตกด้วยความเร่งคงที่ (g) จากแรงโน้มถ่วง
3. สร้างชุดทดลองเรื่อง ทอร์กและโมเมนต์ความเฉื่อย ซึ่งมีส่วนประกอบ ดังแสดงในรูปที่ 1: จากรูปที่ 1 ส่วนที่ 1 วงล้อหมุนรัศมี 5.5 เซนติเมตร ส่วนที่ 2 เซ็นเซอร์วัดรอบในการหมุนของวงล้อ ส่วนที่ 3 สลักที่ใช้ดึงเพื่อให้วงล้อหมุนในกรณีที่แขวนมวลไว้ ส่วนที่ 4 จอแสดงผลการนับรอบการหมุนของวงล้อ ส่วนที่ 5 ขาตั้งของชุดทดลองสูงความสูง 65 เซนติเมตร ส่วนที่ 6 ฐานมีความกว้าง 25 เซนติเมตร ยาว 60เซนติเมตร

4. หาประสิทธิภาพของชุดทดลองต้นแบบเรื่อง ทอร์กและโมเมนต์ความเฉื่อย โดยคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของผลการทดลองจากชุดทดลองและค่าที่ได้จากทฤษฎีดังรูปที่ 2
5. คำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของผลการทดลองจากชุดทดลองโดยใช้สมการ $\tau = rF$ และค่าที่ได้จากทฤษฎีโดยใช้สมการ $\tau = I(2\pi f^2)$



รูปที่ 1 แบบวาดชุดทดลองต้นแบบเรื่อง ทอร์กและโมเมนต์ความเฉื่อย



รูปที่ 2 การหาประสิทธิภาพชุดทดลองต้นแบบเรื่อง ทอร์กและโมเมนต์ความเฉื่อย

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ชุดทดลองต้นแบบเรื่อง ทอร์กและโมเมนต์ความเฉื่อย ที่พัฒนามีส่วนประกอบหลักคือ วงล้อหมุน เซ็นเซอร์วัดรอบการหมุนของวงล้อ และจอแสดงผลรอบการหมุนของวงล้อ



รูปที่ 3 ชุดทดลองต้นแบบเรื่อง ทอร์กและโมเมนต์ความเฉื่อย

จากรูปจะเห็นได้ว่าชุดทดลองต้นแบบเรื่อง ทอร์กและโมเมนต์ความเฉื่อย มีการออกแบบที่ใช้งานได้ง่าย และแสดงผลให้เห็นชัดเจน มีความแข็งแรงจากส่วนที่เป็นฐานช่วยให้ชุดทดลองต้นแบบนี้สามารถตั้งวางเพื่อทำการทดลองได้สะดวก

2. ประสิทธิภาพของชุดทดลองต้นแบบเรื่อง ทอร์กและโมเมนต์ความเฉื่อยจากการคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของผลการทดลองจากชุดทดลองและค่าที่ได้จากทฤษฎีไม่เกิน ± 5 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 1 ผลการทดลองจากชุดทดลองโดยใช้สมการ $\tau = rF$ และค่าที่ได้จากทฤษฎี โดยใช้สมการ $\tau = I(2\pi f^2)$

มวล	ทอร์กจากชุดทดลอง	ทอร์กจากทฤษฎี	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
50 g	$2.82\times10^{-2}\ N.m$	$2.70\times10^{-2}\ N.m$	4.44 %
100g	$5.54\times10^{-2}\ N.m$	$5.39\times10^{-2}\ N.m$	2.78 %
150g	$8.22\times10^{-2}\ N.m$	$8.08\times10^{-2}\ N.m$	1.73 %

ความคลาดเลื่อนที่เกิดขึ้นจากการทดลองนี้อาจมีสาเหตุมาจากค่าความเสียดทานของอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบเป็นชุดต้นแบบ ทำให้ค่าทอร์กที่ได้เกิดความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าที่ได้จากผลการทดลองและค่าที่ได้จากทฤษฎี แต่อย่างไรก็ตามจากประสิทธิภาพของชุดทดลองที่มีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน± 5 เปอร์เซ็นต์ สามารถนำไปใช้เป็นชุดปฏิบัติการในวิชาฟิสิกส์เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเชื่อมโยงระหว่างภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติได้

สรุป

จากการพัฒนาและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองต้นแบบเรื่อง ทอร์กและโมเมนต์ความเฉื่อย ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการเรียนภาคปฏิบัติการของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และนักศึกษาในระดับปริญญาตรีนั้น นอกจากจะทำให้ผู้เรียนได้มีความเข้าใจในวิชาฟิสิกส์อย่างชัดเจน และลุ่มลึกขึ้นแล้ว เป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีแนวความคิดในการนำความรู้ ไปพัฒนาออกแบบเป็นสิ่งประดิษฐ์ เพื่อให้สอดคล้องกับการก้าวสู่ “Thailand 4.0” เป็นวิสัยทัศน์เชิงนโยบายของรัฐบาลไทยที่ใช้ในการผลักดันเพื่อให้ประเทศไทยก้าวพ้นกับดักรายได้ปานกลาง (Middle Income Trap) ซึ่งประเทศไทยจะต้องเปลี่ยนแนวคิดจากการขับเคลื่อนประเทศด้วยอุตสาหกรรมเป็นการขับเคลื่อนประเทศด้วยเทคโนโลยี ความคิดสร้างสรรค์ และการนำนวัตกรรมเข้ามาช่วย โดยคุณลักษณะพึงประสงค์อันดับแรกที่คนไทยต้องมีคือ ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) [6] ดังนั้นการพัฒนาชุดทดลองต้นแบบจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการสร้างแรงบันดาลใจที่ทำให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถนำองค์ความรู้ที่มีอยู่มาบูรณาการเชิงสร้างสรรค์ เพื่อสร้างผลผลิตหรือนวัตกรรมต่าง ๆ ขึ้นมาได้อันเป็นฐานในการพัฒนาประเทศต่อไปในอนาคต[1]

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต และ สถาบันส่งเสริมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่สนับสนุนการวิจัย จนสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์การวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. พาสนา จุลรัตน.การจัดการเรียนรู้สำหรับผู้เรียนในยุคThailand 4.0.Veridian E-Journal, Silpakorn University. 11(2) เดือนพฤษภาคม – สิงหาคม. 2561:2263-2280
2. เสาวลักษณ์ พิสิษฐ์ไพบูลย์.ขับเคลื่อนการศึกษาไทยสู่ไทยแลนด์ 4.0 [อินเทอร์เน็ท].2559 [เข้าถึงเมื่อ 15 มีนาคม 2561] เข้าถึงได้จาก http://www.thaihealth.or.th/Content/33499%-ขับเคลื่อนการศึกษาไทยสู่%ไทยแลนด์ %204.0.html
3. นวรัตน์ รามสูตและบัลลังก์ โรหิตเสถียร.การศึกษาไทย 4.0 ในบริบทการจัดการศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน.[อินเทอร์เน็ท]. 2559 [เข้าถึงเมื่อ 15 มีนาคม 2561] เข้าถึงได้จากhttp://www.moe.go.th/websm/2016/aug/354.html.
4. นพรัตน์มีศรี และอมรินทร์ เทวตา.ความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการความรู้และความคิดสร้างสรรค์ของพนักงานสายสนับสนุน มหาวิทยาลัยศิลปากร. Veridian E-Journal, Silpakorn University. 11(2) (พฤษภาคม–สิงหาคม).2561:21-34
5. ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์.การจัดการศึกษา 4.0 กับการพัฒนาประเทศที่ยั่งยืน.2560 [อินเทอร์เน็ท].2560 [เข้าถึงเมื่อ 15 มีนาคม 2561] เข้าถึงได้จาก https://docs.wixstatic.com/ugd/73fa4a_e11c0905eac54d08a22978a32242dc9f.pdf
6. มณฑิไลย นรสิงห์,การพัฒนาคนเพื่อการขับเคลื่อนประเทศไทยไปสู่ Thailand 4.0.[อินเทอร์เน็ท].2560 [เข้าถึงเมื่อ 3 มีนาคม 2561] เข้าถึงได้จาก https://mgronline.com/daily/detail/9600000120293

[AS-P49] การหาค่าเหมาะที่สุดในการจัดตารางเวลาเดินรถตู้เพื่อทำให้ระยะเวลาในการรอน้อยที่สุด

Optimizing Van Scheduling to Minimize Waiting Time

วริทธิ์ อิศรางกูร ณ อยุธยา, ธนยศ เดชโชติภัทรอุดม และ นวลักษณ์ ทองจับ*
Varit Isarankura Na Ayudhaya, Thanayos Dechchotphataraudom and Nawalax Thongjub*
สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: tnawalax@gmail.com*

บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ การจัดตารางการเดินรถตู้โดยสารที่เหมาะสมที่สุดเพื่อทำให้ผู้โดยสารที่คอยรถตู้ที่สถานีใช้เวลาน้อยที่สุด โดยเฉพาะในช่วงเวลาเร่งรีบซึ่งเป็นช่วงที่มีการจราจรติดขัดอย่างมากในขณะที่มีผู้โดยสารหนาแน่นมาก และรถตู้ที่ให้บริการนั้นไม่สามารถเข้ามาให้บริการได้อย่างทันเวลา ยิ่งไปกว่านั้นยังพบว่ามีรถตู้จำนวนหนึ่งไม่สามารถเข้าคิวในพื้นที่ให้บริการได้เนื่องจากพื้นที่จอดจำกัด จากปัญหาดังกล่าวนี้การจัดการคิวรถตู้โดยสารจะถูกทำการปรับปรุงเพื่อทำให้ระยะเวลาการรอคอยคิวของผู้โดยสารน้อยที่สุด เพิ่มประสิทธิภาพของการบริการและสร้างความพึงพอใจให้กับผู้โดยสาร หลังจากนั้นเรานำความรู้และผลลัพธ์ที่ได้ไปจัดการตารางรถตู้โดยสาร งานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรมสร้างแบบจำลองเพื่อจำลองสถานการณ์การเข้าคิวคอยรถตู้โดยสาร สำหรับการปรับปรุงตารางรถตู้โดยมีเวลารอคอยรถเฉลี่ยและจำนวนคิวที่รอคอยรถตู้น้อยที่สุด และมีรถตู้โดยสารเพียงพอต่อการบริการผู้โดยสารในเวลาเร่งด่วน เราใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์โดยใช้ค่าปัจจัยการรอเวลานานเฉลี่ย 30 นาทีในการปรับเปลี่ยนตารางรถตู้เพื่อให้เกิดการบริการที่มากประสิทธิภาพมากขึ้น

คำสำคัญ: *การหาค่าเหมาะสมที่สุด การจัดตารางเวลา ระยะเวลาคอย*

Abstract

The objective of this research is to optimize van schedule management to reduce passenger's waiting time at a station. Especially in rush hour, there is massive traffic congestion in this period while passengers are crowded. Moreover, it is found that some vans cannot be queued and entered into the station in time because the parking area is limited. According to the problem, van queuing is improved to reduce waiting time for passengers, to increase van service efficiency, and to create the highest satisfaction of passengers. Afterwards, we also apply to the research results to manage van schedule. The simulation software is used in this research to simulate the van queue situation for improving the van schedule by which the waiting time and queue of passengers are minimized so that there are enough vans to service the passengers in rush time. We apply a mathematical model with the average waiting time factor of 30 minutes to modify the van scheduling for more efficient service.

Keywords: *optimizing, scheduling, waiting time*

บทนำ

ปัจจุบันการขนส่งสาธารณะ เช่น รถโดยสารประจำทาง รถไฟฟ้า หรือเรือโดยสาร เป็นต้น นับเป็นการคมนาคมที่สะดวกสบายและค่าโดยสารมีราคาไม่สูงมากนัก จึงเหมาะกับผู้โดยสารที่เป็นนักเรียน นักศึกษาและคนทำงานที่จำเป็นต้องเดินทางเพื่อไปโรงเรียน ไปทำงาน หรือประกอบกิจกรรมที่จำเป็น ซึ่งต้องเดินทางอยู่บ่อยครั้ง ทำให้มีผู้โดยสารเลือกที่จะใช้บริการรถ

สาธารณะเพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการเดินทาง ด้วยสาเหตุนี้ทำให้การให้บริการรถสาธารณะไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้ใช้บริการดังกล่าวและทำให้ผู้โดยสารต้องใช้เวลารอคอยเป็นเวลานาน

ในที่นี้รถตู้โดยสารก็เป็นหนึ่งในทางเลือกของบุคคลทั่วไปด้วยพื้นที่ของห้องโดยสารไม่มีความแออัดจนเกินไป รวมไปถึงค่าใช้จ่ายมีความเหมาะสมในการเลือกใช้บริการ ปัจจุบันมีการให้บริการรถตู้โดยสารสาธารณะในหลายเส้นทาง และมีการแข่งขันกันเกิดขึ้นในการทำธุรกิจนี้ ความพึงพอใจของผู้โดยสารจึงเป็นสิ่งสำคัญในการให้บริการ ดังนั้นผู้ให้บริการต้องจัดการดูแลเรื่องการบริการต่างๆ ให้ครอบคลุมและทั่วถึง เพื่อสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าและมีความมั่นใจในการบริการ โดยคำนึงถึงความปลอดภัย ความรวดเร็วและสะดวกสบาย ซึ่งสิ่งที่สำคัญคือการจัดการคิวรถตู้ที่จะเข้ามาให้บริการและการจัดการคิวของผู้โดยสารที่เข้ามาใช้บริการให้เหมาะสม เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของความต้องการในการใช้บริการรถตู้ในเวลาเร่งด่วน ทำให้เกิดการคอยคิวและทำให้ผู้โดยสารเสียเวลาในการเดินทางมากขึ้นเพื่อไปทำกิจกรรมต่างๆ ปัญหาเหล่านี้เกิดจากการที่ผู้ให้บริการไม่สามารถจัดการการบริการรถตู้ ให้เพียงพอต่อจำนวนผู้ใช้บริการได้ ทำให้เกิดการศึกษาระบบแถวคอยและจัดคิวให้เป็นระบบการให้บริการต่างๆ สามารถถูกนำมาปรับใช้ในการจัดการให้บริการเพื่อให้มีความเหมาะสมและเกิดการรอคอยน้อยที่สุด[1,2,3]

การจำลองสถานการณ์โดยใช้คอมพิวเตอร์ได้ถูกนำมาประเมินและทำนายผลของพฤติกรรมในบางระบบ[4] เพื่อให้ได้ข้อมูลมาช่วยในการตัดสินใจสำหรับการจำลองแบบเหตุการณ์ไม่ต่อเนื่องโดยใช้ทฤษฎีแถวคอย เพื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาจำนวนหน่วยให้บริการที่เหมาะสมที่สุดตามโครงสร้างแถวคอยเป็นแบบ M/M/1 และแบบ M/M/C ซึ่งเป็นระบบการให้บริการในร้านสะดวกซื้อที่สามารถเพิ่มหน่วยให้บริการตามอัตราการเข้ามาของผู้รับบริการได้ เช่น ร้าน 7-ELEVEN[5] เป็นต้น

ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาพฤติกรรมการใช้รถตู้ของผู้โดยสารที่มาใช้บริการ จากการเก็บข้อมูลสถานีจากมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ไปยัง อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ โดยสร้างการจำลองระบบภายในสถานีให้บริการ เพื่อนำมาวิเคราะห์การให้บริการที่เหมาะสมต่อการเข้ามาใช้บริการของผู้โดยสารและเพิ่มความพึงพอใจที่เกิดจากการใช้บริการ พบว่าผู้โดยสารมีการคอยคิวจำนวนมากและรอคอยเพื่อใช้บริการเป็นเวลานานโดยเฉพาะเวลาเร่งด่วนในตอนเช้าและตอนเย็น ซึ่งเป็นเวลาเดินทางไปทำงานและทำกิจกรรมต่างๆ ที่สถานีปลายทางและเดินทางกลับมายังสถานีรถตู้ต้นทาง ดังนั้นงานวิจัยนี้จะพิจารณาช่วงเวลาเร่งรีบในตอนเช้า เวลา 6.00 – 9.00 น. และในตอนเย็น 15.00 – 18.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่มีการจราจรติดขัดแต่ผู้โดยสารมีความต้องการใช้บริการมากและรถตู้ที่ให้บริการนั้นไม่สามารถเข้ามาให้บริการที่สถานีต้นทางได้อย่างทันเวลาเนื่องจากพื้นที่จอดของสถานีต้นทางมีอยู่จำกัด เพื่อจัดตารางการเข้าและออกของรถตู้เพื่อให้ผู้โดยสารมีเวลารอคอยลดลงและมีความพอใจสูงสุดในการรับบริการ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้ทำวิจัยได้ทำการการเก็บรวบรวมข้อมูลการเดินรถของรถตู้โดยสารและจำนวนผู้โดยสารบริเวณสถานีมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต เป็นระยะเวลา 1 เดือน โดยการจดบันทึกข้อมูลที่รวบรวมนั้นประกอบด้วยการบันทึกการเข้าและออกของรถตู้ จำนวนผู้โดยสาร เวลาการรอคอยของผู้โดยสารคนที่หนึ่งจนถึงเวลาการรอคอยของผู้โดยสารคนสุดท้าย เพื่อหาเวลาที่ผู้โดยสารรอรถตู้เต็มในแต่ละช่วงเวลา ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลในช่วงวันที่ 7 มกราคม ถึงวันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2562 ตั้งแต่เวลา 6.00 – 21.00 น. และช่วงเวลาที่ทำการเก็บข้อมูลและศึกษาเพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงระบบแถวคอย อยู่ในช่วงวันที่ 23 มภาพันธ์ ถึงวันที่ 8 มีนาคม 2562 โดยศึกษาในช่วงเวลาเร่งด่วนในตอนเช้า เวลา 6.00 – 9.00 น. และในตอนเย็น 15.00 – 18.00 น. โดยอ้างอิงรูปแบบการเก็บข้อมูลจากการออกแบบสมการและการสร้างแบบจำลองในการจำลองสถานการณ์ เพื่อให้ง่ายแก่การทำข้อมูลมาใช้ในการตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1.1 ตารางเก็บข้อมูลการเดินทางโดยรถตู้โดยสาร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต-อนุสาวรีย์ ในช่วงวันที่ 7 มกราคม 2562 ถึงวันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2562 โดยเก็บข้อมูลจำนวนผู้ใช้บริการในแต่ละช่วงเวลา ช่วงเวลาละ 1 ชั่วโมง ดังตัวอย่างตารางในวันที่ 10 มกราคม 2562

ตารางที่ 1 ตารางแสดงผลลัพธ์การเก็บข้อมูลจำนวนผู้ใช้บริการในแต่ละช่วงเวลา

ช่วงเวลา	จำนวนคน	จำนวนคนสะสม	เพศ		ประเภท	
			ชาย	หญิง	นักศึกษา	บุคคลทั่วไป
06:00-07:00	36	36	14	22	17	19
07:00-08:00	42	78	17	25	32	10
08:00-09:00	46	124	15	31	30	16
09:00-10:00	41	165	16	25	28	13
10:00-11:00	57	222	27	30	47	10
11:00-12:00	58	280	20	38	40	18
12:00-13:00	60	340	27	33	49	11
13:00-14:00	59	399	23	36	46	13
14:00-15:00	62	461	20	42	42	20
15:00-16:00	65	526	29	36	48	17
16:00-17:00	58	584	19	39	43	15
17:00-18:00	45	629	16	29	27	18
18:00-19:00	36	665	16	20	27	9
19:00-20:00	25	690	5	20	20	5
20:00-21:00	20	710	7	13	16	4
รวม	710	710	271	439	512	198

1.2 รูปแบบตารางในการเก็บข้อมูลในช่วงศึกษาระบบแถวคอย

ตารางที่ 2 ตารางแสดงผลลัพธ์การเก็บข้อมูลในช่วงศึกษาระบบแถวคอยของรถตู้

รถตู้คันที่	คนที่ใช้บริการ	เวลาที่คนมาถึง	เวลาที่รถตู้มาถึง	เวลาที่รถตู้ออก (นาที)	เวลารอ (นาที)
17	1	8.12	8.26	14	0
	2			14	0
	3			14	0
	4			13	1
	5			11	2
	6			10	1
	7			9	1
	8			8	1
	9			4	4
	10			4	0
	11			2	2
	12			1	1
	13			1	0

2. การปรับปรุงข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้มาจัดระเบียบและออกแบบจำลอง รวมถึงสร้างแบบจำลองสถานการณ์เพื่อแก้ไขปัญหาการจัดการตารางการเดินรถในแต่ละช่วงเวลาเพื่อหาจำนวนรถที่น้อยที่สุดในแต่ละช่วง รวมถึงปัญหาการทำให้เวลาคอยรถของผู้โดยสารน้อยที่สุดในแต่ละช่วงเวลาและนำแบบจำลองที่ได้นำไปใช้กับสถานีรถตู้โดยสารดังกล่าว โดยจัดรูปแบบของข้อมูลใหม่เพื่อให้สามารถนำไปใช้กับการออกแบบจำลองและการวิเคราะห์การแจกแจงของข้อมูลได้

3. การสร้างแบบจำลอง

จากข้อมูลที่ได้มีการจัดระเบียบเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาประกอบในการสร้าง โดยข้อมูลของผู้โดยสารและรถตู้ในช่วงแรกจะถูกนำไปทำการสร้างโมเดลเพื่อหาจำนวนเที่ยวรถที่ควรจะมีเป็นอย่างน้อยในแต่ละวัน เพื่อให้สอดคล้องกับจำนวนผู้โดยสารทั้งหมดที่เข้ามาใช้บริการโดยเฉลี่ย แบบจำลองที่สร้างขึ้นคือ

$$Minimize: \sum_{j=1}^{B}\sum_{i=1}^{P} x_{i,j}$$

$$subject\ to \sum_{i=1}^{B} x_{P,i} \geq w_p$$

$$\sum_{i=1}^{P} x_{i,B} \leq c_B$$

$$x_{i,j} \in \{0,1\},\ i = 1,2,\ldots P,\ j = 1,2,\ldots B$$

โดยที่ c_B แทน จำนวนเที่ยวรถตู้ ที่รถ B สามารถวิ่งได้ในแต่ละวัน

w_P แทน จำนวนเที่ยวรถตู้ ที่ผู้โดยสารต้องการในแต่ละช่วงเวลา P

$x_{i,j}$ แทน การเลือกเข้ามาให้บริการของรถตู้ B ในช่วงเวลา P

4. การคำนวณจำนวนเที่ยวรถที่เหมาะสมในแต่ละวัน

จากข้อมูลจำนวนรถตู้ที่ให้บริการ ความสามารถในการให้บริการในแต่ละคัน รวมไปถึงความต้องการของผู้โดยสารในแต่ละช่วงเวลา สามารถแบ่งการคิดได้เป็น 2 รูปแบบ ดังนี้

4.1 แบ่งช่วงเวลาละ 1 ชั่วโมง

จากการใช้โปรแกรม Excel Solver พบว่า จำนวนเที่ยวรถสูงสุดที่ได้คือ 90 คัน ดังนี้

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16	B17	B18	B19	B20	B21	B22	B23	B24	B25	B26
P1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P2	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
P5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
P6	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
P7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
P9	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
P10	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
P12	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
P13	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P14	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

รูปที่ 1 แสดงผลลัพธ์จากการใช้โปรแกรม Excel Solver แบ่งช่วงเวลาละ 1 ชั่วโมง

4.2 แบ่งช่วงเวลาละ 3 ชั่วโมง

จากการใช้โปรแกรม Excel Solver พบว่า จำนวนเที่ยวรถสูงสุดที่ได้คือ 85 คัน ดังนี้

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16	B17	B18	B19	B20	B21	B22	B23	B24	B25	B26
P1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
P2	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0
P3	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
P4	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P5	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0

รูปที่ 2 แสดงผลลัพธ์จากการใช้โปรแกรม Excel Solver แบ่งช่วงเวลาละ 3 ชั่วโมง

5. การวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อสร้างแบบจำลองสถานการณ์

จากข้อมูลในส่วนของระยะเวลาคอย ที่ได้ทำการจัดระเบียบข้อมูลแล้วผู้วิจัยได้นำไปดำเนินการ ดังนี้

5.1 นำข้อมูลที่บันทึกมาจำแนกเป็นส่วนต่างๆ ได้แก่ ระยะเวลาการเข้ามาของผู้โดยสาร และระยะเวลาการเข้ามาของรถตู้โดยสาร

ตารางที่ 3 ตารางแสดงการแปลงผลลัพธ์ของระยะห่างเวลาของผู้โดยสาร

ผู้โดยสารคนที่	เวลาที่ผู้โดยสารมาถึงรถตู้ (นาที)	ระยะห่างการเข้ามาของผู้โดยสาร (นาที)
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	1	1
5	2	2
6	1	1
7	1	1

ตารางที่ 4 ตารางแสดงการแปลงผลลัพธ์ของระยะห่างเวลาของรถตู้โดยสาร

รถตู้คันที่	รถตู้มาถึงสถานี	เวลาที่รถตู้มาถึงสถานี (นาที)	ระยะห่างการเข้ามาของรถตู้โดยสาร (นาที)
1	15:33	0	0
2	15:43	10	10
3	15:49	6	6
4	15:56	7	7
5	16:10	14	14
6	16:18	8	8
7	16:25	7	7

5.2 นำข้อมูลที่ได้ทำการจำแนกจากโปรแกรม Excel แล้วไปเป็นข้อมูลเริ่มต้นสำหรับโปรแกรม Arena เพื่อทำการทดสอบการแจกแจงที่ดีที่สุดของระยะเวลาในการใช้บริการของผู้โดยสาร และระยะเวลาในการเข้ามาของรถตู้โดยสาร เริ่มจากการนำข้อมูลมาหาด้วยการแจกแจงของข้อมูลที่เหมาะสม โดยพิจารณาค่าการแจกแจงแบบปัวซง (Poisson distribution) สำหรับการเข้ามาของผู้โดยสาร และค่าการแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง (exponential distribution) สำหรับการเข้ามาของรถตู้โดยสาร จากนั้นจะทำการวิเคราะห์ค่าพี (P-value) โดยพิจารณาเลือกใช้การแจกแจงที่มากกว่าหรือเท่ากับ 0.05

ถ้าให้ t เป็นระยะห่างระหว่างการมาสู่ระบบของผู้ให้บริการอย่างต่อเนื่อง t จะมีการแจกแจงแบบเลขชี้กำลังที่มีค่าเฉลี่ย $1/\lambda$ และความแปรปรวน $1/\lambda^2$ ซึ่งมีฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของระยะห่างระหว่างการมาสู่ระบบของผู้รับบริการ คือ

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad ; \quad t > 0, \quad \lambda > 0$$

ส่วนการเข้ามาสู่ระบบของผู้รับบริการมีการแจกแจงแบบปัวซงถ้าให้ที่เวลา $t = 0$ ไม่มีลูกค้าในระบบ เมื่อ λ เป็นอัตราการเข้ามาโดยเฉลี่ยของลูกค้าต่อ 1 หน่วยเวลาและให้ $X(t)$ เป็นจำนวนลูกค้าในระบบช่วงเวลา t ใด ๆ จะได้ฟังก์ชันความน่าจะเป็นที่มีลูกค้า n คน ในช่วงเวลา t เมื่อ $t > 0$

$$X \sim \text{Poi}(\mu)$$

$$f(x) = P(X = x) = \frac{e^{-\mu}\mu^{x}}{x!} \quad ; \quad x = 0,1,2,...$$

$$X(t) \sim \text{Poi}(\mu = \lambda t)$$

$$P(X(t) = n) = P_n(t) = \frac{e^{-\lambda t}(\lambda t)^{n}}{n!} \quad ; \quad n = 1,2,3,...$$

นั่นคือ $X(t)$ เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปัวซองที่มีค่าเฉลี่ย λt และความแปรปรวนเป็น λt

5.3 สร้างแบบจำลองสถานการณ์จริงด้วยโปรแกรม Arena โดยจำลองสถานการณ์ออกมาเป็น 3 ช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงเวลาทั้งวัน (6.00 - 21.00 น.) ช่วงเวลาเช้า (6.00 - 9.00 น.) และช่วงเวลาบ่าย (15.00 - 18.00 น.) โดยการนำค่าการแจกแจงของการเข้ามาใช้บริการ และการเข้ามาของรถตู้โดยสารในแบบจำลองสถานการณ์จริงและทำการตรวจสอบการทำงานของแบบจำลองกับสถานการณ์จริงว่ามีความสอดคล้องกันหรือไม่

6. การทำการทดสอบแบบจำลองสถานการณ์จริง

เมื่อนำไปสร้างแบบจำลองสถานการณ์ในโปรแกรม Arena กำหนดตามช่วงเวลาต่างๆที่กำหนดไว้ โดยช่วงเวลาทั้งวันให้ทำงาน 18 ชั่วโมง และช่วงเวลาเช้าและบ่าย กำหนดการทำงาน 3 ชั่วโมง โดยทำการเริ่มแบบจำลองจำนวน 50 รอบ

7. การวิเคราะห์ผลลัพธ์และนำแนวทางการปรับปรุง

นำผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์จริงมาใช้สร้างแบบจำลองสถานการณ์ที่ปรับปรุงแล้วเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริการ

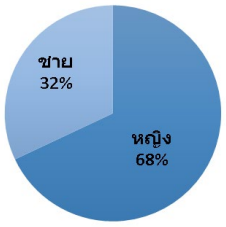
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการทำแบบจำลองสถานการณ์

1.1 แบบสอบถามความพึงพอใจการบริการรถตู้ สถานี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิตไปยังอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ

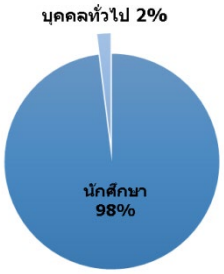
จากการทำแบบสอบถามทั้งหมด 50 คน ในช่วงวันที่ 7 มกราคม 2562 ถึงวันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2562 ได้ข้อมูลดังนี้

1. เพศ



รูปที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับเพศของผู้มาทำแบบสอบถาม

2. อาชีพ

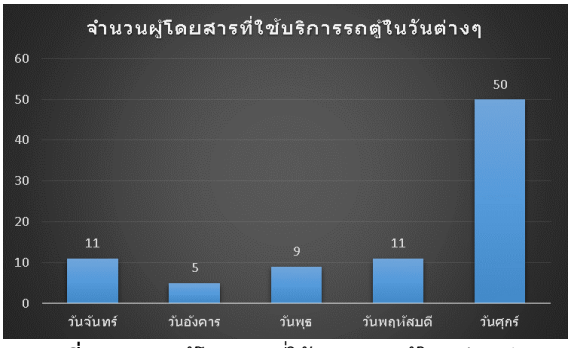


รูปที่ 4 ข้อมูลเกี่ยวกับอาชีพของผู้มาทำแบบสอบถาม

จากแผนภูมิวงกลมรูปที่ 3 พบว่า จำนวนผู้ที่มาทำแบบสอบถามส่วนใหญ่จะเป็นเพศหญิง ซึ่งมีถึง 68% และในขณะที่ผู้ที่มาทำแบบสอบถามที่เป็นเพศชายมีอยู่ 32%

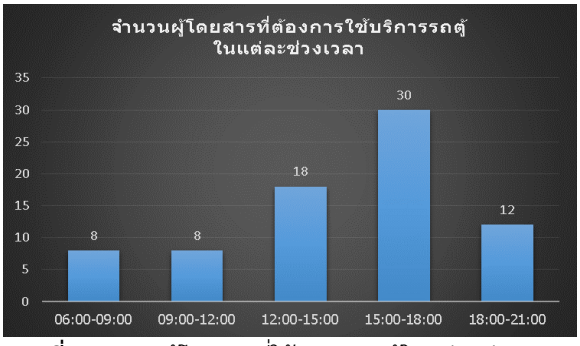
จากแผนภูมิวงกลมรูปที่ 4 พบว่า จำนวนผู้ที่มาทำแบบสอบถามส่วนใหญ่จะเป็นนักศึกษาซึ่งมีถึง 98% และในขณะที่ผู้ที่มาทำแบบสอบถามที่เป็นคนทำงานหรือบุคคลทั่วไปมีอยู่เพียง 2%

3. จำนวนผู้โดยสารตั้งแต่วันจันทร์ถึงศุกร์



รูปที่ 5 จำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการรถตู้ในแต่ละวัน

4. จำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการในแต่ละช่วงเวลา

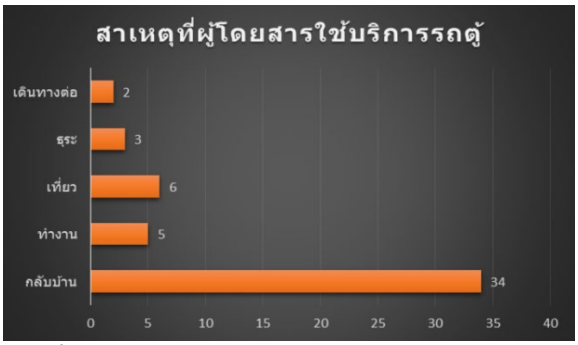


รูปที่ 6 จำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการรถตู้ในแต่ละช่วงเวลา

จากแผนภูมิแท่งรูปที่ 5 พบว่าผู้โดยสารมีความต้องการใช้บริการรถตู้มากที่สุดในวันศุกร์ซึ่งสูงถึง 50 คน ในทางกลับกันผู้โดยสารมีความต้องการใช้บริการรถตู้น้อยที่สุดในวันอังคาร ซึ่งมีเพียงแค่ 5 คนเท่านั้น

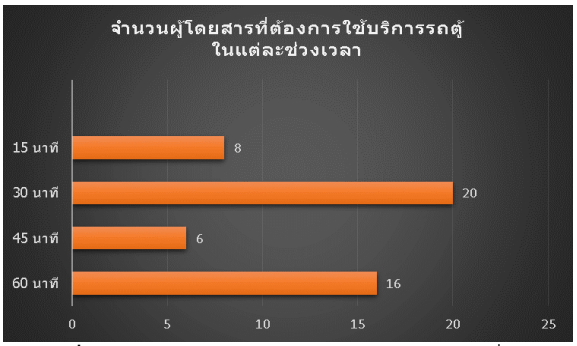
จากแผนภูมิแท่งรูปที่ 6 พบว่าผู้โดยสารมีความต้องการใช้บริการรถตู้มากที่สุดในช่วงเวลา 15:00 – 18:00 สูงที่สุด 30 คน ในทางกลับกันผู้โดยสารมีความต้องการใช้บริการรถตู้น้อยที่สุดในช่วงเวลา 06:00 – 09:00 และ 09:00 – 12:00 ซึ่งมีเพียงช่วงละ 8 คนเท่านั้น พบว่าผู้โดยสารส่วนใหญ่ในช่วง 06:00 – 09:00 จะเป็นบุคคลทั่วไปหรือคนทำงาน ซึ่งในแบบสอบถามมีจำนวนบุคคลทั่วไปที่ร่วมทำแบบสอบถามเพียงแค่ 2% เท่านั้น

5. สาเหตุการใช้บริการรถตู้โดยสาร



รูปที่ 7 สาเหตุการใช้บริการของผู้โดยสารใช้บริการรถตู้

6. เวลาที่ผู้โดยสารสามารถรอรถตู้ได้นานที่สุด



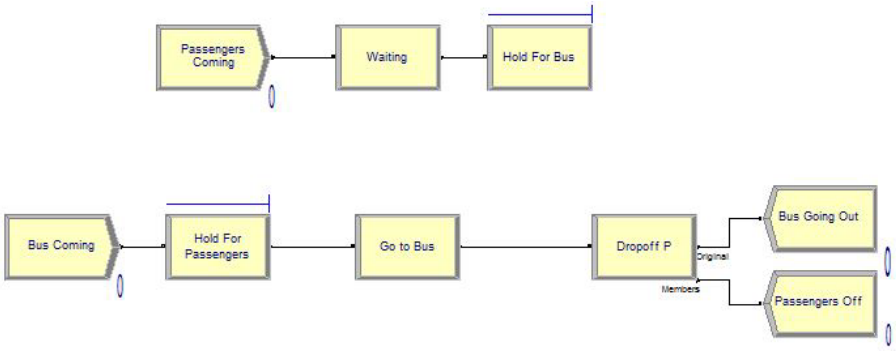
รูปที่ 8 จำนวนผู้โดยสารสามารถรอรถตู้ได้นานที่สุด

จากแผนภูมิแท่งรูปที่ 7 พบว่าสาเหตุที่ผู้โดยสารต้องการใช้บริการรถตู้มีหลายสาเหตุ ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 สาเหตุหลักๆ คือ เดินทางต่อ มีทั้งหมด 2 คน ไปทำธุระต่อ มีทั้งหมด 3 คน ไปเที่ยวต่อ มีทั้งหมด 6 คน ไปทำงานต่อ มีทั้งหมด 5 คน เดินทางกลับบ้าน มีทั้งหมด 34 คน ซึ่งจากทั้งหมด 5 สาเหตุ สรุปได้ว่า ผู้โดยสารมีความต้องการใช้รถตู้เพื่อเดินทางกลับบ้านมากที่สุดถึง 34 คน หรือคิดเป็น 68%

จากแผนภูมิแท่งรูปที่ 8 พบว่าเนื่องจากรถตู้ในช่วงเวลาไม่สามารถให้บริการ ผู้โดยสารส่วนใหญ่สามารถรอรถตู้ได้นานที่สุด 30 นาที โดยมีจำนวนผู้ทำแบบสอบถามทั้งสิ้น 20 คน รองมาคือผู้โดยสารที่สามารถรอรถตู้ได้นานที่สุด 60 นาทีมี 16 คน (ซึ่งเป็นกลุ่มคนที่ไม่ได้ทำกิจกรรมรีบด่วน) และบางกลุ่มที่สามารถรอรถตู้ได้นานที่สุดเพียง 15 นาที และ 45 นาที ซึ่งมีอยู่เพียง

8 และ 6 คน จากการสอบถามผู้โดยสารที่มีความรีบด่วนจะสามารถรอได้ไม่เกินเวลาเฉลี่ย 30 นาที ดังนั้นผู้วิจัยจะกำหนดเวลาในการรอคอยของผู้โดยสารให้ไม่เกิน 30 นาที เป็นเงื่อนไขเริ่มต้น

1.2 แบบจำลองสถานการณ์เวลาการรอรถตู้จากข้อมูลที่เก็บมา



รูปที่ 9 แบบจำลองคิวรถตู้โดยสารในช่วงเวลาปกติ

ตารางที่ 5 ตารางแสดงผลลัพธ์การรอรถตู้จากข้อมูลที่เก็บมาผ่านโปรแกรม Arena

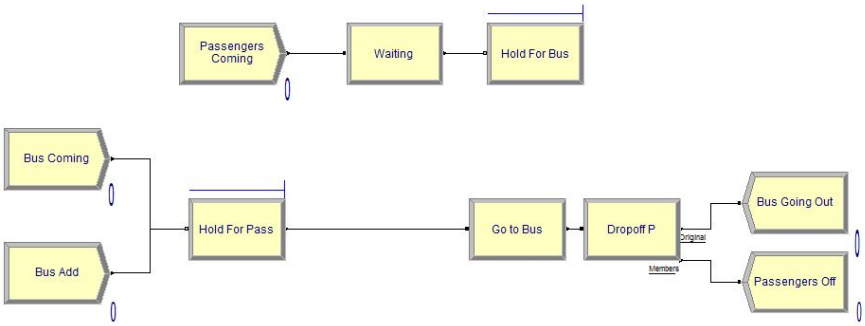
	เวลาการรอเฉลี่ย	เวลาการรอน้อยที่สุด	เวลาการรอมากที่สุด
รถตู้	9 นาที 40 วินาที	51 วินาที	40 นาที 52 วินาที
ผู้โดยสาร	9 นาที 35 วินาที	4 นาที 7 วินาที	35 นาที 33 วินาที

จากตารางข้างต้นเป็นเวลาการรอคอยของรถตู้และผู้โดยสารในช่วงเวลาเร่งรีบ โดยมีช่วงเวลาทั้งหมด 2 ช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงตั้งแต่ 06:00 – 09:00 น. และช่วง 15:00 – 18:00 น. โดยผลจากโปรแกรมเป็นการนำข้อมูลที่รวบรวมตั้งแต่วันจันทร์จนถึงวันศุกร์ตามแผนภาพที่ 9

สามารถสรุปได้ว่าเวลาที่รถตู้มารอผู้โดยสารเฉลี่ยอยู่ที่ 9 นาที 40 วินาที หมายความว่ารถตู้มารอรับผู้โดยสารให้ครบ 13 คน เฉลี่ยอยู่ที่ 9 นาที 40 วินาที ในทำนองเดียวกัน เวลาการรอของรถตู้โดยสารมากที่สุดและน้อยที่สุดอยู่ที่ 40 นาที 52 วินาทีและ 51 วินาที ตามลำดับ หมายความว่าเวลามากที่สุดที่รถตู้จะรอผู้โดยสารให้ครบอยู่ที่ 40 นาที 52 วินาที และเวลาน้อยที่สุดที่รถตู้จะรอผู้โดยสารให้ครบคือ 51 วินาที

ในมุมมองของผู้โดยสาร พบว่าเวลาการรอรถตู้ของผู้โดยสารเฉลี่ยอยู่ที่ 9 นาที 35 วินาที นั่นหมายความว่าผู้โดยสารต้องรอรถตู้โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 9 นาที 35 วินาที ยิ่งไปกว่านั้นเวลาที่มากที่สุดที่ผู้โดยสารรอรถตู้จะอยู่ที่ 35 นาที 33 วินาที และเวลาที่น้อยที่สุดที่ผู้โดยสารรอรถตู้จะอยู่ที่ 4 นาที 7 วินาที ซึ่งเวลาที่มากที่สุดที่ผู้โดยสารรอรถตู้ไม่สอดคล้องกับเงื่อนไขเริ่มต้น

1.3 แบบจำลองสถานการณ์เวลาการรอรถตู้แบบใหม่



รูปที่ 10 แบบจำลองคิวรถตู้โดยสาร หลังทำการปรับปรุง

ตารางที่ 6 ตารางแสดงผลลัพธ์การรอรถตู้แบบใหม่ผ่านโปรแกรม Arena

	เวลาการรอเฉลี่ย	เวลาการรอน้อยที่สุด	เวลาการรอมากที่สุด
รถตู้	20 นาที 16 วินาที	2 นาที 42 วินาที	49 นาที
ผู้โดยสาร	5 นาที 41 วินาที	4 นาที	19 นาที 8 วินาที

จากตารางที่ 6 แสดงถึงเวลาการรอคอยของรถตู้และผู้โดยสารในรูปแบบใหม่ตามแผนภาพที่ 10 กล่าวคือมีการปรับปรุงโปรแกรมและเงื่อนไขให้มีจำนวนรถตู้ที่เพียงพอในแต่ละช่วง โดยเพิ่มการบริการรถตู้จากในช่วงเวลานั้นเดิมมีรถในช่วงอยู่ที่ 6 คันต่อชั่วโมงเป็น 7 คันต่อชั่วโมง เนื่องจากทำให้รถตู้ที่ว่างมาไม่ทันเวลาขณะที่ผู้โดยสารใช้บริการมาก จากการจำลองสถานการณ์เวลาการรอรถตู้แบบใหม่ พบว่าเวลาการรอคอยของผู้โดยสาร คือ 19 นาที 8 วินาที และเวลาที่รอเฉลี่ยของผู้โดยสารลดลงโดยเฉลี่ย 5 นาที 41 วินาทีต่อคน ทำให้ลดเวลาการรอคอยของผู้โดยสารให้อยู่ในเกณฑ์พึงพอใจ

สรุป

จากผลลัพธ์ของโปรแกรมจำลองสถานการณ์การเข้ามาใช้บริการรถตู้โดยสารในสถานีมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ของผู้ใช้บริการ พบว่า ในช่วงเวลาการรอคอยรถในช่วงเร่งรีบของผู้โดยสารที่สูงสุด ผู้โดยสารมีเวลาการรอรถตู้ของผู้โดยสารเฉลี่ยอยู่ที่ 9.582 นาที เวลาที่น้อยที่สุดที่อยู่ที่ 4.111 นาที และเวลาที่มากที่สุดที่ผู้โดยสารรออยู่ที่ 35.550 นาที ซึ่งเกินกว่าระดับความพึงพอใจของผู้ใช้บริการยอมรับ หลังจากดำเนินการจัดการโดยเพิ่มเที่ยวรถในช่วงทุกๆ 75 นาที หรือ 1 ชั่วโมง 15 นาที ทำให้เวลาในการคอยรถตู้โดยสารลดลงเหลือ 19.14 นาที ซึ่งอยู่ในระดับที่ผู้ใช้บริการส่วนใหญ่ยอมรับได้ รวมถึงการดูแลจัดการรถโดยสารในช่วงเร่งด่วน เดิมมีรถในช่วงอยู่ที่ 6 คันต่อชั่วโมง ซึ่งมีการเพิ่มขึ้นเป็น 7 คันต่อชั่วโมง โดยการดึงเที่ยวรถจากช่วงที่มีรถเหลืออยู่ก่อนหน้า หรือรถมารอเข้าคิวเพิ่มมาให้บริการเพิ่มเติมสร้างความพึงพอใจให้กับผู้ใช้บริการ จากการสำรวจพบว่าการจัดรถให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้โดยสารแต่ละช่วงจะทำให้นายท่าที่ให้บริการทราบรถตู้ที่ต้องเข้าและออกในแต่ละช่วงและสามารถจัดสรรรถตู้ที่ให้บริการได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งการจอดรอรถตู้ที่สถานีที่มีพื้นที่จำกัดและทราบปริมาณผู้มาใช้บริการและระบายความหนาแน่นของผู้โดยสารให้เหมาะสมกับช่วงเวลา งานวิจัยนี้ยังเป็นแนวทางในการนำตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นใช้ในสถานีบริการอื่นๆ และการบริหารรถตู้สาธารณะสายต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

1. Steven Kornfeld, Wei Ma and Andrew Resnikoff. Optimizing Bus Schedules to Minimize Waiting Time. Operations Research II; 21-393, 2014.

2. M Venkateswararao Koppisetti, Veeraruna Kavitha and Urtzi Ayesta. Bus schedule for optimal bus bunching and waiting times. 10th International Conference on Communication Systems & Networks (COMSNETS). IEOR, IIT Bombay, India. CNRS, Toulouse, France; 2018.
3. Konstantinos Gkiotsalitis and Rahul Kumar. Bus Operations Scheduling Subject to Resource Constraints Using Evolutionary Optimization. Informatics; 5, 9, 2018
4. Mohsen Kamrani, Sayyed Mohsen Hashemi Esmaeil Abadi,and Saeed Rahimpour Golroudbary. Traffic simulation of two adjacent unsignalized T-junctions during rush hours using Arena software. Simulation Modelling Practice and Theory; 49, 167–179, 2014.
5. นิธิภัทร กมลสุข. การวิเคราะห์ระบบแถวคอย: กรณีศึกษา ร้าน 7-Eleven สาขาเมืองไทย-ภัทร. วารสารวิทยาการจัดการและสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร; 2547.

[AS-P50] การวิเคราะห์ระบบแถวคอยสำหรับการให้บริการของธนาคารกรุงไทย สาขาเทสโก้โลตัส นวนคร

The Queuing Analysis for Service System of Krungthai Bank at Tesco Lotus Navanakorn Branch

เบญจวรรณ วรสีหา, เอกราช มีธรร และ จุฑารัตน์ โพธิ์หลวง*
Benjawan Woraseeha, Ekkarat Meetham, and Jutarat Pholuang*
สาขาวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: jutarat@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ทฤษฎีแถวคอยในการวิเคราะห์ระบบการให้บริการของธนาคารกรุงไทย สาขาเทสโก้โลตัส นวนคร โดยเลือกศึกษาเฉพาะแผนกฝากเงิน ถอนเงิน โอนเงิน หรือชำระค่าบริการต่าง ๆ ซึ่งเป็นแผนกที่มีผู้มารับบริการเป็นจำนวนมากในแต่ละวัน ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 27 สิงหาคม 2561 ถึงวันที่ 9 กันยายน 2561 รวมทั้งสิ้น 14 วัน โดยเลือกช่วงเวลาที่มีผู้มารับบริการเป็นจำนวนมาก คือ 16.30 – 19.30 น. จากข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ พบว่า ในช่วงต้นเดือนจะมีปัญหาการรอรับบริการมากที่สุด จึงเลือกวิเคราะห์ระบบแถวคอยเฉพาะช่วงต้นเดือนเป็นเวลา 5 วัน เท่านั้น ซึ่งพบว่า การเข้ามารับบริการของลูกค้ามีการแจกแจงแบบปัวส์ซองด้วยอัตราเฉลี่ย 1.15 คน/นาที และการให้บริการโดยเฉลี่ยของพนักงานมีการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียลด้วยอัตราเฉลี่ย 0.44 คน/นาที โดยมีเคาน์เตอร์ให้บริการจำนวน 3 เคาน์เตอร์ ซึ่งสอดคล้องกับตัวแบบแถวคอย M/M/3 เมื่อทำการวิเคราะห์ระบบแถวคอยโดยใช้ทฤษฎีแถวคอย พบว่า ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ลูกค้าใช้ในแถวคอย คือ 4.51 นาที/คน และระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ลูกค้าใช้ในระบบ คือ 6.78 นาที/คน จากข้อมูลนี้สามารถนำไปปรับปรุงระบบการให้บริการของธนาคารในช่วงเวลาดังกล่าวได้ เพื่อให้ผู้มารับบริการเกิดความพึงพอใจสูงสุด

คำสำคัญ: *การให้บริการ, ธนาคาร, ทฤษฎีแถวคอย*

Abstract

The purpose of this research was to analyze the queuing system in case study of Krungthai bank, Tesco lotus Navanakorn branch. In this research, the study focused on the deposit, withdrawal, money transfer, and bill payment departments which were taken by most of customers in daily life. The data collection was from 27th August to 9th September 2018, including with 14 days. The service period was selected from 4.30 – 7.30 p.m. because of the peak time. Moreover, in the data collection, the early month had the waiting service problem at most. Consequently, the researchers recorded the data especially early 5 days in a month. For the result, the average arrival rate was 1.15 people/minute with the Poisson distribution. While, the average service rate was 0.44 person/minute with the exponential distribution. There were 3 service counters which were corresponded to the M/M/3 queuing model. With using the queuing theory, the average time which the customers had waited during in the queue was 4.51 minutes/person. In addition, the average time which the customers had waited during in the system was 6.78 minutes/person. For this analysis, the research can help and improve the banking service system in the peak time to satisfy with the customers at most.

Keywords: *service, bank, Queuing theory*

บทนำ

ธนาคารกรุงไทย จำกัด (มหาชน) สาขาเทสโก้โลตัส นวนคร เป็นสาขาที่ตั้งอยู่ในอำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี ซึ่งเปิดให้บริการทุกวันตั้งแต่เวลา 10.30 – 19.30 น. ประกอบกับเป็นสาขาที่ตั้งอยู่ใกล้เขตอุตสาหกรรมนวนครที่มีโรงงานของบริษัทชั้นนำกว่า 200 บริษัท จึงทำให้มีผู้มาใช้บริการของธนาคารเป็นจำนวนมากโดยเฉพาะช่วงเวลาหลังเลิกงาน ซึ่งสอดคล้องกับผลสำรวจของนิด้าโพล[1] เรื่องการใช้บริการธนาคารของคนไทย พบว่า ประชาชนส่วนใหญ่ร้อยละ 32.59 ใช้บริการของธนาคารกรุงไทย แต่เมื่อถามถึงความพึงพอใจที่มีต่อการให้บริการของธนาคารต่าง ๆ พบว่า ประชาชนส่วนใหญ่ร้อยละ 21.80 พึงพอใจการให้บริการของธนาคารไทยพาณิชย์มากที่สุด รองลงมา คือ ธนาคารกรุงไทย คิดเป็นร้อยละ 19.57 ซึ่งสาเหตุหนึ่งมาจากมีผู้มาใช้บริการเป็นจำนวนมาก จึงทำให้เกิดปัญหาด้านการรอคอยเพื่อรับบริการ ซึ่งลูกค้าบางรายอาจรู้สึกเบื่อหน่าย ไม่พอใจ และออกจากแถวคอยไปก่อนที่จะได้รับบริการ หรืออาจจะไม่กลับมารับบริการอีกในอนาคต ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นที่ต้องสนับสนุนและส่งเสริมให้มีการพัฒนามาตรฐานการให้บริการของธนาคารกรุงไทย สาขาเทสโก้โลตัส นวนคร อย่างจริงจัง เพื่อให้ผู้มารับบริการ (Arrival) เกิดความพึงพอใจ มีความระลึกถึงและยินดีมาขอรับบริการอีกครั้ง

ทฤษฎีแถวคอย (Queuing theory) ได้ถูกพัฒนาขึ้นในปี พ.ศ. 2453 โดย A.K. Erlang วิศวกรด้านโทรศัพท์[2] เพื่อแก้ปัญหาการรอคอยของผู้ใช้โทรศัพท์ที่กรุงโคเปนเฮเกน ประเทศเดนมาร์ค ทฤษฎีแถวคอย จึงมีความหมายคือ การศึกษาทางคณิตศาสตร์ของการรอในแถวคอย เพื่อที่จะทำนายหรือคาดการณ์ถึงเวลาที่ต้องรอและความยาวของแถวคอยที่เกิดขึ้น ดังนั้น ทฤษฎีแถวคอยจึงเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยในการบริหารจัดการระบบการให้บริการแก่ลูกค้า โดยเฉพาะการกำหนดจำนวนผู้ให้บริการ (Server)[3] เพราะเมื่อลูกค้ามาถึงแต่ยังไม่ได้รับบริการในทันทีจะเกิดการรอคอย ซึ่งสาเหตุมาอาจมาจากจำนวนผู้ให้บริการมีน้อยเกินไป มีผลทำให้ลูกค้าบางคนเปลี่ยนใจไม่เข้ารับบริการ เกิดการสูญเสียลูกค้า แต่ในทางกลับกัน ถ้าจำนวนผู้ให้บริการมีมาก ลูกค้าอาจไม่ต้องรอนาน แต่ผู้ประกอบการต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น

ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันมีผู้สนใจศึกษาและวิเคราะห์ระบบแถวคอย (Queuing system) การให้บริการกันอย่างแพร่หลาย ไม่ว่าจะเป็น การให้บริการลูกค้าในร้านสะดวกซื้อ โรงพยาบาล ธนาคาร เช่น นิธิภัทร กมลสุข[4] ได้ทำการวิเคราะห์ระบบแถวคอยของร้านเซเว่น-อีเลฟเวน (7-Eleven) สาขาเมืองไทย-ภัทร เพื่อหาจำนวนหน่วยบริการที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งพบว่า ชวงเวลาตั้งแต่ 7.30 – 9.30 น. ของแต่ละวัน จะมีลูกค้ารอรับบริการมากที่สุด จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบ 4 ระบบจากแบบจำลองสถานการณ์ ทำให้ทราบว่าหน่วยให้บริการ (Server units) ที่เหมาะสมที่สุด คือ 2 หน่วยบริการ และในปี ค.ศ. 2017 Nitayangini Jhala และ Pravin Bhathawala[5] ได้ประยุกต์ใช้ทฤษฎีแถวคอยในการเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการในร้านสะดวกซื้อ โดยการประมาณค่าระยะเวลาที่ลูกค้าใช้ในแถวคอยและจำนวนลูกค้าโดยเฉลี่ยในแถวคอย เพื่อใช้ในการกำหนดจำนวนช่องบริการและมีค่าใช้จ่ายอย่างเหมาะสม

ในปี พ.ศ. 2556 ปิยะดา แนวประณีต และ รัชนีกร สุ่มศรีสุวรรณ[6] ได้ทำการวิเคราะห์ระบบแถวคอยของคลินิกทันตกรรม คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เพื่อหาจำนวนทันตแพทย์ที่เหมาะสม จากศึกษาพบว่า เวลารอรับบริการโดยเฉลี่ยทั้งระบบเท่ากับ 128.69 นาที/คน ผู้วิจัยจึงทดลองเพิ่มทันตแพทย์จากเดิม 5 คน เป็น 6 คน ซึ่งทำให้เวลารอคอยเฉลี่ยลดลงและน้อยกว่าเวลารอคอยเฉลี่ยที่ผู้มารับบริการพึงพอใจ

Toshiba Sheikh, Sanjay Kumar Singh และ Anil Kumar Kashyap[7] ได้สร้างตัวแบบที่เหมาะสมเพื่อปรับปรุงระบบการให้บริการของธนาคารโดยใช้ทฤษฎีแถวคอย ซึ่งสามารถหาจำนวนช่องบริการที่เหมาะสมเพื่อลดค่าใช้จ่ายและลดระยะเวลาการรอคอยของลูกค้าได้ ในปีต่อมา ธนิญา ชนะเพีย และ พิริยา พุทธศรี[8] ได้ศึกษาระบบแถวคอยของธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร สาขาขอนแก่น โดยใช้ทฤษฎีแถวคอย ซึ่งพบว่า ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ผู้มารับบริการรอในแถวคอยมีค่าใกล้เคียงกับระยะเวลารอคอยเฉลี่ยที่ผู้มารับบริการพึงพอใจ แต่ถ้าเพิ่มหน่วยบริการจากเดิม 3 หน่วย เป็น 4 หน่วย จะทำให้เวลาในรอรับบริการเฉลี่ยในแถวคอยลดลง

ดังนั้น ในงานวิจัยนี้คณะผู้วิจัยจึงประยุกต์ใช้ทฤษฎีแถวคอยในการวิเคราะห์ระบบการให้บริการของธนาคารกรุงไทย สาขาเทสโก้โลตัส นวนคร เพื่อเป็นแนวทางในการลดเวลาที่ลูกค้ารอคอย (Waiting time) ให้น้อยที่สุด โดยเลือกศึกษาเฉพาะแผนกฝากเงิน ถอนเงิน โอนเงิน หรือชำระค่าบริการต่าง ๆ ซึ่งเป็นแผนกที่มีผู้มารับบริการเป็นจำนวนมากในแต่ละวัน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาระบบและขั้นตอนการให้บริการของธนาคาร

ดำเนินการศึกษาการให้ขั้นตอนการให้บริการด้านต่าง ๆ ของธนาคาร ได้แก่ บริการด้านเงินฝาก บริการตั๋วแลกเงิน บริการด้านบัตร บริการโอนเงินภายในประเทศ และบริการด้านสินเชื่อและเครดิต เพื่อสำรวจปัญหาแถวคอยที่เกิดขึ้น

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล

คณะผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการให้บริการที่มีปัญหาแถวคอยเกิดขึ้น โดยบันทึกจำนวนผู้มารับบริการต่อหน่วยเวลา และบันทึกเวลาในการให้บริการของพนักงานธนาคารในแต่ละเคาน์เตอร์ ในช่วงวันและเวลาที่มีปัญหาแถวคอยเกิดขึ้น

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 หาค่าเฉลี่ยของจำนวนผู้มารับบริการในแต่ละช่วงเวลา เพื่อเลือกช่วงวันและเวลาที่มีปัญหาในการรอรับบริการมากที่สุดมาวิเคราะห์ระบบแถวคอย

3.2 นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้มาทดสอบภาวะสารูปสนิทดี (Goodness of Fit Test) เพื่อทดสอบการแจกแจงของข้อมูลจำนวนผู้มารับบริการและเวลาในการให้บริการของพนักงานธนาคาร ว่าเป็นไปตามทฤษฎีแถวคอยหรือไม่ โดยใช้การทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square test) ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ตั้งสมมติฐาน H_0 : ความถี่ที่ได้จากการสังเกตเป็นไปตามที่คาดหมายไว้

H_1 : ความถี่ที่ได้จากการสังเกตไม่เป็นไปตามที่คาดหมายไว้

ขั้นตอนที่ 2 สถิติที่ใช้ทดสอบ $\chi^2 = \sum_{i=1}^{k} \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$

เมื่อ O_i คือ ความถี่ที่สังเกตได้ในกลุ่มที่ i

E_i คือ ความถี่ที่คาดหมายในกลุ่มที่ i โดยที่ $E_i = np_i$

n คือ ขนาดตัวอย่าง

p_i คือ ความน่าจะเป็นที่หน่วยตัวอย่างจะตกในกลุ่มที่ i

k คือ จำนวนกลุ่มของตัวแปรที่ต้องการศึกษา

ขั้นตอนที่ 3 ค่าวิกฤต $\chi^2_{\alpha, v}$ ด้วยองศาแห่งความเป็นอิสระ (Degree of Freedom)

$$v = k - m - 1$$

เมื่อ α คือ ระดับนัยสำคัญ และ m คือ จำนวนพารามิเตอร์

ขั้นตอนที่ 4 การตัดสินใจ จะปฏิเสธ H_0 เมื่อ $\chi^2 > \chi^2_{\alpha, v}$

จากการสังเกตของ A.K. Erlang พบว่า ความน่าจะเป็นที่ลูกค้าจะมาถึงมีการแจกแจงได้หลายแบบ แต่แบบที่นำมาใช้ในเรื่องตัวแบบแถวคอยจะเป็นการแจกแจงแบบปัวส์ซอง[9] (Poisson distribution) ซึ่งมีฟังก์ชันความน่าจะเป็น ดังนี้

$$P(X = x) = \frac{e^{-\lambda}\lambda^{x}}{x!},\ x = 0, 1, 2, \ldots \text{ และ } e = 2.71828 \text{ โดยประมาณ}$$

โดยที่ λ คือ ค่าเฉลี่ยของจำนวนลูกค้าที่มาถึงในช่วงเวลา ซึ่งคาดหวังและความแปรปรวน กำหนดโดย $E(x) = \lambda$ และ $V(x) = \lambda$

สำหรับการให้บริการของพนักงานได้ตั้งสมมติฐานไว้ว่า เวลาที่ใช้ไปในการให้บริการลูกค้าแต่ละรายมีการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential distribution) ซึ่งมีฟังก์ชันความน่าจะเป็น ดังนี้

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x},\ x > 0$$

โดยที่ λ คือ ค่าเฉลี่ยของเวลาในการให้บริการลูกค้าแต่ละราย ซึ่งค่าคาดหวังและความแปรปรวน กำหนดโดย

$$E(x) = \frac{1}{\lambda} \text{ และ } V(x) = \frac{1}{\lambda^2}$$

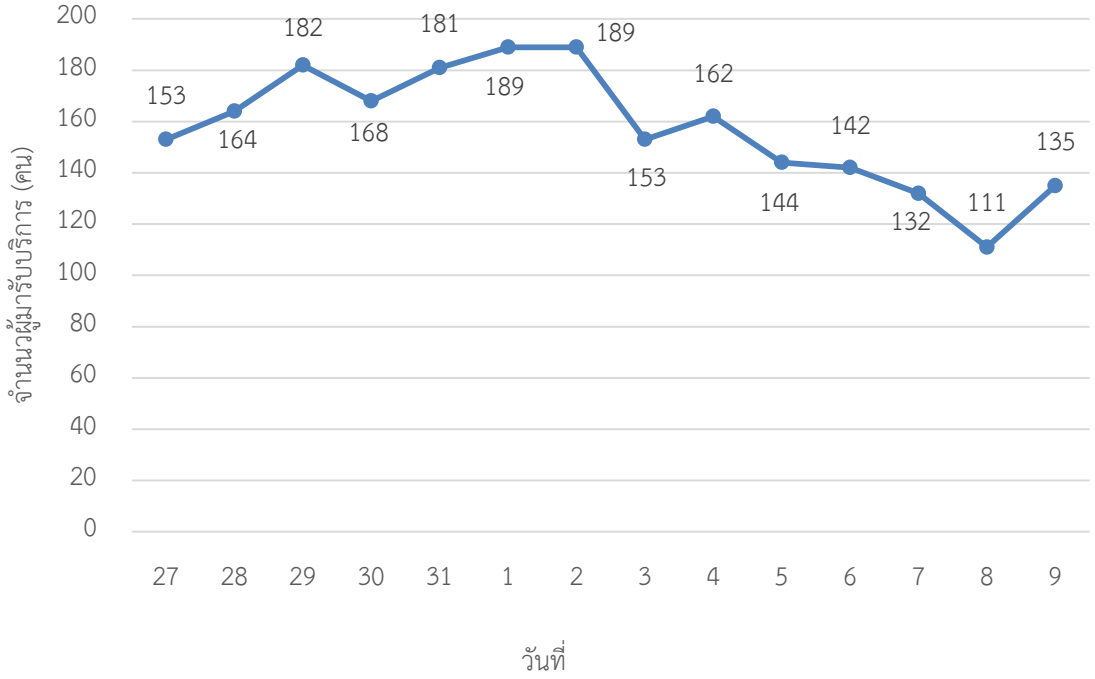
3.3 เลือกตัวแบบแถวคอยที่สอดคล้องกับระบบการให้บริการ เพื่อวิเคราะห์หาค่าวัดการดำเนินการ ได้แก่ ความน่าจะเป็นที่ระบบจะทำงาน ความน่าจะเป็นที่จะมีลูกค้า 0 คน ในระบบ จำนวนลูกค้าโดยเฉลี่ยในแถวคอย จำนวนลูกค้าโดยเฉลี่ยในระบบ ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ลูกค้าใช้ในแถวคอย และระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ลูกค้าใช้ในระบบ

3.4 นำเสนอแนวทางในการลดระยะเวลาการรอคอย พร้อมทั้งคำนวณค่าวัดการดำเนินการในระบบที่ทำการปรับปรุง เพื่อเปรียบเทียบกับระบบแถวคอยเดิม

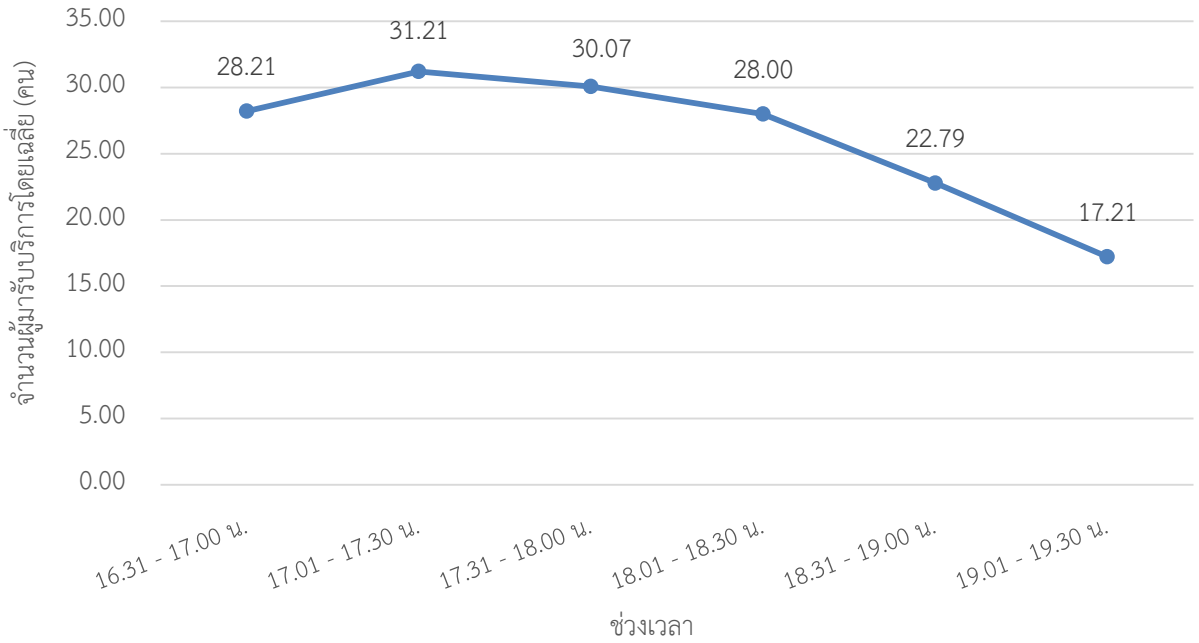
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาระบบและขั้นตอนการให้บริการของธนาคาร

จากการสำรวจข้อมูลเบื้องต้น พบว่า ผู้มารับบริการส่วนใหญ่จะทำธุรกรรมในแผนกฝากเงิน ถอนเงิน โอนเงิน หรือชำระค่าบริการต่าง ๆ ซึ่งมีเคาน์เตอร์ให้บริการแผนกนี้อยู่ 3 เคาน์เตอร์ โดยเฉพาะช่วงเวลา 16.30 – 19.30 น. จะมีผู้มารับบริการเป็นจำนวนมาก คณะผู้วิจัยจึงทำการนับจำนวนผู้มารับบริการฝากเงิน ถอนเงิน โอนเงิน หรือชำระค่าบริการต่าง ๆ ในช่วงเวลา 16.30 – 19.30 น. ของวันที่ 27 สิงหาคม 2561 ถึงวันที่ 9 กันยายน 2561 ดังรูปที่ 1 ซึ่งพบว่า วันที่มีผู้มารับบริการมากที่สุด คือ วันที่ 1 กันยายน 2561 และวันที่ 2 กันยายน 2561 จำนวน 189 คน รองลงมา คือ วันที่ 29 สิงหาคม 2561 จำนวน 182 คน เมื่อพิจารณาจำนวนผู้มารับบริการโดยเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลา ดังรูปที่ 2 พบว่า ช่วงเวลาที่มีผู้มารับบริการโดยเฉลี่ยมากที่สุด คือ ช่วงเวลา 17.01 – 17.30 น. จำนวน 31.21 คน รองลงมา คือ ช่วงเวลา 17.31 – 18.00 น. จำนวน 30.07 คน ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์ระบบแถวคอยในการให้บริการเฉพาะช่วงเวลา 16.30 – 18.30 น. ของวันที่ 29 สิงหาคม 2561 ถึงวันที่ 2 กันยายน 2561 เนื่องจากเป็นช่วงวันและเวลาที่มีผู้มารับบริการเป็นจำนวนมากและมีปัญหาแถวคอยเกิดขึ้น



รูปที่ 1 จำนวนผู้มารับบริการในช่วงเวลา 16.30 – 19.30 น. ของวันที่ 27 สิงหาคม 2561 ถึงวันที่ 9 กันยายน 2561



รูปที่ 2 จำนวนผู้มารับบริการโดยเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลาของวันที่ 27 สิงหาคม 2561 ถึงวันที่ 9 กันยายน 2561

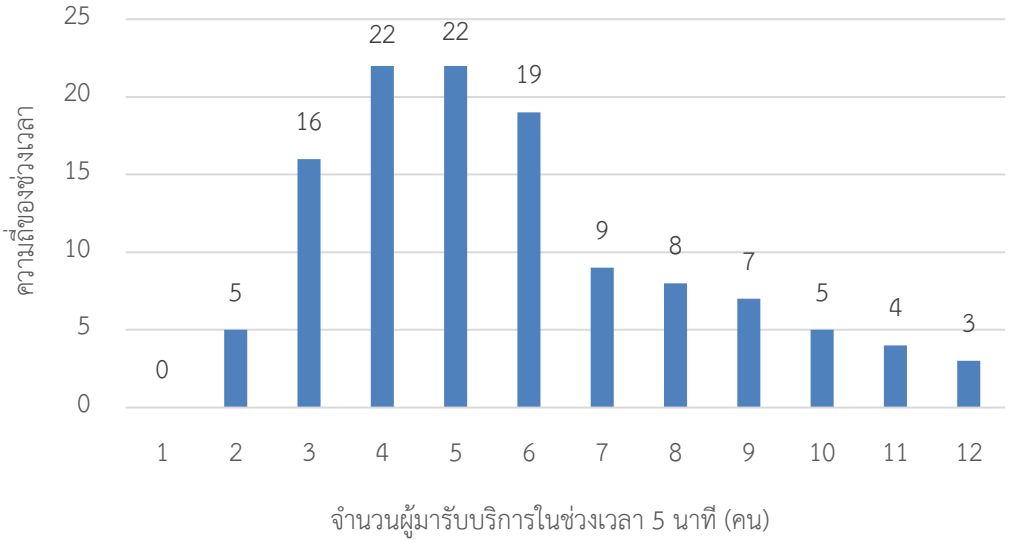
2. ผลการทดสอบภาวะสารูปสนิทดีของข้อมูล

2.1 จากข้อมูลจำนวนผู้มารับบริการในช่วงเวลา 5 นาที พบว่า จำนวนผู้มารับบริการ 4 คน และ 5 คน มีความถี่มากที่สุด คือ 22 ช่วงเวลา รองลงมา คือ จำนวนผู้มารับบริการ 6 คน มีความถี่ 19 ช่วงเวลา ดังรูปที่ 3

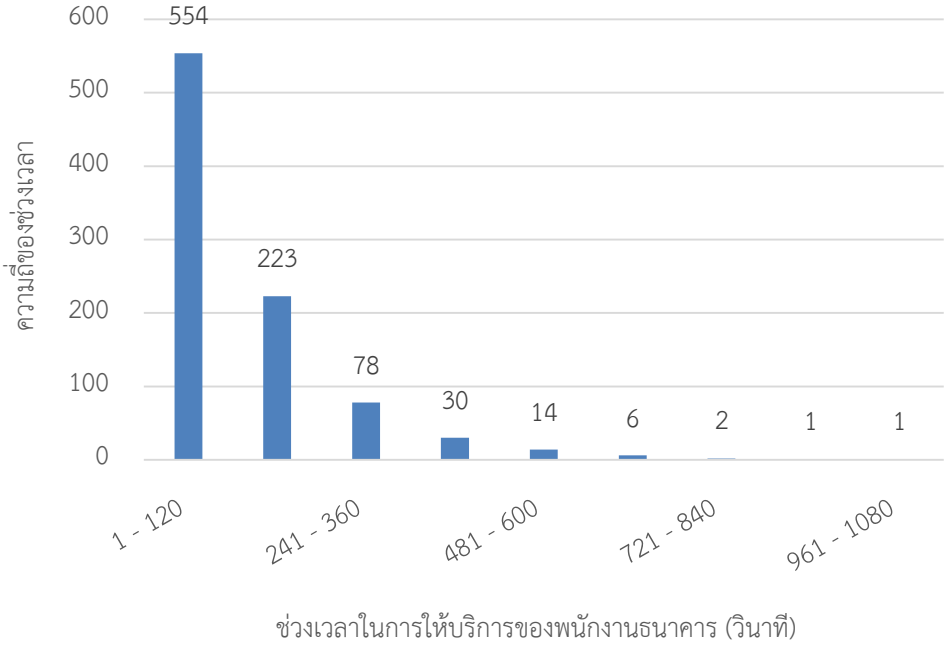
จากการทดสอบภาวะสารูปสนิทดีของข้อมูลจำนวนผู้มารับบริการ พบว่า จำนวนผู้มารับบริการในช่วงเวลา 5 นาที มีการแจกแจงแบบปัวส์ซอง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยค่าเฉลี่ย 5.75 คน/5 นาที หรือ 1.15 คน/นาที

2.2 จากข้อมูลช่วงเวลาในการให้บริการของพนักงานธนาคาร พบว่า จำนวนผู้มารับบริการ 4 คน และ 5 คน มีความถี่มากที่สุด คือ 22 ช่วงเวลา รองลงมา คือ จำนวนผู้มารับบริการ 6 คน มีความถี่ 19 ช่วงเวลา ดังรูปที่ 4

จากการทดสอบภาวะสารูปสนิทดีของข้อมูลจำนวนผู้มารับบริการ พบว่า ช่วงเวลาในการให้บริการของพนักงานธนาคารมีการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยค่าเฉลี่ย 0.44 คน/นาที



รูปที่ 3 ความถี่ของช่วงเวลาที่มีผู้มารับบริการในช่วงเวลา 5 นาที



รูปที่ 4 ความถี่ของช่วงเวลาในการให้บริการของพนักงานธนาคาร

3. ผลการวิเคราะห์ระบบแถวคอยในการให้บริการ

จากข้อมูลระบบแถวคอยการให้บริการที่เก็บรวบรวมได้ในช่วงเวลา 16.30 – 18.30 น. ของวันที่ 29 สิงหาคม 2561 ถึงวันที่ 2 กันยายน 2561 พบว่า การมารับบริการของลูกค้าเป็นแบบสุ่ม (Random) มีการแจกแจงแบบปัวส์ซอง ด้วยอัตราเฉลี่ย

1.15 คน/นาที การให้บริการของพนักงานเป็นแบบสุ่มมีการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียล ด้วยอัตราเฉลี่ย 0.44 คน/นาที มีหน่วยให้บริการจำนวน 3 หน่วย แต่ละหน่วยบริการมีขั้นตอนเดียว การให้บริการเป็นแบบมาก่อนได้รับบริการก่อน (First come, first serve: FCFS) ความยาวของแถวคอยมีไม่จำกัด และจำนวนลูกค้ามีไม่จำกัด ซึ่งมีลักษณะสอดคล้องกับตัวแบบแถวคอย M/M/3 โดยที่ $\lambda = 1.15$ และ $\mu = 0.44$

จากตัวแบบแถวคอยดังกล่าวสามารถวิเคราะห์ระบบแถวคอยได้จากสมการต่อไปนี้

1. ความน่าจะเป็นที่ระบบจะทำงาน $\rho = \frac{\lambda}{s\mu} < 1$
2. ความน่าจะเป็นที่จะมีลูกค้า 0 คนในระบบ $P_0 = \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{s-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!}\right] + \left[\frac{(\lambda/\mu)^s}{s!} \cdot \frac{s\mu}{(s\mu-\lambda)}\right]}$
3. ความน่าจะเป็นที่จะมีลูกค้า n คนในระบบ $P_n = \begin{cases} P_0 \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!}; 0 \le n \le s-1 \\ P_0 \frac{(\lambda/\mu)^n}{s!\, s^{n-s}}; n \ge s \end{cases}$
4. จำนวนลูกค้าโดยเฉลี่ยในแถวคอย $L_q = P_0 \frac{(\lambda/\mu)^s \rho}{s!(1-\rho)^2}$
5. จำนวนลูกค้าโดยเฉลี่ยในระบบ $L_s = L_q + \frac{\lambda}{\mu}$
6. ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ลูกค้าใช้ในแถวคอย $W_q = \frac{L_q}{\lambda}$
7. ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ลูกค้าใช้ในระบบ $W_s = W_q + \frac{1}{\mu}$

จากการวิเคราะห์ระบบแถวคอย พบว่า ความน่าจะเป็นที่ระบบจะทำงาน คือ 0.87 ความน่าจะเป็นที่จะมีลูกค้า 0 คนในระบบ คือ 0.03 จำนวนลูกค้าโดยเฉลี่ยในแถวคอย คือ 5.19 คน/นาที จำนวนลูกค้าโดยเฉลี่ยในระบบ คือ 7.80 คน/นาที ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ลูกค้าใช้ในแถวคอย คือ 4.51 นาที/คน และระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ลูกค้าใช้ในระบบ คือ 6.78 นาที/คน

4. ผลการปรับปรุงระบบแถวคอยในการให้บริการ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลระบบแถวคอยการให้บริการที่เก็บรวบรวมได้ในช่วงเวลา 16.30 – 18.30 น. ของวันที่ 29 สิงหาคม 2561 ถึงวันที่ 2 กันยายน 2561 พบว่า ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ลูกค้าใช้ในแถวคอย คือ 4.51 นาที/คน และระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ลูกค้าใช้ในระบบ คือ 6.78 นาที/คน ดังนั้น ถ้าทำการเพิ่มหน่วยให้บริการอีก 1 หน่วย ในช่วงวันและเวลาดังกล่าว จะทำให้ระยะเวลาในการรอคอยลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับระบบเดิม ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบการวิเคราะห์ระบบแถวคอยของระบบเดิมกับระบบปรับปรุง

ค่าวัดการดำเนินการ	การวิเคราะห์ระบบแถวคอย	
	ระบบเดิม	ระบบปรับปรุง
ความน่าจะเป็นที่ระบบจะทำงาน	0.87	0.65
ความน่าจะเป็นที่จะมีลูกค้า 0 คนในระบบ	0.03	0.06
จำนวนลูกค้าโดยเฉลี่ยในแถวคอย (คน/นาที)	5.19	0.68
จำนวนลูกค้าโดยเฉลี่ยในระบบ (คน/นาที)	7.80	3.29
ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ลูกค้าใช้ในแถวคอย (นาที/คน)	4.51	0.59
ระยะเวลาโดยเฉลี่ยที่ลูกค้าใช้ในระบบ (นาที/คน)	6.78	2.86

สรุป

จากการวิเคราะห์ระบบแถวคอยการให้บริการของธนาคารกรุงไทย สาขาเทสโก้โลตัส นวนคร ในแผนกฝากเงิน ถอนเงิน โอนเงิน หรือชำระค่าบริการต่าง ๆ โดยใช้ข้อมูลในช่วงต้นเดือนตั้งแต่เวลา 16.30 – 18.30 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีปัญหาการรอคอยของลูกค้ามากที่สุด พบว่า การมารับบริการของลูกค้ามีการแจกแจงแบบปัวส์ซองด้วยอัตราเฉลี่ย 1.15 คน/นาที การให้บริการของพนักงานมีการแจกแจงแบบเอกซ์โพเนนเชียลด้วยอัตราเฉลี่ย 0.44 คน/นาที มีหน่วยให้บริการจำนวน 3 หน่วย แต่ละหน่วยบริการมีขั้นตอนเดียว การให้บริการเป็นแบบมาก่อนได้รับบริการก่อน ความยาวของแถวคอยมีไม่จำกัด และจำนวนลูกค้ามีไม่จำกัด ซึ่งสอดคล้องกับตัวแบบแถวคอย M/M/3 เมื่อทำการวิเคราะห์ระบบแถวคอยโดยใช้ทฤษฎีแถวคอย พบว่า มีลูกค้าโดยเฉลี่ยในแถวคอยจำนวน 5.19 คน/นาที ซึ่งลูกค้าแต่ละคนใช้เวลาโดยเฉลี่ยในระบบ 4.51 นาที/คน และมีลูกค้าโดยเฉลี่ยในระบบจำนวน 7.80 คน/นาที ซึ่งลูกค้าแต่ละคนใช้เวลาโดยเฉลี่ยในระบบ 6.78 นาที/คน จากข้อมูลนี้สามารถนำไปปรับปรุงระบบการให้บริการของธนาคาร โดยการเพิ่มหน่วยให้บริการอีก 1 หน่วย ในช่วงวันและเวลาดังกล่าว ซึ่งทำให้ระยะเวลาในการรอคอยลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับระบบเดิม

เอกสารอ้างอิง

1. ศูนย์สำรวจความคิดเห็น “นิด้าโพล”. การใช้บริการธนาคารของคนไทย [อินเทอร์เน็ต]. 2556. [สืบค้นเมื่อวันที่ 20 มี.ค. 2562] จาก: http://nidapoll.nida.ac.th/index.php?op=polls-detail&id=195
2. ปานวิทย์ ธุวะนุติ. ทฤษฎีแถวคอย [อินเทอร์เน็ต]. 2556. [สืบค้นเมื่อวันที่ 21 มี.ค. 2562] จาก: http://academic.udru.ac.th/~banyat/Thesis/Refs/99410-5-1.pdf
3. สุทธิมา ชำนาญเวช. การวิเคราะห์เชิงปริมาณ. กรุงเทพฯ: วิทยพัฒน์; 2552.
4. นิธิภัทร กมลสุข. การวิเคราะห์ระบบแถวคอย: กรณีศึกษา ร้าน 7-Eleven สาขาเมืองไทย-ภัทร. วารสารวิทยาการจัดการและสารสนเทศศาสตร์. 2554; 7(1): 66–78.
5. Nitayangini J, Pravin B. Analysis and Application of Queuing Theory in Supermarkets. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. 2017; 6(9): 17974–9.
6. ปิยะดา แนวประณีต, รัชนีกร สุ่มศรีสุวรรณ. การศึกษาระบบแถวคอยโดยใช้ทฤษฎีแถวคอย กรณีศึกษา: คลินิกทันตกรรม คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น [The study of queuing system with queuing theory: A case study of the dental clinic, Faculty of Dentistry, Khon Kaen University] [ปริญญาบัณฑิต]. [ขอนแก่น]: มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2556.
7. Toshiba S, Sanjay KS, Anil KK. A Study of Queuing Model for Banking System. International Journal of Industrial Engineering and Technology 2013; 5(1): 21–26.
8. ธนิญา ชนะเพีย, พิริยา พุทธศรี. ระบบแถวคอยโดยใช้ทฤษฎีแถวคอย กรณีศึกษา: ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร สาขาขอนแก่น [The queuing system by using the queuing theory case study: Bank for Agriculture and Agricultural Co-operatives, Khon Kaen branch] [ปริญญาบัณฑิต]. [ขอนแก่น]: มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2557.
9. สุปัญญา ไชยชาญ. การวิเคราะห์เชิงปริมาณ ฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพฯ: พี.เอ.ลีฟวิ่ง; 2546.

[AS-P51] การวิเคราะห์หาสารสำคัญของสารสกัดจากหัวกวาวเครือขาว โดยใช้เครื่องไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ลิควิดโครมาโทกราฟี

Analysis of Major Compounds from *Pueraria mirifica* Tuber Extracts Using High Performance Liquid Chromatography

ปรานอม ขาวเมฆ* และ ภัทรภร ชอบประดิถ
Pranorm Khaomek* and Pattraporn Chobpradit
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: pranorm.k@rsu.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสม ในการวิเคราะห์หาสารสำคัญที่มีปริมาณมากที่สุด 5 ชนิด ของสารสกัดจากหัวกวาวเครือขาวที่มีแหล่งเพาะปลูกต่างกัน โดยใช้เครื่องไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ลิควิดโครมาโทกราฟี พบว่าตัวพาผสมที่ให้ผลการแยกดีที่สุดคือ 1.5 % กรดแอซิติกในน้ำ และ แอซิโตไนไทล์ ที่อัตราส่วน 100 : 0 ถึง 55 : 45 ภายในเวลา 37 นาที ที่มีอัตราการไหล 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที ใช้คอลัมน์เป็น C_{18} อุณหภูมิของคอลัมน์ 35 องศาเซลเซียส ตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร จากการศึกษาพบว่า สารสกัดหัวกวาวเครือขาวจากจังหวัดสระบุรีส่วนมากมีปริมาณสารสำคัญมากกว่าจากจังหวัดเชียงใหม่ ส่วนการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH โดยใช้วิตามินซีเป็นสารเปรียบเทียบ พบว่าสารสกัดหัวกวาวเครือขาวจากจังหวัดสระบุรีมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (IC_{50} เท่ากับ 58.58 พีพีเอ็ม) ดีกว่าสารสกัดจากหัวกวาวเครือขาวจากจังหวัดเชียงใหม่ (IC_{50} มากกว่า 500 พีพีเอ็ม) ในขณะที่วิตามินซีมีค่า IC_{50} เท่ากับ 2.45 พีพีเอ็ม

คำสำคัญ: *กวาวเครือขาว ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เครื่องไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ลิควิดโครมาโทกราฟี*

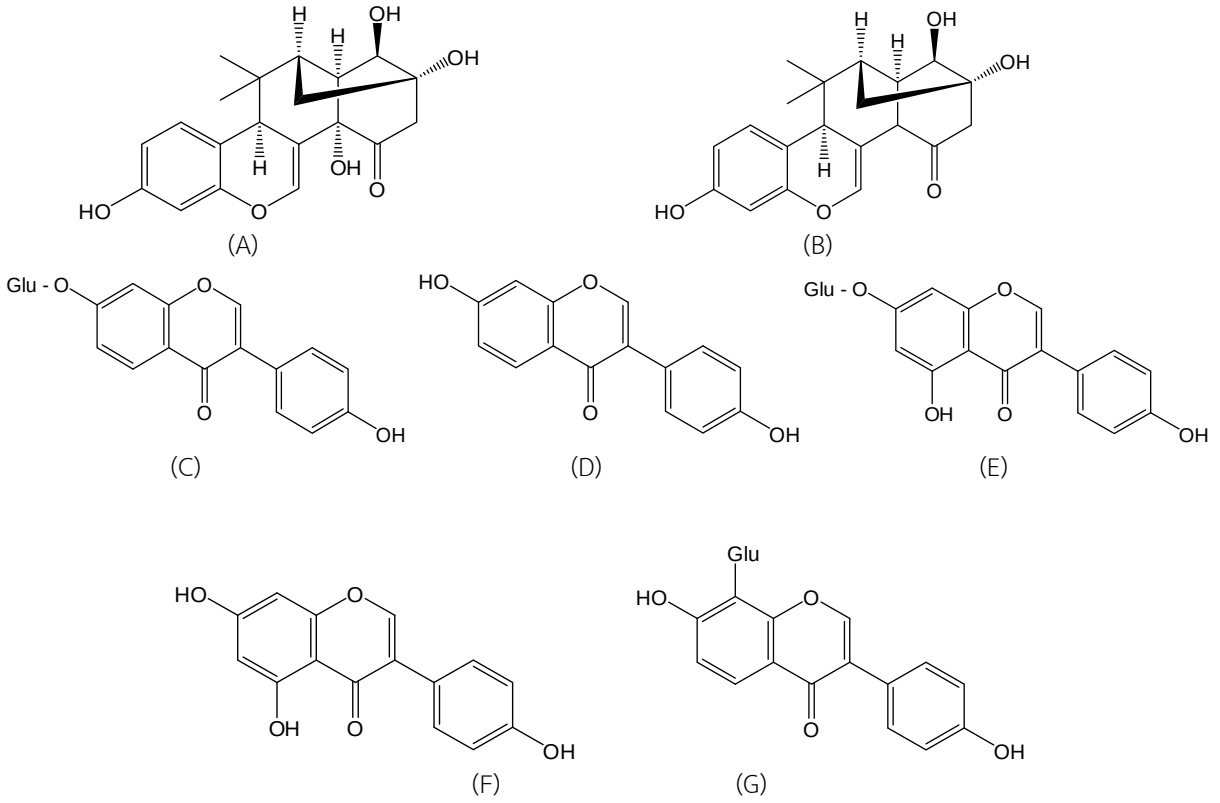
Abstract

In this research, the optimum condition for the analysis of five major compounds from *Pueraria mirifica* tubers from two sources using high performance liquid chromatography (HPLC) was investigated. It was found that the best condition of HPLC composed of 1.5% Acetic acid in water and acetonitrile in the ratio of 100 : 0 to 55 : 45. It was performed in C_{18} column within 37 min under the flow rate of 1.0 mL/min, column temperature of 35 $^{\circ}$C and absorption wavelength at 254 nm. From the comparative study, the extracts from Saraburi Province showed greater amount than that from Chiang-mai Province. For the antioxidant activity of *Pueraria mirifica* tuber extracts from Saraburi and Chiang-mai provinces were determined using free radical scavenging method (DPPH method) compare with the standard solution of vitamin C. We found that *Pueraria mirifica* tuber extracts from Saraburi province showed higher antioxidant activity than Chiang-mai province with DPPH at IC_{50} of 58.58 ppm and more than 500 ppm, respectively. While vitamin C, as the control, showed IC_{50} of 2.45 ppm.

Keywords: *Pueraria mirifica*, antioxidant activity, DPPH method, HPLC analysis

บทนำ

กวาวเครือ [1,2] เป็นสมุนไพรพื้นบ้านของไทยที่มีชื่อเสียงมานาน นิยมใช้เพื่อบำรุงฮอร์โมนภายในร่างกาย แต่ส่วนใหญ่แล้วกวาวเครือไม่ได้ใช้เป็นตัวยาเดี่ยว ๆ ต้องใช้ร่วมกับยาสมุนไพรชนิดอื่น ๆ จึงจะให้ประโยชน์มากกว่าโทษ กวาวเครือมี 3 ประเภทคือ กวาวเครือแดง กวาวเครือดำ และกวาวเครือขาว กวาวเครือขาวจัดเป็นสมุนไพรควบคุม (รวมทั้งกวาวเครือแดงและกวาวเครือดำ) มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ กวาวเครือขาวจัดเป็นพืชตระกูลถั่วพบตามป่าเบญจพรรณ มีจำนวนมากในภาคเหนือของประเทศไทย ออกดอกเป็นช่อ ดอกของกวาวเครือขาวจะมีสีม่วงขนาดเล็ก ออกดอกในช่วงเดือนมีนาคม มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Pueraria mirifica* Graham ex Benth. var mirifica จัดอยู่ในวงศ์ Leguminosae กวาวเครือขาวได้รับความสนใจเนื่องจากมีสารที่มีโครงสร้างทางเคมีและออกฤทธิ์คล้ายฮอร์โมนเพศหญิง (Estrogenic activity) เรียกว่า Phytoestrogen คือ สารกลุ่ม chromene ได้แก่ miroestrol และ deoxymiroestrol [3-4] นอกจากนั้นยังมีสารอินทรีย์ประเภท isoflavonoids ที่พบในหัวของกวาวเครือขาวมีทั้งหมด 5 ชนิด คือ daidzin daidzein genistin genistein และ puerarin (โครงสร้างแสดงดังภาพที่ 1) [5-7] สารทั้ง 5 ชนิดที่กล่าวมานั้นทำให้สารสกัดจากหัวของกวาวเครือขาวมีฤทธิ์คล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจน ซึ่งเป็นฮอร์โมนเพศหญิงและมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดย genistein และ puerarin จะพบมากในหัวของกวาวเครือขาว มีการวิจัยถึงฤทธิ์ของกวาวเครือขาวต่อสุขภาพของสตรี ซึ่งเน้นประโยชน์เพื่อช่วยลดอาการของสตรีวัยหมดประจำเดือน โดยมีการศึกษาฤทธิ์ของกวาวเครือขาวต่อการลดอาการร้อนวูบวาบ [8] ลดภาวะกระดูกพรุน [9-10] มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและช่วยในเรื่องของความจำและการเรียนรู้ [11] และมีผลช่วยลดอาการช่องคลอดแห้งในสตรีวัยหมดประจำเดือนได้ [12]



ภาพที่ 1 โครงสร้างของสารต่างๆ (A) miroestrol, (B) deoxymiroestrol, (C) daidzin, (D) daiazein, (E) genistin, (F) genistein และ (G) puerarin

กวาวเครือขาว [1-2] เป็นไม้เถาเนื้อแข็งอายุหลายปี มีหัวใต้ดินขนาดใหญ่ ส่วนใบประกอบแบบขนนกมีใบย่อย 3 ใบเรียงสลับ ขนาดของใบกว้าง 8-14 เซนติเมตร ยาว 12-20 เซนติเมตร ปลายใบมีลักษณะเรียวแหลมโคนใบมีลักษณะเป็นรูปลิ่มหรือตัด

ดอกช่อของกวาวเครือขาวจะแยกแขนงออกที่ซอกใบและปลายกิ่ง มีความยาวได้ถึง 30 เซนติเมตร ผลจะมีลักษณะเป็นฝักรูปขอบขนาน มีขนาดความกว้างถึง 7 มิลลิเมตร ยาวได้ถึง 3 เซนติเมตร ผิวของผลจะมีขน เมล็ดมีลักษณะคล้ายโล่ แบน มีสีม่วงแกมน้ำตาล กวาวเครือขาวมีฤทธิ์เป็นยาสมุนไพร หัวของกวาวเครือขาวมีสรรพคุณบำรุงเนื้อหนังให้เต่งตึง แก้อาการปวดเมื่อยตามร่างกาย แก้อาการอ่อนเพลีย ผอมแห้ง นอนไม่หลับ กวาวเครือขาวมีฮอร์โมนเพศหญิงสูง ใช้ทาหรือรับประทานสามารถทำให้เต้านมขยายตัว เส้นผมดกดำ เป็นยาปรับรอบเดือน บำรุงความกำหนัด บำรุงอวัยวะสืบพันธุ์ให้เจริญ แก้โรคตาฟาง ต้อกระจก ทำให้ความจำดี บำรุงโลหิต ผิวหนังเต่งตึงมีน้ำมีนวล ถ้ารับประทานเกินขนาดจะเป็นอันตรายได้ ส่งผลทำให้มีอาการมึนเมา คลื่นไส้อาเจียน อาจทำให้แท้งบุตรได้ เปลือกของเถากวาวเครือขาวสามารถแก้พิษงูได้ ในพม่าจะใช้หัวของกวาวเครือขาวเป็นยาอายุวัฒนะของทั้งหญิงและชาย แต่ไม่เหมาะกับคนหนุ่มสาวโดยเฉพาะหญิงวัยเจริญพันธุ์ [11-12]

มีงานวิจัยที่วิเคราะห์หาสารสำคัญที่เป็นองค์ประกอบหลัก [5-6] จากสารสกัดของหัวกวาวเครือขาวโดยใช้เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) พบว่า การนำสารสกัดเมทานอลของกวาวเครือขาวจาก 28 จังหวัดในประเทศไทย ได้แก่ กาญจนบุรี ลำปาง เชียงใหม่ สกลนคร แม่ฮ่องสอน อุทัยธานี สุโขทัย ลำพูน ตาก สระบุรี ราชบุรี พิษณุโลก เพชรบุรี แพร่ ลพบุรี ชัยภูมิ อุตรดิตถ์ นครสวรรค์ เชียงราย หนองบัวลำพู พะเยา ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร ปราจีนบุรี เพชรบูรณ์ นครราชสีมา กำแพงเพชร น่าน และกวาวเครือขาวจากเมืองกวางโจว ประเทศจีน มาวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง HPLC ที่ใช้ mobile phase เป็น 1.5% acetic acid : acetonitrile อัตราส่วน 100 : 0 ถึง 55 : 45 เปอร์เซ็นต์ ที่ความยาวคลื่น 254 nm และใช้ C18 column พบว่า สารสำคัญที่พบในกวาวเครือขาวทั้ง 5 ชนิดคือ daidzin, daidzein, genistin, genistein และ puerarin ที่ได้จากแหล่งกำเนิดที่แตกต่างกันนั้น จะมีผลทำให้มีปริมาณของ daidzein แตกต่างกันเล็กน้อย และเมื่อนำสารสกัดทั้งหมดไปวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยใช้ 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) พบว่า puerarin และ daidzein ที่เป็นสารองค์ประกอบหลักของไอโซฟลาโวนอยด์ในกวาวเครือขาว มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าวิตามินอี (α-tocopherol) ในขณะที่ genistin มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุด และ ในปี ค.ศ. 2010 Chen [12] ได้ทำการวิเคราะห์สารสกัดจากรากของกวาวเครือขาวจากประเทศไต้หวันโดยใช้เครื่อง HPLC ใช้ mobile phase คือ glacial acetic acid/water และ glacial acetic acid/acetonitrile ใช้ ODS-AM-303 column ในการวิเคราะห์ พบสารสำคัญในกวาวเครือขาวทั้ง 5 ชนิด (daidzin, daidzein, genistin, genistein และ puerarin) โดยพบว่าในรากกวาวเครือขาวมี puerarin มากที่สุดรองลงมาคือ diadzin, genistin, daidzein และ genistein ตามลำดับ

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจะพบว่า สารสำคัญที่พบในกวาวเครือขาวทั้ง 5 ชนิด สามารถวิเคราะห์หาปริมาณได้โดยการใช้เครื่อง HPLC ซึ่งใช้ตรวจสอบ และควบคุมคุณภาพของสารที่สกัดก่อนนำไปใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอางได้ งานวิจัยนี้เกิดจากผู้ประกอบการรายย่อย (SME) ที่มาปรึกษาถึงวิธีการสกัดสารจากหัวของกวาวเครือขาวที่ใช้เป็นวัตถุดิบ เพื่อผสมในเครื่องสำอาง โดยผู้ประกอบการประสบปัญหาการควบคุมคุณภาพของสารสกัด โดยเฉพาะการวิเคราะห์หาปริมาณของสารสำคัญที่เป็นองค์ประกอบหลัก (Major compounds) จากสารสกัดของหัวกวาวเครือขาวที่สกัดได้ งานวิจัยนี้จึงได้ทำการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์สารสำคัญที่เป็นองค์ประกอบหลักที่พบในหัวของกวาวเครือขาว ทั้ง 5 ชนิด คือ daidzin daidzein genistin genistein และ puerarin โดยใช้เครื่อง HPLC เพื่อใช้เป็นวิธีมาตรฐานที่สามารถนำไปวิเคราะห์ และควบคุมคุณภาพของสารสกัดจากหัวกวาวเครือขาวที่มีแหล่งกำเนิดแตกต่างกัน นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ทำการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากหัวกวาวเครือขาวที่มีแหล่งกำเนิดแตกต่างกัน เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการนำสารสกัดไปใช้ประโยชน์ต่อไปในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

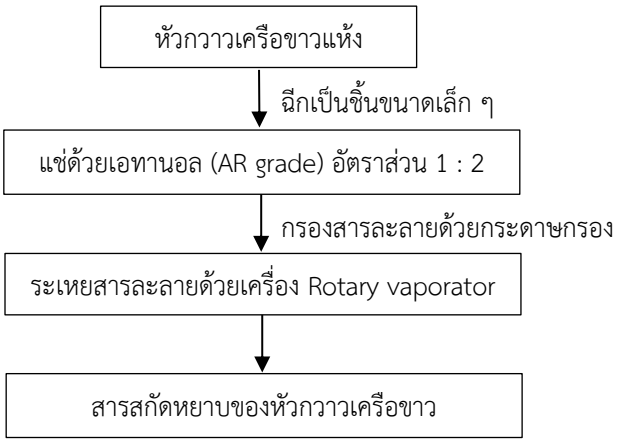
1. วิธีการสกัดสารจากหัวกวาวเครือขาวแห้ง

1.1 นำหัวกวาวเครือขาวแห้ง 1 กิโลกรัม จากจังหวัดสระบุรี และจังหวัดเชียงใหม่มาฉีกเป็นชิ้นเล็กๆ (เก็บประมาณมีนาคม –เมษายน และ สิงหาคม-กันยายน 2560)

1.2 เมื่อได้หัวกวาวเครือขาวแห้งชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำมาแช่ด้วยเอทานอล (AR grade) โดยใช้อัตราส่วนระหว่างหัวกวาวเครือขาวแห้งต่อเอทานอลเท่ากับ 1 : 2 ที่อุณหภูมิห้อง โดยการแช่ 3 ครั้ง ครั้งละประมาณ 2-3 วัน

1.3 ทำการกรองสารสกัดที่ได้จากหัวกวาวเครือขาวผ่านกระดาษกรองแล้วจึงนำไประเหยตัวทำละลายออกโดยใช้เครื่อง Rotary evaporator

1.4 ทำการทดลองในข้อ 1.2-1.3 ซ้ำ 3 ครั้ง จะได้สารสกัดหยาบหัวกวาวเครือขาวแห้ง (2.54 % yield)



ภาพที่ 2 การเตรียมตัวอย่างจากหัวกวาวเครือขาวแห้ง

2. การเตรียมตัวอย่างเพื่อนำไปหาสภาวะที่เหมาะสมโดยใช้เครื่อง HPLC

2.1 นำสารสกัดของหัวกวาวเครือขาวแห้งน้ำหนัก 0.30 g ละลายใน propylene glycol 2.70 g จะได้น้ำหนักของสารตัวอย่าง 3.00 g (ใช้ propylene glycol ตามที่ต้องการนำไปใช้จริงในเครื่องสำอาง)

2.2 นำสารตัวอย่างกรองผ่าน micro membrane (ไนลอน 0.22 ไมครอน) ใส่ขวดฝาเกลียวขนาด 2 mL

2.3 นำสารตัวอย่างที่ผ่านการกรองแล้วไปวิเคราะห์หาสภาวะที่เหมาะสมโดยใช้เครื่อง HPLC

3. การหาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง HPLC

หาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC โดยการหาอัตราส่วนของเฟสเคลื่อนที่ (Mobile phase) ดังนี้

3.1 อัตราการไหล 1.0 mL/min โดยใช้คอลัมน์เป็น C18 อุณหภูมิของคอลัมน์ 35 $^{\circ}$C ที่ความยาวคลื่น 254 nm แบบ Gradient elution ระหว่างสาร A (1.5 % Acetic acid/H_2O) และสาร B (Acetonitrile) อัตราส่วนเริ่มต้นคือ A : B นาทีที่ 0.10 เท่ากับ 100 : 0 จนถึงนาทีที่ 45 จึงทำการลด Polarity ของสาร A : B เป็นอัตราส่วน 55 : 45 ทำการทดลองเป็นเวลาทั้งหมด 47 นาที

3.2 อัตราการไหล 1.0 mL/min โดยใช้คอลัมน์เป็น C18 อุณหภูมิของคอลัมน์ 35 $^{\circ}$C ที่ความยาวคลื่น 254 nm แบบ Gradient elution ระหว่างสาร A (1.5 % Acetic acid/H_2O) และสาร B (Acetonitrile) อัตราส่วนเริ่มต้นคือ A : B นาทีที่ 0.10-4 เท่ากับ 100 : 0 นาทีที่ 4.10 เท่ากับ 90 : 10 นาทีที่ 17-20 เท่ากับ 80 : 20 นาทีที่ 25-30 เท่ากับ 75 : 25 นาทีที่ 30.10 เท่ากับ 70 : 30 นาทีที่ 48 เท่ากับ 55 : 45 ทำการทดลองเป็นเวลาทั้งหมด 50 นาที

3.3 อัตราการไหล 1.0 mL/min โดยใช้คอลัมน์เป็น C18 อุณหภูมิของคอลัมน์ 35 $^{\circ}$C ที่ความยาวคลื่น 254 nm แบบ Gradient elution ระหว่างสาร A (1.5 % Acetic acid/H_2O) และสาร B (Acetonitrile) อัตราส่วนเริ่มต้นคือ A : B นาทีที่

0.10-4 เท่ากับ 100 : 0 นาทีที่ 4.10 เท่ากับ 80 : 20 นาทีที่ 17-20 เท่ากับ 75 : 25 นาทีที่ 25 เท่ากับ 65 : 35 นาทีที่ 30 เท่ากับ 55 : 45 ทำการทดลองเป็นเวลาทั้งหมด 32 นาที

3.4 อัตราการไหล 1.0 mL/min โดยใช้คอลัมน์เป็น C18 อุณหภูมิของคอลัมน์ 35 °C ที่ความยาวคลื่น 254 nm แบบ Gradient elution ระหว่างสาร A (1.5 % Acetic acid/H_2O) และสาร B (Acetonitrile) อัตราส่วนเริ่มต้นคือ A : B นาทีที่ 0.10-4 เท่ากับ 100 : 0 นาทีที่ 4.10-17 เท่ากับ 80 : 20 นาทีที่ 20 เท่ากับ 75 : 25 นาทีที่ 25 เท่ากับ 70 : 30 นาทีที่ 30 เท่ากับ 65 : 35 นาทีที่ 31 เท่ากับ 55 : 45 ทำการทดลองเป็นเวลาทั้งหมด 33 นาที

3.5 อัตราการไหล 1.0 mL/min โดยใช้คอลัมน์เป็น C18 อุณหภูมิของคอลัมน์ 35 °C ที่ความยาวคลื่น 254 nm แบบ Gradient elution ระหว่างสาร A (1.5 % Acetic acid/H_2O) และสาร B (Acetonitrile) อัตราส่วนเริ่มต้นคือ A : B นาทีที่ 0.10-4 เท่ากับ 100 : 0 นาทีที่ 4.10 เท่ากับ 90 : 10 นาทีที่ 17 เท่ากับ 85 : 15 นาทีที่ 20 เท่ากับ 80 : 20 นาทีที่ 25 เท่ากับ 75 : 25 นาทีที่ 30 เท่ากับ 70 : 30 นาทีที่ 35 เท่ากับ 55 : 45 ทำการทดลองเป็นเวลาทั้งหมด 37 นาที

4. หาปริมาณสาระสำคัญจากสารสกัดของหัวกวาวเครือขาว[5] จากแหล่งกำเนิดต่างกัน

เมื่อได้สภาวะที่เหมาะสมแล้ว จึงทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญจากสารสกัดของหัวกวาวเครือขาวจากแหล่งกำเนิดต่างกัน คือสารสกัดของหัวกวาวเครือขาวจากจังหวัดสระบุรี และสารสกัดของหัวกวาวเครือขาวจากจังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้สารละลายมาตรฐาน diadzin ในการเทียบกับสารชนิดอื่นๆ ที่เคยมีรายงานไว้แล้ว [5]

5. การหาความยาวคลื่นที่ DPPH สามารถดูดกลืนแสงได้ดีที่สุด[13]

นำสารละลาย 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ความเข้มข้น 0.10 mM มาวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่อง UV-Visible spectroscopy ที่ความยาวคลื่น 400-800 nm เพื่อหาความยาวคลื่นที่เหมาะสมที่สารละลาย DPPH สามารถดูดกลืนแสงได้ดีที่สุด

6. การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH [13]

6.1 เตรียมสารละลาย DPPH ที่ความเข้มข้น 0.10 mM โดยทำการชั่ง DPPH 0.0390 g ปรับปริมาตรด้วยเมทานอลให้ได้ปริมาตร 1000.00 mL ในขวดวัดปริมาตร

6.2 เตรียมสารละลายตัวอย่างจากสารสกัดของหัวกวาวเครือขาว โดยชั่งสารสกัดหยาบของหัวกวาวเครือขาว 0.0250 g ปรับปริมาตรด้วยเมทานอลจนมีปริมาตร 50.00 mL ในขวดวัดปริมาตรจะได้สารละลายตัวอย่างเข้มข้น 500 ppm

6.3 เตรียมสารละลายตัวอย่างวิตามินซีโดยชั่งสารวิตามินซี 0.0250 g ปรับปริมาตรด้วยเมทานอลจนสารละลายมีปริมาตร 50.00 mL ในขวดวัดปริมาตรจะได้สารละลายตัวอย่างเข้มข้น 500 ppm

6.4 นำสารละลายตัวอย่างมาเจือจางให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 50 70 90 110 และ 130 ppm ปรับปริมาตรด้วยเมทานอลจนสารละลายมีปริมาตร 5.00 mL ในขวดวัดปริมาตร

6.5 นำสารละลายตัวอย่างวิตามินซีมาเจือจางให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 1 3 5 7 และ 9 ppm ปรับปริมาตรด้วยเมทานอลจนสารละลายมีปริมาตร 10.00 mL ในขวดวัดปริมาตร

6.6 ปิเปตสารละลายตัวอย่างจากข้อ 6.4 และ 6.5 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ใส่ในหลอดทดลองหลอดละ 1.60 mL จะได้ทั้งหมด 10 หลอดทดลอง (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)

6.7 ปิเปตสารละลาย DPPH เข้มข้น 0.10 mM ปริมาตร 2.40 mL เติมลงในหลอดทดลองในข้อ 6.6 เขย่าให้เข้ากันแล้วเก็บไว้ในที่มืด 30 นาที

6.8 นำสารละลายตัวอย่าง มาวัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance, A517) โดยใช้เครื่อง UV-Visible spectroscopy ที่ความยาวคลื่น 517 nm แล้วนำไปคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ (% Inhibition) ดังสมการ

$$\% \text{ Inhibition} = \frac{(A_{control} - A_{sample})}{A_{control}} \times 100$$

โดย $A_{control}$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH

A_{sample} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง

6.9 สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้น 50 70 90 110 และ 130 ppm จากสารสกัดของหัวกวาวเครือขาวกับ % Inhibition และสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้น 1 3 5 7 และ 9 ppm ของสารวิตามินซีกับ %Inhibition แล้วคำนวณหาค่าความเข้มข้นของสารตัวอย่างที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระ (DPPH) ได้ 50 % (IC_{50})

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการศึกษาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญจากสารสกัดของหัวกวาวเครือขาวโดยใช้เครื่อง High performance liquid chromatography (HPLC) ได้ผลการทดลองดังนี้

1. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง HPLC

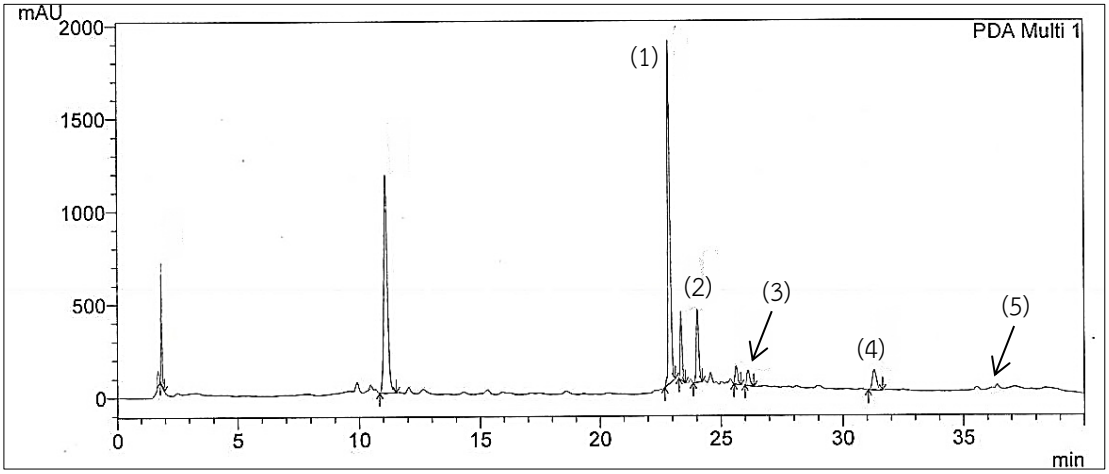
การทดลองเพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการหาปริมาณสาระสำคัญ จากสารสกัดของหัวกวาวเครือขาว โดยใช้คอลัมน์ Eclipse XDB-C_{18} analytical column ที่ปรับอัตราส่วนของเฟสเคลื่อนที่พบว่า มีสารบางชนิดไม่สามารถแยกออกจากกันได้ทั้งหมด โดยพบว่าการปรับสภาวะการทดลองทั้งหมด 5 สภาวะ สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญ (daidzin, daidzein, genistin, genistein และ puerarin) ของสารสกัดจากหัวกวาวเครือขาวคือ

คอลัมน์ : Eclipse XDB-C_{18} analytical column
เฟสเคลื่อนที่ : 1.5 % Acetic acid in water (A) และ Acetonitrile (B)
อัตราการไหล : 1.0 mL/min
อุณหภูมิคอลัมน์ 35 °C
อัตราส่วนของเฟสเคลื่อนที่ที่มีสภาวะเหมาะสมที่สุดแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์หาปริมาณสารในหัวกวาวเครือขาว

เวลา (นาที)	1.5 % Acetic acid in water (% A)	Acetonitrile (% B)
0.10-4.00	100	0
4.10	90	10
17.00	85	15
20.00	80	20
25.00	75	25
30.00	70	30
35.00	55	45
37.00	100	0

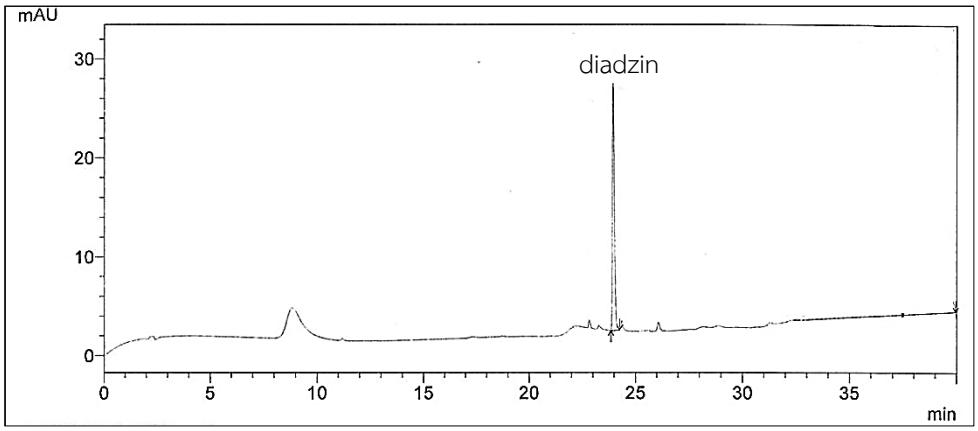
ภาพที่ 3 แสดงโครมาโทแกรมจากสารสกัดของหัวกวาวเครือขาว ที่ใช้สภาวะที่ 5 ซึ่งวิเคราะห์แบบ gradient elution โดยใช้อัตราส่วน 1.5 % Acetic acid/H_2O : Acetonitrile เริ่มต้นนาทีที่ 0.10-4.00 เท่ากับ 100 : 0 นาทีที่ 4.10 เท่ากับ 90 : 10 นาทีที่ 17 เท่ากับ 85 : 15 นาทีที่ 20 เท่ากับ 80 : 20 นาทีที่ 25 เท่ากับ 75 : 25 นาทีที่ 30 เท่ากับ 70 : 30 นาทีที่ 35 เท่ากับ 55 : 45 ทำการทดลองเป็นเวลาทั้งหมด 37 นาที พบว่า พีกของสารที่ถูกชะออกมาจากคอลัมน์มีการแยกออกจากกันได้ดี และไม่มีการซ้อนทับกันของพีก สภาวะที่ 5 นี้จึงเป็นสภาวะที่จะใช้ในการวิเคราะห์สารสำคัญจากสารสกัดของหัวกวาวเครือขาวได้ดีที่สุด



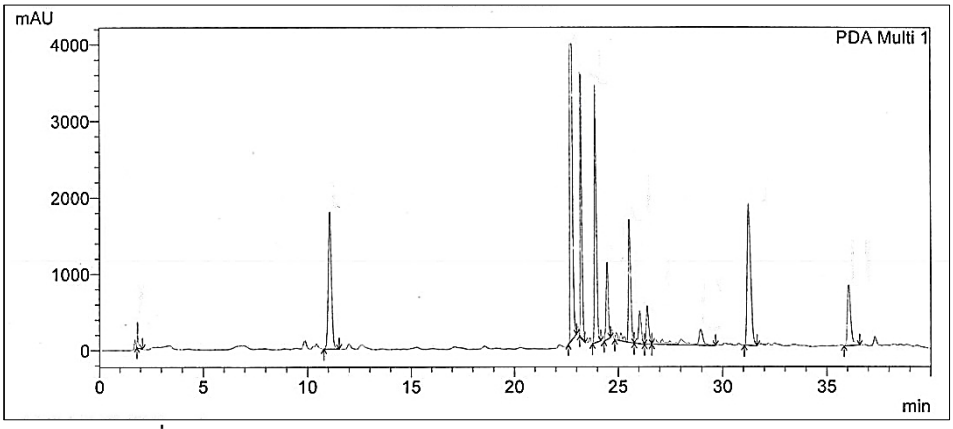
ภาพที่ 3 โครมาโทแกรมของสารสกัดจากหัวกวาวเครือขาวจากสภาวะที่ 5
(1) puerarin, (2) daidzin, (3) genistin, (4) daidzein และ (5) genistein

งานวิจัยนี้ได้นำสภาวะที่เหมาะสมที่สุดมาทำการวิเคราะห์ สารละลายมาตรฐานหนึ่งชนิดคือ diadzin เพื่อเปรียบเทียบค่า retention time กับเอกสารอ้างอิง [5] เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบปริมาณสารสำคัญที่อยู่ในสารสกัดจากหัวกวาวเครือขาว ที่ผู้ประกอบการซื้อมาจากแหล่งกำเนิดที่ต่างกันคือ หัวกวาวเครือขาวจาก จังหวัดสระบุรี และ จังหวัดเชียงใหม่ และเพื่อเป็นแนวทางในการเลือกวัตถุดิบที่ดีในการนำไปทำผลิตภัณฑ์ต่อไปในอนาคต โดยผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 8-10 ส่วนผลการเปรียบเทียบปริมาณของสารสำคัญแสดงดังตาราง 2 และภาพที่ 11

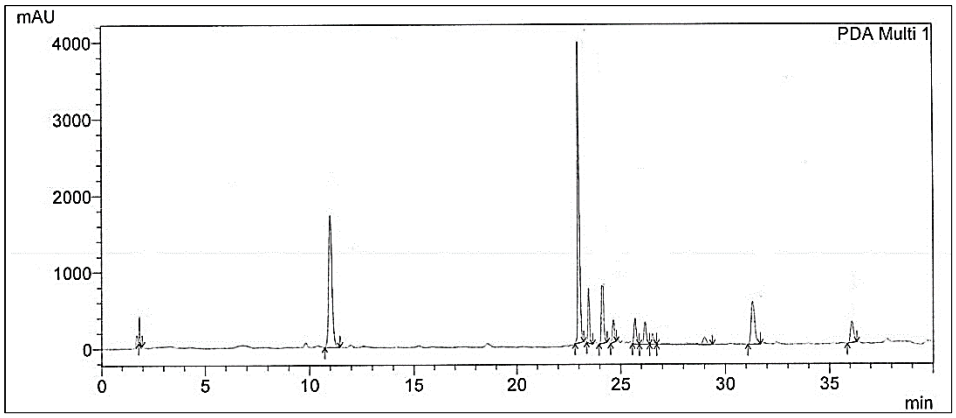
ภาพที่ 4 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐาน diadzin ที่ถูกชะออกมาที่เวลา 23.984 นาที เพื่อเป็นการยืนยันถึงชนิดของสารสำคัญที่ได้จากผลการวิเคราะห์สารสกัดจากหัวกวาวเครือขาว จากจังหวัดสระบุรี (ภาพที่ 5) และจังหวัดเชียงใหม่ (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 4 โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐาน diadzin



ภาพที่ 5 โครมาโทแกรมของสารสกัดจากหัวกวาวเครือขาวจากจังหวัดสระบุรี

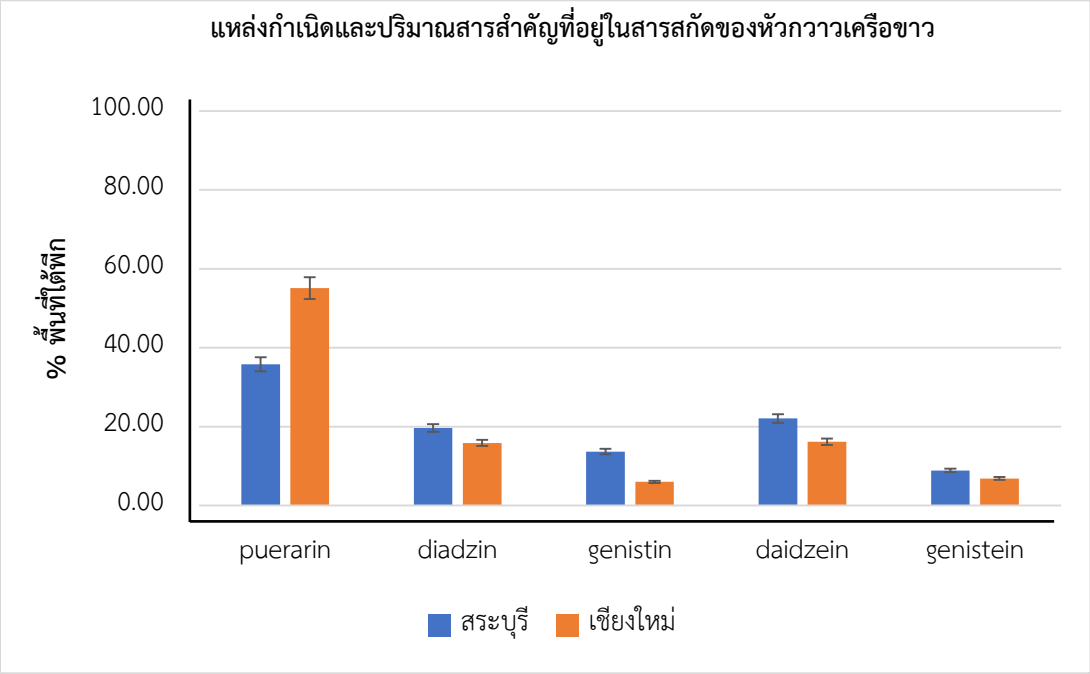


ภาพที่ 6 โครมาโทแกรมของสารสกัดจากหัวกวาวเครือขาวจากจังหวัดเชียงใหม่

ตารางที่ 2 แหล่งกำเนิดและปริมาณสารสำคัญที่อยู่ในสารสกัดของหัวกวาวเครือขาว[5]

แหล่งกำเนิด	สารสำคัญ	Retention time (min)	พื้นที่ใต้พีก	รวมพื้นที่ใต้พีก	พื้นที่ใต้พีก (%)
สระบุรี	puerarin	22.816	35,649,887	99,690,913	35.76
	daidzin	23.932	19,565,518		19.63
	genistin	25.560	13,622,431		13.66
	daidzein	31.261	22,002,903		22.07
	genistein	36.064	8,850,174		8.88
แหล่งกำเนิด	**สารสำคัญ**	**Retention time (min)**	**พื้นที่ใต้พีก**	**รวมพื้นที่ใต้พีก**	**พื้นที่ใต้พีก (%)**
เชียงใหม่	puerarin	23.007	22,685,905	41,140,496	55.14
	daidzin	24.136	6,529,823		15.87
	genistin	25.700	2,466,374		6.00
	daidzein	31.315	6,637,418		16.13
	genistein	36.088	2,820,976		6.86

จากตารางที่ 2 เมื่อคิดปริมาณของสาระสำคัญทั้ง 5 ชนิดเป็นร้อยละของพื้นที่ใต้พีก และ นำมาสร้างแผนภูมิการเปรียบเทียบพื้นที่ใต้พีกของสารสำคัญชนิดต่าง ๆ ของสารสกัดจากหัวกวาวเครือขาวระหว่างจังหวัดสระบุรีกับจังหวัดเชียงใหม่ ได้ผลดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 แผนภูมิการเปรียบเทียบพื้นที่ใต้พีกของสาระสำคัญชนิดต่างๆ ของสารสกัดจากหัวกวาวเครือขาว จากจังหวัดสระบุรีและจังหวัดเชียงใหม่

จากข้อมูลทั้งหมดจะพบว่าสารสกัดจากหัวกวาวเครือขาวจากจังหวัดสระบุรี โดยส่วนมากมีปริมาณสารสำคัญมากกว่าสารสกัดจากหัวกวาวเครือขาวที่มาจากจังหวัดเชียงใหม่ ยกเว้น puerarin เท่านั้น ที่มีปริมาณน้อยกว่า เมื่อคิดเป็นร้อยละของพื้นที่ใต้พีกของสารสำคัญต่อพื้นที่ใต้พีกรวมของสารทั้งหมด

2. ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากหัวกวาวเครือขาวด้วยวิธี DPPH

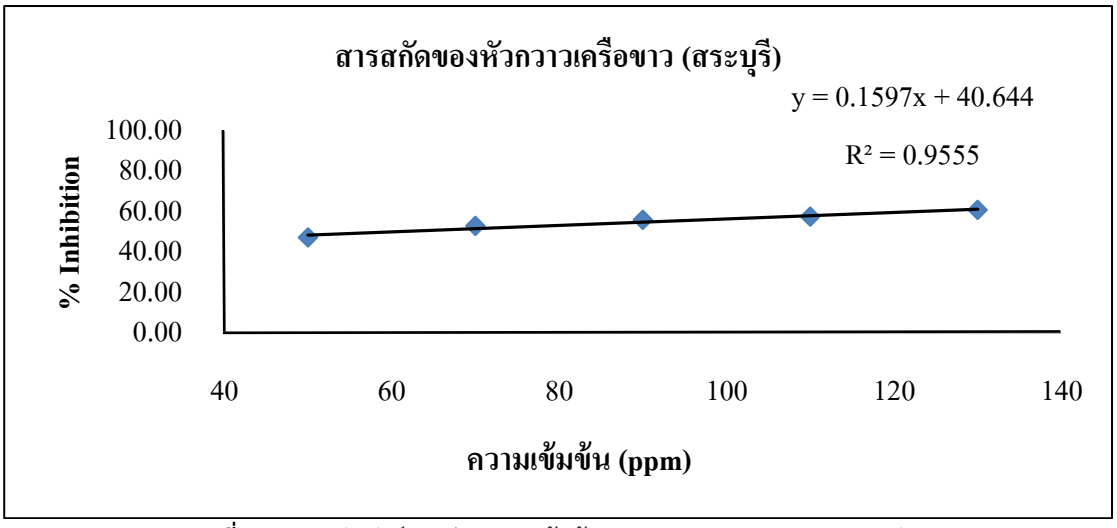
การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากหัวกวาวเครือขาว โดยการเปรียบเทียบกับวิตามินซี ทำการทดสอบด้วยวิธี DPPH ซึ่งค่าดูดกลืนแสงที่ดีที่สุดคือที่ความยาวคลื่น 517 nm และคำนวณหาความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระได้ 50 % (IC_{50}) ได้ผลแสดงดังตาราง 3

ตารางที่ 3 ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างและสารเปรียบเทียบวิตามินซี

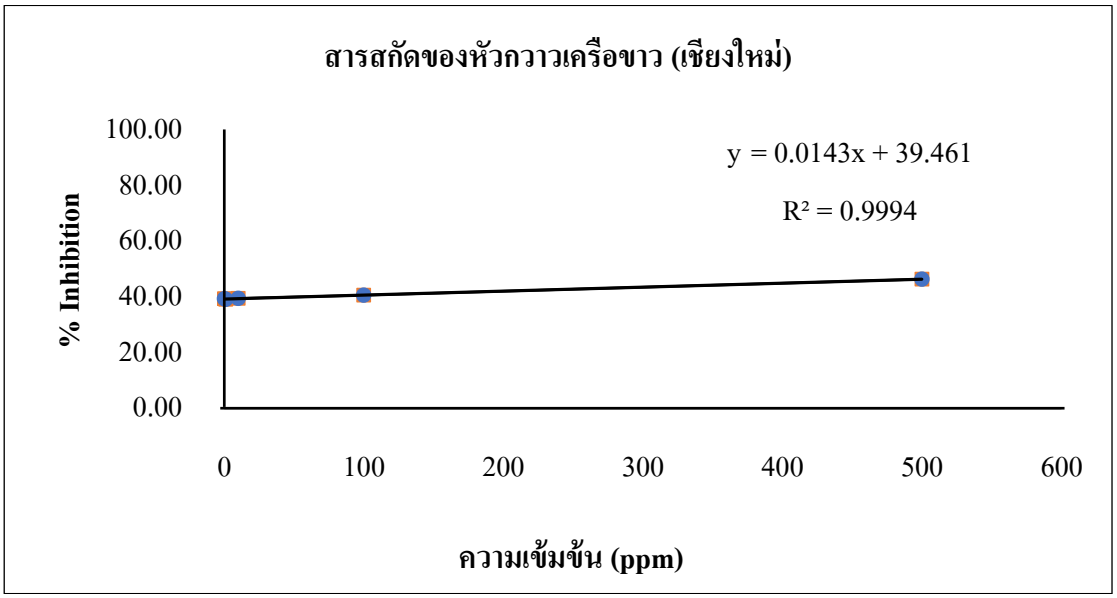
สารตัวอย่าง	ความเข้มข้น (ppm)	ค่าการดูดกลืนแสง (ครั้งที่) 1	2	3	ค่าเฉลี่ย (Mean ± SD)	% Inhibition	IC_{50} (ppm)
สารสกัดหัวกวาวเครือขาว (เชียงใหม่)	0.1	0.809	0.799	0.789	0.799 ± 0.008	39.52	>500
	1	0.804	0.794	0.805	0.801 ± 0.005	39.36	
	10	0.791	0.800	0.799	0.797 ± 0.004	39.69	
	100	0.785	0.781	0.778	0.781 ± 0.003	40.85	
	500	0.712	0.701	0.703	0.705 ± 0.005	46.61	

สารสกัดหัวกวาวเครือขาว (สระบุรี)	0.1	0.829	0.809	0.812	0.817 ± 0.009	39.55	58.58
	1	0.806	0.804	0.803	0.804 ± 0.001	40.46	
	10	0.727	0.730	0.727	0.728 ± 0.001	46.11	
	100	0.646	0.647	0.673	0.655 ± 0.012	51.49	
	500	0.223	0.234	0.225	0.227 ± 0.005	83.17	
วิตามินซี	0.1	0.805	0.857	0.819	0.827 ± 0.022	38.79	2.45
	1	0.794	0.792	0.792	0.793 ± 0.001	41.33	
	10	0.345	0.344	0.306	0.332 ± 0.018	75.45	
	100	0.025	0.024	0.025	0.025 ± 0.000	98.17	
	500	0.023	0.025	0.025	0.024 ± 0.001	98.20	

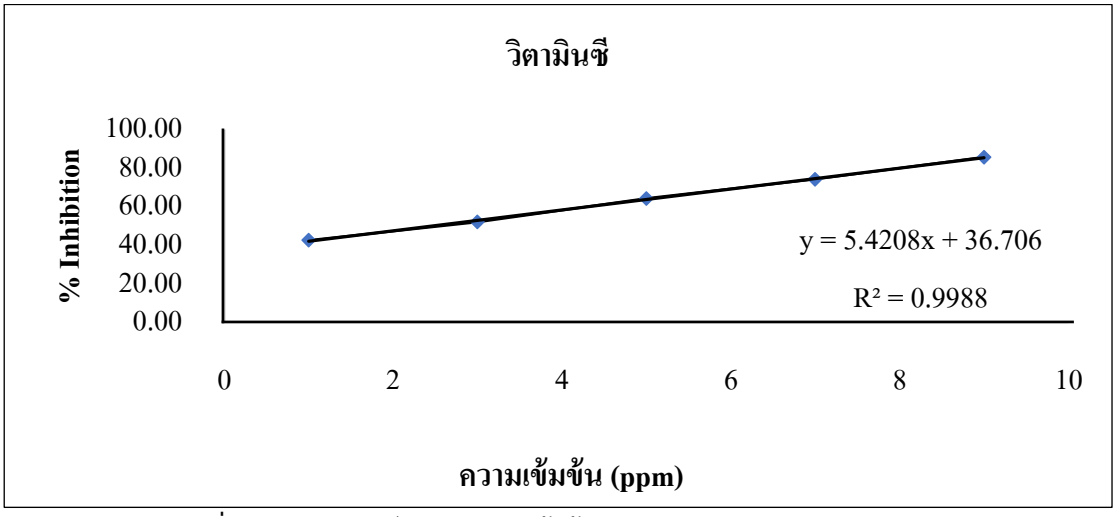
เมื่อได้ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่าง และสารเปรียบเทียบแล้ว ทำการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้น (ppm) กับ % Inhibition แสดงดังภาพที่ 12-14 จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นและ % Inhibition ของสารสกัดของหัวกวาวเครือขาวจากจังหวัดเชียงใหม่มีค่า IC_{50} มากว่า 500 ppm ส่วนสารสกัดของหัวกวาวเครือขาวจากจังหวัดสระบุรีและวิตามินซีพบว่ามีค่า IC_{50} เท่ากับ 58.58 ppm และ 2.45 ppm ตามลำดับ



ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นและ % Inhibition ของสารสกัดของหัวกวาวเครือขาวจากจังหวัดสระบุรี



ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นและ % Inhibition ของสารสกัดของหัวกวาวเครือขาวจากจังหวัดเชียงใหม่



ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นและ %Inhibition ของวิตามินซี

จากข้อมูลดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าสารสกัดของหัวกวาวเครือขาวที่นำมาศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH โดยใช้วิตามินซีเป็นสารเปรียบเทียบ พบว่ามีค่า IC_{50} เท่ากับ 2.45 ppm ส่วนสารสกัดของหัวกวาวเครือขาวจากจังหวัดสระบุรีมีค่า IC_{50} เท่ากับ 58.58 ppm และสารสกัดของหัวกวาวเครือขาวจากจังหวัดเชียงใหม่มีค่า IC_{50} มากกว่า 500 ppm ในการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดของหัวกวาวเครือขาวที่มาจากแหล่งกำเนิดต่างกัน แสดงให้เห็นว่าสารสกัดของหัวกวาวเครือขาวจากจังหวัดสระบุรีมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ที่ดีกว่าสารสกัดของหัวกวาวเครือขาวที่มาจากจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งน่าจะมาจากสารสำคัญทั้ง 5 ชนิด ซึ่งเป็นสารประกอบฟลาโวนอยด์ ที่พบในสารสกัดของหัวกวาวเครือขาวจากจังหวัดสระบุรีนั้น มีปริมาณของสารส่วนมากสูงกว่าสารสกัดของหัวกวาวเครือขาวเชียงใหม่จึงสามารถต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่า

สรุป

จากการวิเคราะห์หาสภาวะต่าง ๆ ที่เหมาะสมในการวิเคราะห์หาปริมาณสาระสำคัญจากหัวกวาวเครือขาว โดยใช้เครื่อง HPLC ที่มีการเปลี่ยนอัตราส่วนของเฟสเคลื่อนที่ โดยมีการปรับเปลี่ยนเฟสเคลื่อนที่ของสาร A (1.5 % Acetic acid/H_2O) และสาร B (Acetonitrile) พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์สารสำคัญจากหัวกวาวเครือขาว คือ อัตราการไหล 1.0 mL/min โดยใช้คอลัมน์เป็น C_{18} อุณหภูมิของคอลัมน์ 35 $^{\circ}C$ วัดที่ความยาวคลื่น 254 nm แบบ Gradient elution โดยใช้อัตราส่วน 1.5 % Acetic acid/H_2O : Acetonitrile เริ่มต้นนาทีที่ 0.10-4.00 เท่ากับ 100 : 0 นาทีที่ 4.10 เท่ากับ 90 : 10 นาทีที่ 17 เท่ากับ 85 : 15 นาทีที่ 20 เท่ากับ 80 : 20 นาทีที่ 25 เท่ากับ 75 : 25 นาทีที่ 30 เท่ากับ 70 : 30 นาทีที่ 35 เท่ากับ 55 : 45 ทำการทดลองเป็นเวลาทั้งหมด 37 นาที เมื่อนำสารสกัดจากหัวกวาวเครือขาวที่มีแหล่งกำเนิดต่างกัน มาทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญ พบว่าสารสกัดจากหัวกวาวเครือขาวจากจังหวัดสระบุรี มีปริมาณสาระสำคัญโดยรวมมากกว่าสารสกัดจากหัวกวาวเครือขาวจากจังหวัดเชียงใหม่ ในขณะที่สารสกัดจากหัวกวาวเครือขาวจากจังหวัดเชียงใหม่มีปริมาณของ puerarin ค่อนข้างมากคือ 55.14% ในขณะที่จังหวัดสระบุรีมีเพียง 35.76%

จากการศึกษาความยาวคลื่นที่ DPPH สามารถดูดกลืนแสงได้ดีที่สุด พบว่ามีค่าการดูดกลืนแสงสูงที่สุด (λ_{max}) เท่ากับ 517 nm เมื่อนำสารสกัดจากหัวกวาวเครือขาวจากแหล่งกำเนิดต่างกัน ไปทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH โดยใช้วิตามินซีเป็นสารเปรียบเทียบ พบว่าสารสกัดจากหัวกวาวเครือขาวจากจังหวัดสระบุรีมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีกว่าสารสกัดจากหัวกวาวเครือขาวจากจังหวัดเชียงใหม่ โดยสารสกัดจากหัวกวาวเครือขาวจากจังหวัดสระบุรีมีค่า IC_{50} เท่ากับ 58.58 ppm ส่วนสารสกัดจากหัวกวาวเครือขาวจากจังหวัดเชียงใหม่มีค่า IC_{50} มากกว่า 500 ppm ในขณะที่วิตามินซีมีค่า IC_{50} เท่ากับ 2.45 ppm สารสกัดจากหัวกวาวเครือขาวจากจังหวัดเชียงใหม่มีค่า IC_{50} มากกว่า 500 ppm ซึ่งเป็นค่าที่สูงมาก งานวิจัยนี้จึงไม่ทำการทดลองเพิ่มเติม

เอกสารอ้างอิง

1. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. กวาวเครือขาว. ฐานข้อมูลเครื่องยาไทยอีสาน. [เข้าถึงเมื่อ 10 เมษายน 2560] เข้าถึงได้จาก http://www.thaicrudedrug.com/main.php?action=viewpage&pid=15
2. ธิดารัตน์ จันทร์ดอน. กวาวเครือขาว. สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดลกวาวเครือดำ. [เข้าถึงเมื่อ 10 เมษายน 2560] เข้าถึงได้จาก https://www.pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/314/%E0%B8%81%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A7%E0%B9%80%E0%B8%84%E0%B8%A3%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%82%E0%B8%B2%E0%B8%A7/
3. Cherdshewasart, W. Kitsamai, Y. and Malaivijitnond, S. Evaluation of the estrogenic activity of the wild *Pueraria mirifica* by vaginal cornification assay. J Reprod Dev. 2007; 53 (2): 385-93.
4. Sookvanichsilp, N., Soonthornchareonnon, N. and Boonleang, C. Estrogenic activity of the dichloromethane extract from *Pueraria mirifica*. Fitoterapia. 2008; 79 (7-8): 509-14.
5. Cherdshewasart, W. et al. Major isoflavonoid contents of the phytoestrogen rich-herb *Pueraria mirifica* in comparison with *Pueraria lobata*. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis. 2006; 43: 428-43.
6. Cherdshewasart, W. and Sutjit, W. Correlation of antioxidant activity and major isoflavonoid contents of the phytoestrogen-rich *Pueraria mirifica* and *Pueraria lobata* tubers. Phytomedicine. 2008; 15: 38-43.
7. Chen, T.R. Evaluation of quality of Radix Pueraria herbal medicine by isoflavonoids. Journal of Pharmacy and Pharmacology. 2010; 62: 644-650.

8. Virojchaiwong, P., Suvithayasiri, V. and Itharat, A. Comparison of *Pueraria mirifica* 25 and 50 mg for menopausal symptoms. Arch Gynecol Obstet. 2011; 284 (2): 411-9.
9. Manonai, J., Chittacharoen, A., Udomsubpayakul, U., Theppisai, H. and Theppisai, U. Effects and safety of *Pueraria mirifica* on lipid profiles and biochemical markers of bone turnover rates in healthy postmenopausal women. Menopause. 2008; 15 (3): 530-5.
10. Tiyasatkulkovit, W., Malaivijitnond, S., Charoenphandhu, N., Havill, L. M., Ford, A. L. and VandeBerg, J. L. *Pueraria mirifica* extract and puerarin enhance proliferation and expression of alkaline phosphatase and type I collagen in primary baboon osteoblasts. Phytomedicine. 2014; 21(12): 1498-503.
11. Monthakantirat O, Sukano W, Umehara K, Noguchi H, Chulikhit Y, Matsumoto K. Effect of miroestrol on ovariectomy-induced cognitive impairment and lipid peroxidation in mouse brain. Phytomedicine. 2014; 21 (11): 1249-55.
12. Manonai J, Chittacharoen A, Theppisai U, Theppisai H. Effect of *Pueraria mirifica* on vaginal health. Menopause 2007; 14 (5): 919-24.
13. Frankel, E. N. Commercial grape juices inhibitthe in vitro oxidation of Human low - density lipoproteins. Journal of the American Oil Chemists Society. 1998; 46: 834 -838.

[AS-P52] ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดสมุนไพรไทย

Quantitation of Total Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Thai Herbal Plants Extracts

หฤทัย ฐานนันท์*
Haruthai Thananant*
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: haruthai.t@rsu.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดสมุนไพรไทย 4 ชนิด ได้แก่ ผักแพว (*Polygonum odoratum* Lour.) อัญชัน (*Clitoria ternatea* L.) มะกรูด (*Citrus hystrix* DC.) และงาขี้ม้อน (*Perilla frutescens* (L.) Britton) การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu โดยใช้ BHT และกรดแกลลิคเป็นสารมาตรฐานเปรียบเทียบ พบว่าสารสกัดผักแพวมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุดเท่ากับ129.93±2.50 mgBHT/g extract และ 68.17±1.53 mgGAE/g extract และวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) โดยใช้วิตามินซีเป็นสารมาตรฐานเปรียบเทียบ พบว่าสารสกัดผักแพวมีค่า IC_{50} เท่ากับ 44.08±6.223 mg/L

คำสำคัญ: *ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ผักแพว อัญชัน มะกรูด งาขี้ม้อน*

Abstract

The objectives of this work were to study the quantity of total phenolic compounds and antioxidant activities which were existed in four types of Thai herbal plants extracts such as Vietnamese Coriander (Polygonum odoratum Lour.), Butterfly Pea (Clitoria ternatea L.), Kaffir lime (Citrus hystrix DC.) and Perilla(Perilla frutescens (L.) Britton). The quantitative analysis of phenolic compounds was investigated via Folin-Ciocalteu method using butylated hydroxytoluene (BHT) and gallic acid (GA) as the reference standards. As obtained results, the highest amounts of phenolic compounds (129.93±2.50 mgBHT/g and 68.17±1.53 mgGA/g) were found in the extract part of Vietnamese Coriander. For analysis of antioxidant activity, the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) method was applied with vitamin C as a reference standard. The result was found that extract from Vietnamese Coriander exhibited IC50 of 44.08±6.223 mg/L.

Keywords: *Folin-Ciocalteu method, DPPH assay, Vietnamese coriander, butterfly pea, Kaffir lime, Perilla*

บทนำ

มนุษย์ได้รับสารพิษต่างๆมากมายที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระได้ ทั้งจากพฤติกรรมการใช้ชีวิต เช่น การกินอาหารที่ไม่มีคุณภาพ การนอนหลับไม่เพียงพอ การดื่มแอลกอฮอล์ การสูบบุหรี่ และได้รับจากสิ่งแวดล้อม เช่น แสงแดด อากาศเสียจากท่อรถต่างๆ โดยปกติร่างกายสามารถกำจัดอนุมูลอิสระก่อนที่จะทำอันตรายร่างกายมนุษย์ แต่ถ้าอนุมูลอิสระมากเกินกว่าจะกำจัดได้หมด จะสร้างความเสียหายต่อเซลล์และเนื้อเยื่อได้ ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพ โดยเหนี่ยวนำให้เกิดโรคร้ายแรง เช่น โรคมะเร็ง เบาหวาน หลอดเลือดและหัวใจ ดังนั้น การรับประทานอาหารที่มีสารต้านอนุอิสระ จึงเข้ามามีบทบาทในการช่วยให้ร่างกายมีสารต้านอนุมูลอิสระที่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย เช่น การรับประทานอาหารเสริม หรือรับประทานผัก ผลไม้[1]

สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) เป็นสารประกอบที่สามารถป้องกันหรือชะลอการเกิดกระบวนการออกซิเดชัน (Oxidation) เป็นสาเหตุหลักของความเสียหายของเซลล์ สารต้านอนุมูลอิสระที่พบตามธรรมชาติ เช่น วิตามินซี (Ascorbic acid) วิตามินอี (Alpha-tocopherol) และเบต้าแคโรทีน (Beta-carotene) ส่วนใหญ่พบในพืช ผัก และผลไม้[2] จากงานวิจัยของยุทธนา สุดเจริญ[3] งานวิจัยครั้งนี้เป็นการสำรวจข้อมูลผักและสมุนไพรพื้นบ้าน 10 ชนิด นำมาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ นำโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ใยอาหาร แคลเซียม เบต้าแคโรทีน และวิตามินซี ซึ่งพบว่าลูกยอมีปริมาณวิตามินซี และเบต้าแคโรทีน มากกว่ามะม่วงหาวมะนาวโห่ จากงานวิจัยของจุฑามาศ บุญวิทย์[4] ได้ศึกษาหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากผักอีสาน 5 ชนิด ได้แก่ ใบผักแพว ชะอม ผักชีลาว สะระแหน่ และชะพลู พบว่าผักแพวมีฤทธิ์ต้านสารอนุมูลอิสระที่มากกว่าพืชชนิดอื่นๆ จากงานวิจัยของ Somananda K. Ahongshangbam และคณะ[5] ได้ศึกษาสารสกัดจากผักแพว โดยนำผักแพวมา 5 กรัม สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล 100 มิลลิลิตร เป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบว่าฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของผักแพว โดยใช้เทคนิค 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) และมีค่า IC_{50} เท่ากับ 190.19±0.42 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร เมื่อเทียบกับกรดแอสคอร์บิกซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่รู้จักกันแพร่หลายมีค่า IC_{50} เท่ากับ 29.98±0.24 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จากงานวิจัยของวิลาวัลย์ บุณน์ศุภา[6] ได้ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดจากดอกอัญชัน โดยใช้วิธี DPPH พบว่าอัญชันช่วยในการงอกของเส้นผม และมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระเพราะมีสารกลุ่มแอนโธไซยานินช่วยในการกระตุ้นการสังเคราะห์เม็ดสีเมลานินทำให้ผมดำเงางาม จากงานวิจัยของชลลดา วชิรเดชเสถียร[7] ได้ศึกษาความสามารถในการยับยั้งการเติบโตของเชื้อ *Candida albicans* ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดรังแค พบว่าน้ำมันหอมระเหยในผิวมะกรูดมีคุณสมบัติในการช่วยขจัดรังแคที่มีสาเหตุมาจากเชื้อจุลินทรีย์ แก้อาการคันหนังศีรษะ และช่วยให้ผมนุ่มลื่น

จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น จึงเลือกพืชสมุนไพรไทย 4 ชนิดคือผักแพว อัญชัน มะกรูดและงาขี้ม้อน โดยนำสารสกัดที่ได้มาศึกษาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธีด้วยวิธี Folin-Ciocalteu โดยใช้ BHT และกรดแกลลิคเป็นสารมาตรฐานเปรียบเทียบและวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH โดยใช้วิตามินซีเป็นสารมาตรฐานเปรียบเทียบ เพื่อจะนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการพัฒนาตำรับแชมพูสมุนไพรไทยต่อไป

วัตถุประสงค์งานวิจัย

1. ศึกษาหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดพืชสมุนไพรไทย 4 ชนิด โดยวิธี Folin-Ciocalteu
2. ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดพืชสมุนไพรไทย 4 ชนิดโดยวิธี DPPH

วิธีดำเนินการวิจัย

1. **พืชสมุนไพรไทย**

   มะกรูด ผักแพว และดอกอัญชัน (ตลาดสี่มุมเมือง จังหวัดปทุมธานี)

   งาขี้ม้อน (อ.แม่จัน จังหวัดเชียงราย)

2. **การสกัดพืชสมุนไพรไทย**

   มะกรูด

นำมะกรูดมาล้างให้สะอาด ใช้เฉพาะส่วนผิวของมะกรูดนำมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ เติมน้ำกลั่นให้ท่วมผิวมะกรูด นำไปกลั่นแบบธรรมดาที่อุณหภูมิ 95°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำส่วนที่กลั่นได้มาทำการแยกโดยใช้กรวยแยก คำนวณร้อยละของสารสกัดน้ำมันหอมระเหย (%yield) และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4°C

ผักแพวและดอกอัญชัน

นำผักแพวและดอกอัญชันมาสกัดด้วยด้วย 95 เปอร์เซ็นต์เอทานอล เป็นเวลา 1 วัน กรองด้วยผ่านกระดาษกรอง นำไประเหยแห้งโดยใช้เครื่อง rotary evaporator และเก็บสารสกัดที่อุณหภูมิ 4°C

งาขี้ม้อน

นำเมล็ดงาขี้ม้อนมาอย่างละ 25 กรัมนำมาคั่วที่อุณหภูมิ 125-135°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ความร้อนช่วยกระตุ้นน้ำมันในเมล็ดงาให้พร้อมที่จะถูกสกัดออกมา ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำไปบดให้ละเอียด แช่ด้วยนอร์มอลเฮกเซน (n-Hexane) เป็นเวลา 1 วัน กรองสารละลาย นำกากมาสกัดซ้ำอีก 2 ครั้ง ตั้งทิ้งไว้เพื่อระเหยตัวทำละลายออก

3. การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดโดยวิธี Folin-Ciocalteu

สารละลายมาตรฐาน BHT

ปิเปตสารละลายมาตรฐาน BHT ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตรมา 0.50 1.00 1.50 2.00 และ 2.50 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตร ปรับปริมาตรด้วยเมทานอลจนสารละลายมีปริมาตร 25.00 มิลลิลิตร จะได้สารมาตรฐาน BHT ความเข้มข้น 10 20 30 40 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

*ปิเปตสารมาตรฐาน BHT ความเข้มข้นต่างๆ 1.00 มิลลิลิตร ผสมกับ Folin-Ciocalteu reagent 125 ไมโครลิตร โซเดียมคาร์บอเนต 250 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 6 นาที ที่อุณหภูมิห้อง เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 2.00 มิลลิลิตร เก็บไว้ในที่มืด 40 นาที จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกตะกอน 5 นาที โดยใช้ความเร็ว 1000 rpm ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และนำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

สารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก

ปิเปตสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตรมา 0.25 0.50 0.75 1.00 และ 1.50 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตร ปรับปริมาตรด้วยเมทานอลจนสารละลายมีปริมาตร 25.00 มิลลิลิตร จะได้สารมาตรฐานกรดแกลลิกความเข้มข้น 5 10 15 20 และ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ปิเปตสารมาตรฐานกรดแกลลิกความเข้มข้นต่างๆ 1.00 มิลลิลิตร ผสมกับ Folin-Ciocalteu reagent ทำเช่นเดียวกับการทดลองสารละลายมาตรฐาน BHT*

สารละลายสกัดหยาบพืชสมุนไพรไทย 4 ชนิด

ปิเปตสารละลายสกัดหยาบดอกอัญชันเข้มข้น 5000 มิลลิกรัมต่อลิตร1.00 มิลลิลิตร ผสมกับ Folin-Ciocalteu reagent ทำการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองสารละลายมาตรฐาน BHT*

เปลี่ยนสารละลายสารสกัดดอกอัญชันเป็นน้ำมันมะกรูดและน้ำมันงาขี้ม้อนความเข้มข้น 5000 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารละลายสารสกัดผักแพวความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองสารละลายสารสกัดดอกอัญชัน

สารละลายสกัดผสมจากสมุนไพร 4 ชนิด

นำสารละลายสกัดจากพืชสมุนไพร 4 ชนิด มาผสมในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนสารละลายสกัดผสม

การทดลองที่	อัตราส่วนสารละลายสกัดผสม(mL)			
	ผักแพว (200 mg/L)	ดอกอัญชัน (5000 mg/L)	น้ำมันมะกรูด (5000 mg/L)	น้ำมันงาขี้ม้อน (5000 mg/L)
1	1	1	1	1
2	2	1	1	1
3	1	2	1	1
4	1	1	2	1
5	1	1	1	2

ทำการทดลองเช่นเดียวกับสารละลายมาตรฐาน BHT*

4. การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH

สารละลายมาตรฐานวิตามินซี

ปิเปตวิตามินซีจากความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 0.05 0.10 0.15 0.20 และ 0.25 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตร ปรับปริมาตรด้วยเมทานอลจนสารละลายมีปริมาตร 25.00 มิลลิลิตร จะได้วิตามินซีที่มีความเข้มข้น 2 4 6 8 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

**ปิเปตสารละลายสารวิตามินซีแต่ละความเข้มข้นหลอดละ 1.60 มิลลิลิตร เติมสารละลาย DPPH 2.40 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปเก็บไว้ที่มืด 30 นาที นำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Visible spectroscopy ที่มีความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระและค่า IC_{50}

สารละลายสกัดหยาบพืชพืชสมุนไพรไทย 4 ชนิด

ปิเปตสารละลายสารสกัดผักแพวเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตรมา 0.5 1.0 1.5 2.0 และ 2.5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยเมทานอลจนสารละลายมีปริมาตร 25 มิลลิลิตร จะได้สารละลายสกัดของผักแพวความเข้มข้น 20 40 60 80 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ทำการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองสารละลายวิตามินซี**

ปิเปตสารละลายสกัดดอกอัญชัน น้ำมันมะกรูด และน้ำมันงาขี้ม้อนเข้มข้น 5000 มิลลิกรัมต่อลิตร มาตัวอย่างละ 5 10 15 และ 20 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยเมทานอลจนสารละลายมีปริมาตร 25 มิลลิลิตร จะได้สารละลายสกัดความเข้มข้น 1000 2000 3000 และ 4000 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ทำการทดลองเช่นเดียวกับสารละลายสกัดจากผักแพว เปลี่ยนสารละลายสกัดจากผักแพวเป็นสารละลายสกัดดอกอัญชัน น้ำมันมะกรูด และน้ำมันงาขี้ม้อน

สารละลายสกัดผสมจากสมุนไพรไทย 4 ชนิด

จากการทดลองการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สารละลายสกัดผสมจากสมุนไพร 4 ชนิด ถ้านำไปพัฒนาเป็นตำรับแชมพู ถ้าใช้นำสมุนไพรหลายชนิดเป็นส่วนผสมอาจทำให้แชมพูมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น จึงได้ศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารละลายสกัดผักแพว:ดอกอัญชัน:น้ำมันมะกรูด:น้ำมันงาขี้ม้อน เท่ากับ 2:1:1:1 ซึ่งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด จึงนำมาใช้ในการทดลองหาค่า IC_{50} ด้วยวิธี DPPH ดังตารางที่ 2 จะได้สารละลายสกัดผสมปริมาตร 1.60 มิลลิลิตร

ตารางที่ 2 อัตราส่วนสารละลายสกัดผสม

อัตราส่วนที่	ความเข้มข้นสารละลายสกัด (mg/L) (ปริมาตรที่ใช้, mL)			
	ผักแพว (0.64 mL)	ดอกอัญชัน (0.64 mL)	น้ำมันมะกรูด (0.64 mL)	งาขี้ม้อน (0.64 mL)
1	20	1000	1000	1000
2	40	2000	2000	2000
3	60	3000	3000	3000
4	80	4000	4000	4000
5	100	5000	5000	5000

ทำการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองสารละลายวิตามินซี**

ผลการทดลองและอภิปรายผล

1. การสกัดพืชสมุนไพรไทย

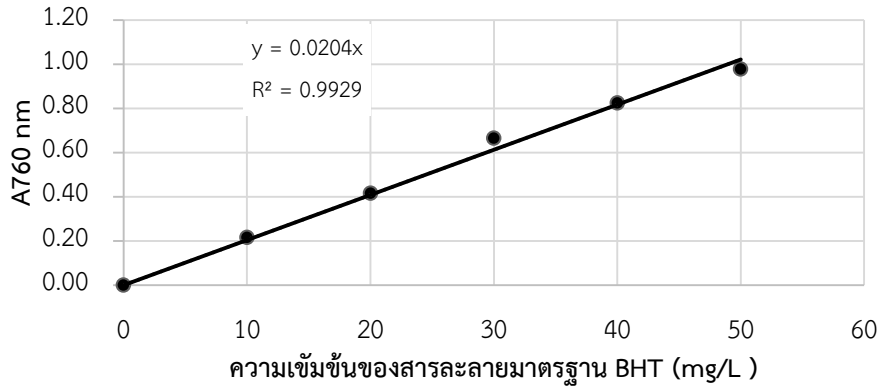
จากการสกัดพืชสมุนไพรทั้ง 4 ชนิด ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ลักษณะทางกายภาพและร้อยละน้ำหนักแห้งของพืชสมุนไพร 4 ชนิด

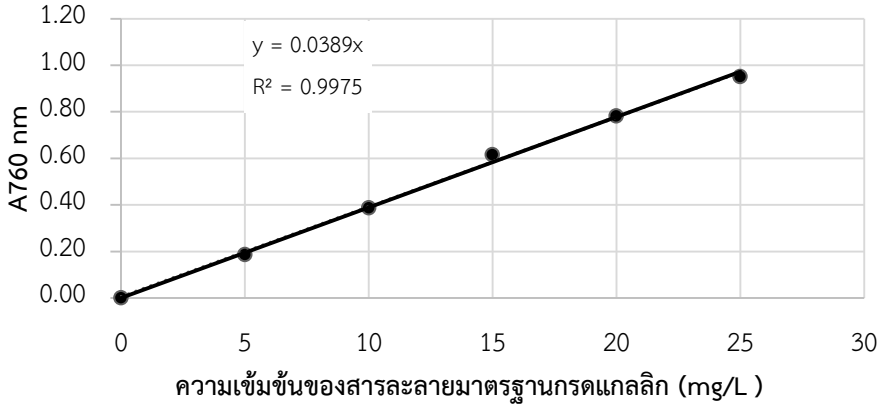
พืชสมุนไพร	ลักษณะทางกายภาพ	ร้อยละสารสกัด (g/100 g น้ำหนักสด)
ผักแพว	น้ำมันใสไม่มีสี	4.51
ดอกอัญชัน	ของแข็งสีน้ำตาลอมเขียว	20.55
มะกรูด	ของเหลวข้นหนืด สีน้ำเงินเข้ม	16.60
งาขี้ม้อน	น้ำมันสีเหลือง	1.56

2. การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดโดยวิธี Folin-Ciocalteu

จากผลการทดลองของสารละลาย BHT และ กรดแกลลิค นำมาสร้างกราฟมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้นต่างๆ ได้กราฟดังภาพที่ 1 และ2 เมื่อนำสารละลายสกัดสมุนไพรมาเปรียบเทียบได้ดังตารางที่ 4



ภาพที่ 1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ 760 nm กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน BHT (mg/L)



ภาพที่ 2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่760 nmกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก (mg/L)

ตารางที่ 4 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารละลายสกัดจากพืชสมุนไพรไทย

สารสกัดพืชสมุนไพร	Total phenolics ($\bar{x}$±SD) (mgBHT/g extract)	Total phenolics ($\bar{x}$±SD) (mgGAE/g extract)
ผักแพว	129.93±2.50	68.17±1.53
ดอกอัญชัน	2.96±0.04	1.56±0.02
น้ำมันมะกรูด	2.00±0.03	1.05±0.01
น้ำมันงาขี้ม้อน	1.10±0.08	0.61±0.01
อัตราส่วนที่ 1	5.93±0.03	3.11±0.02
อัตราส่วนที่ 2	9.01±0.15	4.73±0.08
อัตราส่วนที่ 3	3.92±0.05	2.05±0.03
อัตราส่วนที่ 4	2.86±0.05	1.50±0.03
อัตราส่วนที่ 5	3.43±0.06	1.80±0.04

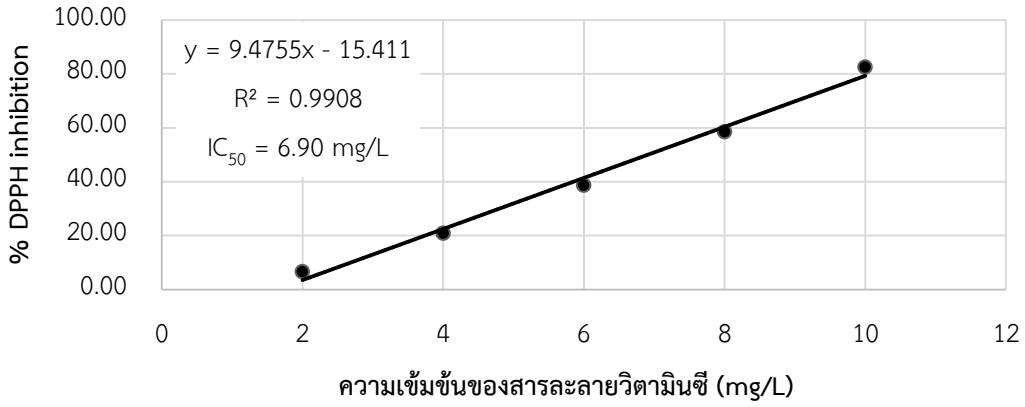
จากตารางที่ 4 เมื่อนำพืชสมุนไพรทั้ง 4 ชนิด มาหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเทียบกับสารละลายมาตรฐาน BHTและกรดแกลลิกพบว่าสารละลายสกัดจากผักแพวมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุด เนื่องจากผักแพวมีสารสำคัญที่เป็นสารประกอบฟีนอลิกหลายชนิดได้แก่ กรดเอลลาจิก(Ellagenic acid) กรดแกลลิก เควอซิทิน(Quercetin) และกรด 3-คลอโรเจนิค (3-Chlorogenic acid)[6] ทำให้มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมาก ในขณะที่ดอกอัญชันมีสารสำคัญที่มีสารประกอบฟีนอลิกเพียง แอนโทไซนานิน(Anthocyanin) และจีนิสทีน(Genistin)เท่านั้น ทำให้มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดน้อยกว่าส่วนน้ำมันมะกรูดและน้ำมันงาขี้ม้อน มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดน้อยมาก เนื่องจากน้ำมันมะกรูด และน้ำมันงาขี้ม้อนไม่มีสารประกอบฟีนอลิกอยู่เลย[8,9] และจากการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Somananda K. Ahongshangbam และคณะ[5] ได้ศึกษาสารสกัดจากผักแพว พบว่าสารสกัดจากผักแพวมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงมาก เนื่องจากมีสารประกอบฟีนอลและฟลาโวนอยด์อยู่ในผักแพวมาก

ส่วนสารละลายสกัดผสมจากสมุนไพร 4 ชนิด ผลการทดลองพบว่าสารละลายผสมอัตราส่วนที่ 2 คืออัตราส่วน ผักแพว:ดอกอัญชัน:น้ำมันมะกรูด:น้ำมันงาขี้ม้อน เท่ากับ 2:1:1:1 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด อาจเนื่องจากมีส่วมผสมของผักแพวปริมาณมาก จากตำรับยาสมุนไพรจะมีการใช้สมุนไพรทำงานร่วมกันหลายตัวเพื่อให้ตัวยามีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น แต่การทดลองนี้ให้ผลไม่ชัดเจน ซึ่งผู้วิจัยต้องหาข้อมูลการเสริมฤทธิ์ของสมุนไพรไทยต่อไป

3. การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH

การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารละลายวิตามินซี (L-ascorbic acid) ที่ความเข้มข้น 2 4 6 8 และ10 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำปฏิกิริยากับ DPPH แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร นำผลการทดลองมาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของสารละลายวิตามินซี กับ %DPPH inhibition เพื่อใช้ในการหาค่า IC_{50} ได้กราฟดังภาพ 3

จากกราฟในภาพที่ 3 เส้นกราฟมีค่า R^2 เท่ากับ0.09908 แสดงว่ากราฟนี้ความน่าเชื่อถือมาก ค่า IC_{50} ของสารละลายวิตามินซีมีค่าเท่ากับ 6.90 mg/L ส่วนสารละลายสกัดสมุนไพรมีค่า IC_{50} ดังตารางที่ 5



ภาพที่ 3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายวิตามินซีกับ %DPPH inhibition

ตารางที่ 5 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของวิตามินซีและสารละลายสกัดจากพืชสมุนไพรไทย

สารละลาย	**IC_{50} ($\bar{x}$±SD) (mg/L)**
วิตามินซี	6.90±0.00
ผักแพว	44.08±6.223
ดอกอัญชัน	3602.31±61.445
น้ำมันมะกรูด	ไม่สามารถหาค่า IC_{50} ได้
น้ำมันงาขี้ม้อน	ไม่สามารถหาค่า IC_{50} ได้
สารผสมสมุนไพร	1346.55±49.95

จากผลการทดลองผักแพวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระค่า IC_{50} เท่ากับ 44.08 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเปรียบเทียบกับวิตามินซีมีค่า IC_{50} เท่ากับ 6.90 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าสารละลายสกัดผักแพวมีฤทธิ์ในการยับยั้งอนุมูลอิสระได้น้อยกว่าสารละลายวิตามินซี 6 เท่าซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Somananda K. Ahongshangbam และคณะ[5] ได้ศึกษาสารสกัดจากผักแพวซึ่งเป็นพืชสมุนไพรที่ยืนต้นและใช้เป็นเครื่องเทศในประเทศอินเดีย โดยนำผักแพวสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลเป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำไป

ทำการระเหยแห้งแล้วนำสารสกัดที่ได้มาวิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของผักแพวโดยใช้เทคนิค DPPH เมื่อเทียบกับกรดแอสคอร์บิก พบว่าสารละลายสกัดผักแพวมีฤทธิ์ในการยับยั้งอนุมูลอิสระได้น้อยกว่าสารละลายวิตามินซี 6 เท่า เช่นกัน จากการที่สารสกัดจากผักแพวมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูง เนื่องจากมีองค์ประกอบที่เป็นสารสำคัญอยู่ในกลุ่มสารฟีนอลและฟลาโวนอยด์ที่สูง แสดงให้เห็นว่ามีสารประกอบฟีนอลต่างๆที่สามารถใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติที่ในการรักษาโรคและรักษาการเสื่อมสภาพของเม็ดสีเมลานินได้ ส่วนดอกอัญชัน และสารผสมมีฤทธิ์เป็น 522 และ 195 เท่า ตามลำดับ ส่วนน้ำมันมะกรูด และน้ำมันงาขี้ม้อนมี %DPPH inhibition น้อยมาก

สรุป

จากการสกัดสมุนไพรไทย 4 ชนิดได้แก่ผักแพวและดอกอัญชันสกัดด้วยเอทานอล 95% ได้สารสกัดหยาบมีลักษณะเป็นของแข็งสีน้ำตาอมเขียวและของเหลวข้นหนืดสีน้ำเงินเข้ม ตามลำดับ มะกรูดสกัดน้ำมันหอมระเหยจากผิวของมะกรูดด้วยการกลั่นแบบธรรมดา พบว่าได้น้ำมันมีลักษณะใสไม่มีสีและมีกลิ่นหอม ส่วนงาขี้ม้อนสกัดด้วยเอ็นเฮกเซนพบว่าได้น้ำมันใสสีเหลือง เมื่อนำสารสกัดไปศึกษาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu โดยใช้ BHT และกรดแกลลิคเป็นสารมาตรฐานเปรียบเทียบ พบว่าสารสกัดผักแพวมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุดรองลงมาคือ ดอกอัญชัน น้ำมันมะกรูด และน้ำมันงาขี้ม้อน ตามลำดับ และวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH โดยใช้วิตามินซีเป็นสารมาตรฐานเปรียบเทียบ พบว่าสารสกัดผักแพวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด รองลงมาคือ ดอกอัญชัน ส่วนน้ำมันมะกรูด และน้ำมันงาขี้ม้อนไม่สามารถหา IC_{50} ได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนางสาวจันทิมา อภิชาตฐิติวรณ์ ที่ช่วยเหลือในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. มินตรา ทันอินทรอาจ. การศึกษาปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักพื้นบ้านของไทย. ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตร์ บัณฑิตสาขาวิชาเคมีประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต. ปทุมธานี.2555.
2. หฤทัย ฐานนันท์,นันทินี ศรีเทพ. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและการพัฒนาผลิตภัณฑ์สบู่จากพืชบางชนิด. การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 6. 6 มิถุนายน 2561. มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ. สมุทธปราการ. 2561.AS469-475.
3. ยุทธนา สุดเจริญ. การประเมินคุณประโยชน์ผักและสมุนไพรพื้นบ้านจังหวัดสมุทรสงคราม.วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา. กรุงเทพฯ.2553.
4. จุฑามาศ บุญวิทย์. การศึกษาฤทธิ์ต้านสารอนุมูลอิสระและปริมาณสารฟีนอลิกของผักสดห้าชนิดก่อนและหลังผ่านระบบน้ำย่อยจำลองในหลอดทดลอง. วารสารมหาสัชศาสตร์อีสาน. 2555; 9(1);10-18 .
5. Somananda KA, Guruaribam SH,Chattopadhyay SU.Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Polygonum odoratum Lour**.** International Journal of Basic and Applied Biology**.** 2014: 94 – 97
6. วิลาวัลย์ บุณย์ศุภา. การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดจากดอกอัญชัน. สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. มหาสารคาม.2551.
7. ชลลดา วชิรเดชเสถียร. การพัฒนาผลิตภัณฑ์แชมพูผสมมะกรูดจากวัสดุเหลือใช้ของอุตสาหกรรมอาหาร. ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เทคโนชีวภาพ). สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. 2546.

8. ปัทมาพร ตุ่นทอง,มินตรา ทันอินทรอาจ,หฤทัย ฐานนันท์. ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักพื้นบ้าน. การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 2. 21 มีนาคม 2557.โรงแรมมิราเคิล แกรนด์ คอนเวนชั่น.กรุงเทพฯ.2557.134-138.
9. Sasongko PR, Kerdchoechuen OR. Evaluation of Physicochemical Properties of Plant Extracts from *Persicaria odorata*. Agricultural Sci. J.2011: 42(2)(Suppl.): 333-336.

[AS-P53] สมบัติทางเคมีและกายภาพของชาสมุนไพรดีบัว

Physicochemical Properties of Lotus Plumule Herbal Tea

รัชนี ไสยประจง* และสุรพงษ์ พินิจกลาง
Ratchanee Saiprajong* and Surapong Pinitglang
สาขาวิชานวัตกรรมอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: ratchanee_sai@utcc.ac.th*

บทคัดย่อ

ดอกบัว *Nelumbo nucifera* Gaertn หรือบัวหลวงรู้จักกันดีในอายุรเวทใช้สำหรับการรักษาโรคหัวใจและความดัน ความผิดปกติของระบบประสาท นอนไม่หลับและไข้สูง วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรดีบัวและศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพ ทำการสกัดชาดีบัวที่อุณหภูมิ 95°C เป็นเวลา 5, 10, 15 และ 20 นาที จากนั้นนำชาดีบัวที่ได้มาทำให้เข้มข้น และนำไปทำให้แห้งโดยใช้เครื่อง Mini Spray dryer โดยผสมกับมอลโทเดกซ์ทริน ในอัตราส่วน 1:50 จากนั้นนำผงชาสมุนไพรดีบัวมาผลิตเป็นชาสมุนไพรดีบัวสำเร็จรูป 3 สูตร ได้แก่ สูตร 1 (สูตรควบคุม) สูตร 2 เติม chamomile และสูตร 3 เติม Lemon balm นำมาศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพ ทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสโดยใช้ 9-point hedonic scale และศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และความสามารถในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ โดยวิธี agar disk diffusion โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ *Pseudomonas aeruginosa, Escherichia coli, Bacillus cereus* และ *Staphylococcus aureus* วัดค่าสีโดยใช้เครื่อง Hunter lab Colorimeter จากผลการศึกษาพบว่า เวลาที่เหมาะสมในการสกัดดีบัวคือ 5 นาที ที่อุณหภูมิ 95°C ชาสมุนไพรดีบัวสูตร 2 ได้รับการยอมมากที่สุดและมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุดร้อยละ 70.31 ± 0.69 และชาดีบัวทุกสูตรพบว่าไม่มีฤทธิ์การต้านเชื้อจุลินทรีย์ที่นำมาศึกษา

คำสำคัญ: *ดีบัว สมบัติทางเคมีกายภาพ ชาสมุนไพรดีบัว*

Abstract

The lotus, *Nelumbo nucifera* Gaertn also known as Lotus Bua Luang is well known in Ayurveda. This plant is used for the treatment of cardiovascular diseases hypertension nervous disorders, insomnia and high fevers. The purpose of this study was to study the development of the lotus plumule herbal tea products and physiochemical property from the lotus plumule extract at 95 °C for 5, 10, 15 and 20 minutes. The dehydration of the lotus plumule extract was carried out in a Mini Spray Dryer. Mixtures of lotus plumule extract with maltodextrinin the ratio of 1:50. The lotus plumule powder was prepared for 3 formulations eg. formula 1 (control formula), formula 2, add chamomile and formula 3, add lemon balm of lotus plumule herbal tea and physiochemical sensory evaluation by using 9-point hedonic scale studies. The antioxidant activity was determined by the analysis DPPH method. The antimicrobial activity of Lotus plumule extracts was studied by agar disk diffusion. The lotus plumule herbal tea color was measured by using Hunter Lab Colorimeter. From the results of the study found that the optimum temperature for extracting lotus plumule is 5 minutes. The lotus plumule herbal tea, formula 2 has the highest antioxidant activity at 70.31 ± 0.69 percent. The antimicrobial activity of lotus plumule extracts is not effective against infections of *Pseudomonas aeruginosa, Escherichia coli, Bacillus cereus* and *Staphylococcus aureus*

Keywords: *lotus plumule, physicochemical properties, lotus plumule herbal tea*

บทนำ

บัวหลวง *Nelumbo nucifera* Gaertn. มีชื่อสามัญว่า Lotus ชื่อเรียกอื่นๆ ได้แก่ บัวหลวง บุณฑริก ปทุม ปทุม มาลย์ สัตตบุษย์ สัตตบงกช และอุบล บัวหลวงถือว่าเป็นราชินีแห่งพื้นน้ำมีถิ่นกำเนิดแถบเอเชีย เช่น จีน อินเดีย และไทย มนุษย์ได้รู้จักคุณค่าในการนำมาประกอบอาหารและสรรพคุณทางยาสมุนไพรของบัวหลวงมาช้านาน สรรพคุณทางเภสัชวิทยา มีการใช้ประโยชน์ในแทบทุกส่วนของบัวหลวง เช่น เมล็ดบัวบำรุงรักษาประสาทและไต แก้อาการท้องร่วง ดีบัวสีเขียวเข้ม ใช้เป็นส่วนผสมของยาแผนโบราณ มีฤทธิ์ในการขยายหลอดเลือดที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจ เกสรตัวผู้ใช้เป็นส่วนผสมของยาหลายชนิด เช่น ยาลม ยาหอม หรือยานัตถุ์ ก้านใบและก้านดอกนำมาทำยารักษาอาการท้องร่วง รากหรือเหง้านำมาต้มน้ำดื่มแก้ร้อนใน กระหายน้ำ ประโยชน์ทางสมุนไพรของบัวหลวงจึงมีอยู่มากมาย[1,2,3,4,5] ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของบัวหลวง พบว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ ที่พบในเกสร และดอกบัว มีฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยพบว่าสารสกัดเอทานอลจากเมล็ดบัวมีค่า IC_{50} เท่ากับ 6.49 µg/ml[6] ดีบัวมีค่า EC50 เท่ากับ 45.81 µg/ml[2] น้ำมันหอมระเหยจากเกสรบัวหลวงราชินีมีค่า IC_{50} ±SD เท่ากับ 31.00±0.94 µg/ml[1]

ดีบัวหลวงคือ ส่วนของต้นอ่อนที่อยู่ในเม็ดบัวหลวง ดีบัวมีลักษณะคล้ายสาก มีความยาวประมาณ 1-1.5 เซนติเมตร และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 มิลลิเมตร มีใบอ่อน 2 ใบ ใบหนึ่งสั้น ส่วนอีกใบยาว ใบมีสีเขียวเข้มหรือสีเขียวอมเหลือง ปลายใบมีลักษณะม้วนเป็นรูปคล้ายลูกศร มีต้นอ่อนตรง ขนาดเล็กมากอยู่ระหว่างใบอ่อนทั้งสอง มีความยาวประมาณ 2 มิลลิเมตร โคนต้นมีสีเหลืองอ่อนหรือเป็นสีเหลืองอมเขียว ลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกยาวประมาณ 2-4 มิลลิเมตร เนื้อหนาเปราะ ร้อนหน้าตัดจะมีรูเล็ก ๆ จำนวนมาก ดีบัวมีรสขมจัด แต่ไม่มีกลิ่น ดีบัวมีสารในกลุ่มอัลคาลอยด์อยู่หลายชนิด เช่น Demethylcoclaurine, Isoliensinine, Liensinine, Lotusine, Methyl corypalline, Neferine, Nuciferine, Pro Nuciferine และยังมีสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ เช่น Galuteolin, Hyperin, Rutin[7]

ผู้วิจัยมีความสนใจประโยชน์ “ดีบัว” บวกกับชาสมุนไพรที่เป็นเครื่องดื่มที่ได้รับความสนใจในหมู่คนรักสุขภาพ จึงได้ทำการวิจัยชาที่สกัดจากดีบัวเข้มข้นและนำไปผ่านกระบวนการต่างๆให้กลายเป็นชาดีบัวสำเร็จรูปในรูปแบบผง ซึ่งชาสมุนไพรดีบัวสำเร็จรูปในรูปแบบผงที่ใช้เทคนิค Spray dry เนื่องจากในท้องตลาดยังไม่มีชาดีบัวสำเร็จรูปในรูปแบบผง ที่ให้สมบัติต่างๆ ที่ดีกว่าในรูปแบบชาดีบัวอบแห้งในรูปแบบบรรจุถุงชา ด้วยเหตุดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาสารที่มีคุณประโยชน์ที่อยู่ในดีบัว ศึกษาสภาวะต่างๆที่เหมาะสมในการสกัด ศึกษาสมบัติทางด้านเคมีกายภาพ โดยศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และความสามารถในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ทั้งแกรมบวก และแกรมลบ และทำการพัฒนาสูตรเพิ่มเติมเพื่อให้เป็นทางเลือกในการเลือกดื่มและเป็นที่ยอมรับแก่ผู้บริโภค

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมดีบัว

1.1 นำส่วนของต้นอ่อนในเมล็ดหรือดีบัว มาทำให้แห้งโดยการอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นเก็บในถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิห้องจนกว่าจะนำมาใช้

2. การสกัดสารจากดีบัว

2.1 ชั่งดีบัว 10 กรัม เติมน้ำต้มอุณหภูมิ 95°C ปริมาตร 500 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 5, 10, 15 และ 20 นาที

2.2 กรองสารละลายที่ได้ผ่านผ้าขาวบาง นำสารละลายที่ได้ไปแยกตะกอนด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) ที่ความเร็ว 8000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำส่วนใสไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร

2.3 นำสารสกัดดีบัวที่ได้มาทำให้เข้มข้นขึ้นด้วยเครื่องระเหยแบบสุญญากาศ (Rotary Evaporator) ที่อุณหภูมิ 40°C

2.4 แล้วนำไปทำให้แห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Mini Spay Dryer, Buchi B-290) โดยผสมกับมอลโทเดกซ์ทริน ในอัตราส่วน 1:50 ที่อุณหภูมิห้องโดยใช้ลมร้อนที่อัตราการไหลที่ 473 ลิตรต่อชั่วโมง ความดัน 3.45 บาร์ อุณหภูมิ 140°C ให้ได้เป็นผงออกมา แล้วนำมาเก็บไว้ในถุงที่ปิดสนิทในอุณหภูมิห้อง

3. ทำการพัฒนาสูตรที่เหมาะสมเพื่อให้เป็นที่ยอมรับแก่ผู้บริโภค

ทำการพัฒนาสูตรที่เหมาะสม โดยใช้ผงสารสกัดดีบัวที่ผ่านการทำแห้งแล้ว มาปรับสูตรโดยใช้ปริมาณผงดีบัวที่เท่ากัน แต่ทำการปรับเปลี่ยนกลิ่นต่างๆให้แตกต่างกัน 3 สูตร ได้แก่ สูตร 1 (ควบคุม) สูตร 2 เติมคาโมมายล์ สูตร 3 เติม Lemon Balm ดังตารางที่ 1 คัดเลือกสูตรที่เหมาะสมโดยใช้วิธีการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9-point hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบ 30 คน

ตารางที่ 1 ปริมาณและส่วนผสมของสูตรชาดีบัวสำเร็จรูปทั้ง 3 สูตร

ส่วนผสม(g)	สูตร 1(ควบคุม)	สูตร 2	สูตร 3
ดีบัว	0.15	0.15	0.15
Finomate	0.1	0.1	0.1
Chamomile	-	0.2	-
Lemon Balm	-	-	0.2
Maltodextrin	2.35	2.35	2.35

4. การทดสอบคุณสมบัติของดีบัว

4.1 การทดสอบวัดค่าสี

ทดสอบวัดค่าสีโดยใช้เครื่อง Spectrophotometer Hunter Lab MiniScan EZ 4500L

4.2 การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH

วิเคราะหประสิทธิภาพการยับยั้งอนุมูลอิสระ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH•) วิเคราะหประสิทธิภาพการยับยั้งอนุมูลอิสระ โดยใช้สารสกัดดีบัวปริมาตร 50 ไมโครลิตร กับสารละลาย 0.1 มิลลิโมลาร DPPH• 150 ไมโครลิตร ลงใน 96-well polystyrene microplate ผสมใหเขากัน ตั้งทิ้งไวใหเกิดปฏิกิริยาในที่มืดเปนเวลา 30 นาที วัดคาการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ดวยเครื่อง microplate reader (TECAN model Infinite M200) โดยดัดแปลงวิธีจาก Selamassakul และคณะ (2016)[8] และ Li และคณะ (2008)[9] คำนวณความสามารถในการยับยั้งอนุมูล DPPH• ดังสมการ

$$\% \text{ inhibition} = \frac{(OD_{control} - OD_{sample}) \times 100}{OD_{control}}$$

โดยที่ AControl คือ คาการดูดกลืนแสงของ control (น้ำกลั่น + DPPH•)

ABlank คือ คาการดูดกลืนแสงของสีตัวอยาง (ตัวอยาง + เอทานอล)

ASample คือ คาการดูดกลืนแสงของตัวอยาง (ตัวอยาง + DPPH•)

4.3 ทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อจุลินทรีย์ ด้วยวิธี Agar Disk Diffusion[10]

4.3.1 เลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ *Pseudomonas aeruginosa, Escherichia coli, Bacillus cereus, Staphylococus aureus* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient agar บ่มที่อุณหภูมิ 37°C 24 ชม.

4.3.2 เตรียมเชื้อให้มีความขุ่นเท่ากับ McFarland Standard scale 0.5 ใช้สำลีพันปลายไม้ชุบเชื้อ ป้ายบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Mueller Hinton Medium เจาะหลุมอาหารเลี้ยงเชื้อหยดสารสกัดดีบัวลงในหลุมบ่มที่อุณหภูมิ 37 °Cเป็นเวลา 24 ชม. ทำการวิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านเชื้อจุลินทรีย์

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาการหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดสารจากดีบัว

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดดีบัวโดยต้มที่อุณหภูมิ 95 °C เป็นเวลา 5, 10, 15 และ 20 นาที พบว่าค่าที่ได้บอกถึงความสามารถในการสกัดโดยน้ำและระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดที่ดีที่สุดคือที่เวลา 5 นาที เนื่องจากสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ และ ฟินอลิก ที่พบในดีบัว ส่วนใหญ่ให้สีเหลือง สีส้ม หรือส้มแดง โดยจะให้ค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร พบว่าที่เวลา 5 นาทีมีค่าดูดกลืนแสงคือ 0.51 สูงกว่าเวลาอื่นๆ จังได้เลือกเวลา 5 นาทีในการสกัดชาดีบัวดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การศึกษาภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดชาดีบัว

เวลาในการสกัด (นาที)	ค่า Absorbance (550 nm)
5	0.51
10	0.37
15	0.20
20	0.25

2. ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point hedonic scale

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของชาสมุนไพรดีบัวทั้ง 3 สูตร โดยใช้ผู้ทดสอบทั้งหมด 30 คน พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับชาสมุนไพรดีบัวทั้ง 3 สูตร โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อต้องการพัฒนาชาสมุนไพรที่แตกต่างจากสูตรควบคุมจึงเลือกสูตร 2 ที่เติมคาโมมายล์ เนื่องจากให้การยอมรับดีกว่าสูตรที่ 3 ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรดีบัวทั้ง 3 สูตร

	ลักษณะปรากฏ	กลิ่น^{ns}	รสชาติ^{ns}	เนื้อสัมผัส^{ns}	ความชอบโดยรวม^{ns}
สูตรที่1	7.16^{a}	6.76	6.76	6.56	6.63
สูตรที่2	6.93^{a}	6.93	6.56	6.03	6.50
สูตรที่3	6.43^{b}	6.56	6.23	6.36	6.30

หมายเหตุ a, b อักษรกำกับในแนวคอลัมน์ หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยทางสถิติ (P≤0.05)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

3. วัดค่าสีของผลิตภัณฑ์ชาดีบัวด้วยเครื่อง Hunter Lab Colorimeter

จากการศึกษาการวัดค่าสีในผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรดีบัว ด้วยเครื่อง Hunter Lab Colorimeterของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตร พบว่า สูตร 3 มีค่า L* a* b* แตกต่างจากสูตรควบคุมและสูตร 2 โดยมีค่า **ΔE** เท่ากับ 3.13 แสดงว่าค่าสีมีความแตกต่างจากสูตรควบคุมไม่มาก ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการศึกษาการวัดค่าสีผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรดีบัวด้วยเครื่อง Hunter Lab colorimeter จากผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรดีบัวทั้ง 3 สูตร

สูตร	L*	a*	b*	ΔE
1	2.12±0.14[b]	4.14±0.14[b]	3.62±0.23[b]	0.00
2	2.75±0.24[a]	5.1±0.26[a]	4.7±0.42[a]	1.57
3	0.71±0.14[c]	2.47±0.25[c]	1.22±0.24[c]	3.13

หมายเหตุ a,b,c อักษรกำกับในแนวคอลัมน์ หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยทางสถิติ (P≤0.05)

* ค่า L= เป็นค่าบอกความสว่างสี ตั้งแต่ 0-100 ถ้า 0 แสดงว่าค่าสว่างต่ำสุด (ดำ) 100 มีค่าสว่างสูงสุด (ขาว)
a=เป็นค่าบอกความเป็นสีเขียวหรือแดง มีค่าตั้งแต่ -100 ถึง 100 ถ้า a มีค่าบวกให้สีแดง ถ้า a มีค่าลบให้สีเขียว
b=เป็นค่าที่บอกความเป็นสีเหลืองหรือน้ำเงิน มีค่าตั้งแต่ -100 ถึง 100 ถ้า b เป็นค่าบวกให้สีเหลืองถ้า b มีค่าลบให้สีน้ำเงิน

4. ผลการศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์ชาดีบัวทั้ง 3 ชนิด โดยวิธี DPPH

จากการศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรดีบัวทั้ง 3 สูตรโดยวิธี DPPH พบว่า สูตรที่ 3 จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 70.31±0.69 ในขณะที่สูตร 1 (ควบคุม) จะให้ร้อยละการยับยั้งเท่ากับ 28.01±0.80 ดังตารางที่ 5 ซึ่งสอดคล้องกับ สุรัตน์วดี และคณะ (2557)[(2)] ได้รายงานว่าในดีบัวมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH มีค่า EC50 เท่ากับ 45.81 μg/ml

ตารางที่ 5 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรดีบัวทั้ง 3 สูตร โดยวิธี DPPH

ชาสมุนไพรดีบัว	DPPH scavenging activity (%)
สูตรที่ 1	28.01±0.80
สูตรที่ 2	57.00±0.29
สูตรที่ 3	70.31±0.69

5. ผลการศึกษาการทดสอบการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดผลิตภัณฑ์ชาดีบัว ทั้ง 3 สูตร

จากผลการศึกษาการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรดีบัวพบว่า สารสกัดจากดีบัวไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งแกรมบวก คือ *B. cereus, S. aureus* และแกรมลบคือ *P. aeruginosa, E. coli* ได้ โดยไม่พบ Inhibition zone[(11)] ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ความสามารถในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดจากชาสมุนไพรดีบัว

ชาสมุนไพรดีบัว	*P. aeruginosa*	*E. coli*	*B. cereus*	*S. aureus*
สูตรที่ 1	-	-	-	-
สูตรที่ 2	-	-	-	-
สูตรที่ 3	-	-	-	-

สรุป

จากการศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารจากดีบัวพบว่าที่เวลา 5 นาที อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส พบว่าเวลาที่เหมาะสมในการสกัดสารที่ดีที่สุดคือเวลา 5 นาที จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point hedonic scale พบว่าสูตรชาสมุนไพรดีบัวสูตร 2 ที่มีส่วนผสมของคาโมมายล์ได้การยอมรับมากที่สุดเมื่อเทียบกับที่เติม Lemon Blam จากการวัดค่าสีด้วยเครื่อง Hunter Lab Colorimeter พบว่าชาสมุนไพรดีบัวที่มีส่วนผสมของ Lemon Blam มีผลทำให้สีของชาสมุนไพรดีบัวมีสีที่เข้มขึ้นโดยดูได้จากค่า L* จะมีค่าเท่ากับ 0.71 ซึ่งมีสีที่เข้มกว่าชาดีบัวสูตรอื่นๆ และมีความแตกต่างจากสูตรควบคุมเล็กน้อยโดยมีค่า **ΔE** เท่ากับ 3.13 การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH พบว่าชาสมุนไพรดีบัวที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่ดีที่สุดจะมีค่าอยู่ที่ร้อยละ 70.31 ± 0.69 การศึกษาการทดสอบการต้านเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธี Agar Disk Diffusion พบว่าผลิตภัณฑ์ชาดีบัวไม่มีความสามารถในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ *Pseudomonas aeruginosa, Escherichia coli, Bacillus cereus, Staphylococcus aureus*

เอกสารอ้างอิง

1. บุษราคัม สิงห์ชัย นิศา ตระกูลภักดี สาวิตรี ทองลิ้ม. น้ำมันหอมระเหยจากเกสรบัวหลวงราชินี. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2560;25:27-34.DOI 10.14456/tstj.2017.3.
2. สุรัตน์วดี วงศ์คลัง เลอลักษณ์ เสถียรรัตน์ อรุณพร อิฐรัตน์. การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของบัวหลวง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 2557;45 Suppl :673-6.
3. Mukherjee PK, Mukherjee D, Maji AK, Rai S, Hein-rich M. The sacred lotus (*Nelumbo nucifera*)-phytochemical and therapeutic profile. J Pharm Pharmacol 2009; 61: 407-22.
4. Mehta NR, Patel EP, Patani PV, Shah B. *Nelumbo nucifera* (Lotus): a review on ethaobotany, phytochemistry and pharmacology. Indian J Pharm Biol Res 2013; 1: 152-67.
5. Ling Z-Q, Xie B-J, Yang E-L. Isolation, characterization, and determination of antioxidative activity of oligometicprocyaniddins from the seedpod of *Nelumbo nucifera*Gaertn. J Agr Food chem 2005; 53:2441-45.
6. Sohn DH. Hepatoprotective and free radical scavenging effects of *Nelumbo nucifera*. Phytomedicine 2003; 10: 165-9.
7. Lee H-J, Chen C-C, Chou F-P, Wu C-H, Lai F-S, Yang M-Y, et al. Water extracts from *Nelumbo nucifera* leaf reduced plasma lipid and atherosclerosis in cholesterol-fed rabbits. J Food Biochem 2010; 34: 779-95. DOI 10.1111/j.1745-4514.2009.00315.x.
8. Selamassakul O, Laohakunjit N, Kerdchoechuen O, Ratanakhanokchai K. A novel multi-biofunctional protein from brown rice hydrolysed by endo/endo-exoproteases. Food Funct 2016; 7(6): 2635-44.

9. Li XX, Han LJ, Chen LJ. In vitro antioxidant activity of protein hydrolysates prepared from corn gluten meal. J Sci Food Agri 2008; 88: 1660- 6.
10. CLSI. Performance standards for antimicrobial disk susceptibility tests. 28th ed. CLSI Supplement M100 Wayne.PA: Clinical and Laboratory Standards Institute, 2018
11. Venkatesh B, Dorai, A. Antibacterial and antioxidant potential of white and pink Nelumbo nucieraGaertn. Flowers, International Conference on Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics IPCBEE. 2011;5, Singapore: IACSIT Press.

[AS-P54] การเปรียบเทียบสารสกัดของหอมแดง เพื่อใช้ในการพัฒนาแผ่นแปะสมุนไพรบรรเทาอาการหวัด คัดจมูก

Comparison of *Allium ascalonicum* Extracts for Development of Herbal Patch Colds and Nasal Congestion

นรินทร์ทร พันธ์สวัสดิ์*, กัญญ์ธศยา อัครศิริฐรัตนา, ยุพา คงพริก, ลัดดาวัลย์ ชูทอง, รสริน ทักษิณ และไฉน น้อยแสง
Narintorn Pansawat*, Kunthasaya Akkarasiritharattana, Yupa Khongprik, Laddawan Choothong, Rosarin Taksin and Chanai Noysang
วิทยาลัยการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: narintorn_p@rmutt.ac.th*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบปริมาณของเคอซิติน (quercetin) ของสารสกัดจากหอมแดงที่ปลูกในจังหวัดศรีสะเกษและจังหวัดลำพูน ที่สกัดส่วนใต้ดินของหอมแดงสดด้วยวิธีที่แตกต่างกัน 2 วิธี คือ วิธีกลั่นด้วยไอน้ำ และวิธีซอกห์เลต (soxhlet extraction) ซึ่งทดสอบหาเคอซิตินด้วยวิธีทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี (HPTLC) และวิเคราะห์หาปริมาณของเคอซิตินโดยใช้เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) จากการทดสอบหาเคอซิตินด้วยวิธี HPTLC นั้นพบในสารสกัดหอมแดงที่ปลูกในจังหวัดศรีสะเกษ ที่สกัดด้วยวิธีซอกห์เลตเพียงชนิดเดียว ส่วนการหาปริมาณเคอซิตินด้วยวิธี HPLC พบว่าหอมแดงที่ปลูกในจังหวัดลำพูนมีปริมาณของเคอซิตินสูงกว่าจังหวัดศรีสะเกษ สารสกัดด้วยวิธีซอกห์เลตมีปริมาณเคอซิติน 16.045 ± 1.147 ng/µL และสารสกัดด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำมีปริมาณเคอซิติน 9.081 ± 0.351 ng/µL เมื่อนำสารสกัดหอมแดงที่มีปริมาณเคอซิตินสูงสุดมาพัฒนาเป็นแผ่นแปะ โดยเปรียบเทียบสารก่อฟิล์ม 3 ชนิด คือ hydroxyl propyl methylcellulose (HPMC), polyvinyl pyrrolidone (PVP) และ polyvinyl alcohol (PVA) มี sodium alginate (Alg) เป็นสารก่อฟิล์มร่วม และมี glycerol เป็นสารเพิ่มความยืดหยุ่น พบว่าสูตรที่มี PVP เป็นสารก่อฟิล์มที่มีความเหมาะสมในการนำมาพัฒนาเป็นแผ่นแปะจากสารสกัดหอมแดงได้

คำสำคัญ: *สารสกัด หอมแดง แผ่นแปะ*

Abstract

This research was to compare quercetin of extracts in *Allium ascalonicum* L. from Sisaket and Lamphun. The underground parts of *Allium ascalonicum* L. were extracted with steam distillation and soxhlet extraction. Both extracts were separated the chemical compound for quercetin by thin layer chromatography (HPTLC) and quantitative analysis by high performance liquid chromatography (HPLC). The result from HPTLC pattern, only extracts of *Allium ascalonicum* from Sisaket was showed quercetin. But HPLC analysis was found quercetin in *Allium ascalonicum* L. from Lamphun higher amount than Sisaket, soxhlet extraction showed amount of quercetin at 16.045 ± 1.147ng/µL and steam distillation showed at 9.081 ± 0.351 ng/µL. The development of herbal patch of *Allium ascalonicum* L. were compared with different polymers, including hydroxyl propyl methylcellulose (HPMC), polyvinyl pyrrolidone (PVP) and polyvinyl alcohol (PVA). Sodium alginate (Alg) was co-film former and glycerol was plasticizer. The result demonstrated that PVA was suitable for polymers in herbal patch.

Keywords: *Extracts, Allium ascalonicum* L.*, herbal patch*

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศทั้งร้อน ฝน หนาว ทำให้ร่างกายปรับตัวไม่ทัน รวมทั้งภูมิคุ้มกันในร่างกายก็ลดลง จึงมีผลทำให้เชื้อโรคต่างๆ โดยเฉพาะเชื้อหวัดที่มีอยู่ตามอากาศแพร่กระจายเข้าสู่ร่างกายได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้เกิดการอักเสบของทางเดินหายใจส่วนต้น ซึ่งอาการมีทั้งไอ เจ็บคอ คัดจมูก น้ำมูกไหล และไข้ ซึ่งมักหายไปเองในเจ็ดถึงสิบวัน แต่บางอาการอาจอยู่ได้นานถึงสามสัปดาห์ อาการนี้สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งในเด็กและผู้ใหญ่ โดยเฉพาะในเด็กเล็กและเด็กที่เพิ่งเข้าโรงเรียนในช่วงปีแรกๆ จะพบว่ามีการเจ็บป่วยบ่อยกว่าในเด็กโตและผู้ใหญ่[1,2] เนื่องจากในเด็กเล็กร่างกายมีภูมิคุ้มกันต่อเชื้อโรคน้อยกว่าในผู้ใหญ่ การรักษาอาการหวัด คัดจมูกนั้นส่วนใหญ่จะได้รับยาลดไข้ ยาแก้แพ้และยาลดน้ำมูก แต่ปัญหาที่พบส่วนใหญ่ในเด็กเล็กจะไม่ชอบรับประทานยา รวมถึงในเด็กเล็กมีข้อห้ามและข้อควรระวังในการใช้ยาแก้แพ้หรือยาลดน้ำมูก โดยยากลุ่มนี้จะห้ามใช้ในทารกแรกเกิดและทารกที่คลอดก่อนกำหนด นอกจากนั้นในเด็กเล็กต้องระวังอย่างมากหากใช้มากเกินไปอาจจะทำให้เกิดอาการกระสับกระส่าย ทำให้นอนไม่หลับ และอาจทำให้เกิดอาการชักได้[3] ดังนั้นในเด็กเล็กโดยเฉพาะเด็กเล็กที่อายุต่ำกว่า 1 ขวบจะไม่แนะนำให้ใช้ยากลุ่มนี้ แต่จะให้การดูแลในการกำจัดน้ำมูกออกพร้อมทั้งทำให้โล่งจมูกด้วยวิธีอื่นๆ แทน

จากภูมิปัญญาหมอพื้นบ้านพบว่าในการรักษาอาการหวัด คัดจมูกในเด็กเล็กนั้นได้มีการนำหัวหอมแดงมาตำสุมกระหม่อมเด็กเพื่อใช้แก้หวัดได้เป็นอย่างดี นอกจากนั้นตามตำราพระโอสถพระนารายณ์ได้ระบุว่าแพทย์แผนโบราณใช้หัวหอมแดงตำสุมหัวเด็กแก้หวัด ซึ่งสารทางพฤกษเคมีที่สำคัญที่พบในหอมแดงส่วนใหญ่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหย ที่ประกอบด้วยสารกลุ่ม sulfide, flavonoid, glycosides, pectin, glucokinin[4,5] โดยสรรพคุณตามตำรายาแผนโบราณจะใช้หัวแก่จัดๆ กินเป็นยาขับลมในลำไส้ แก้ปวดท้อง นำหัวหอมแดงมาตำแล้วนำมาสุมหรือพอกหัวเด็กไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง แก้หวัด คัดจมูก[6,7] นอกจากนั้นยังพบว่าในหอมแดงมีสารไบโอฟลาโวนอยด์ชื่อ เคอซิติน (quercitin) ซึ่งมีสูตรโครงสร้างทางเคมีคล้ายโครโมลิน โซเดียม (cromolyn sodium) ซึ่งเป็นยาแผนปัจจุบันที่นิยมนำมาใช้รักษาโรคภูมิแพ้และอาการหอบหืด โดยสารในกลุ่มไบโอฟลาโวนอยด์นั้นมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งอนุมูลอิสระเป็นเสมือนเชื้อเพลิงที่ทำให้อาการอักเสบรุนแรงขึ้น[8] นอกจากนั้นยังพบว่าสารเคอซิตินเป็นสารที่ให้ฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชั่นสูง ป้องกันการอักเสบ ป้องกันแบคทีเรียและไวรัส ช่วยเพิ่มภูมิต้านทานโรค ควบคุมการออกฤทธิ์ของฮอร์โมน ช่วยป้องกันอาการแพ้ได้

แผ่นแปะผิวหนังเป็นระบบการนำส่งยาผ่านผิวหนังรูปแบบหนึ่งที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นวิธีที่สะดวกในการบริหารยา นอกจากนั้นยังสามารถควบคุมการปลดปล่อยยาและหยุดยาได้ทันทีด้วยตนเอง ซึ่งแตกต่างจากการให้ยาด้วยวิธีอื่นๆ รวมถึงการนำส่งยาทางผิวหนังนั้นไม่ก่อให้เกิดความเจ็บปวดต่อร่างกายของผู้ป่วย จากข้อดีต่างๆ นั้นจึงทำให้การนำส่งยาทางผิวหนังเป็นทางเลือกเพิ่มเติมสำหรับการให้ยาของผู้ป่วยได้[9] และจะเห็นว่าในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมานี้ได้มีการพัฒนาเกี่ยวกับแผ่นแปะผิวหนังเพิ่มมากขึ้น

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดในการนำหอมแดงจากแหล่งเพาะปลูก 2 แหล่งมาเปรียบเทียบหาปริมาณเคอซิติน (quercitin) ในการบรรเทาอาการหวัด คัดจมูก และเปรียบเทียบวิธีการสกัด 2 วิธี เพื่อให้ได้สารสกัดของหอมแดงที่ดีที่สุดในการนำมาพัฒนาแผ่นแปะ เพื่อให้ง่ายและสะดวกในการนำไปใช้และเหมาะสมกับยุคปัจจุบันมากขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมพืช

ส่วนที่ใช้เป็นหัวหอมแดง จากแหล่งเพาะปลูก 2 แหล่ง ได้แก่ หอมแดงที่ปลูกในจังหวัดศรีสะเกษ และจังหวัดลำพูน โดยนำหัวหอมแดงมาทำการล้างและปลอกเปลือกให้สะอาด จากนั้นผึ่งไว้ให้แห้งแล้วนำมาลดขนาดด้วยการนำไปปั่นพอหยาบ นำหอมแดงที่ได้ไปสกัดด้วย 2 วิธี

2. การสกัดสารจากพืช

2.1 การสกัดด้วยวิธีกลั่นด้วยไอน้ำ ซึ่งใช้น้ำเป็นตัวทำละลายในอัตราส่วน 1:4 คือ ใช้หัวหอมแดง 1 ส่วน และใช้น้ำ 4 ส่วน และการสกัดด้วยวิธีซอกห์เลต (soxhlet extraction) ซึ่งใช้แอลกอฮอล์ 60% เป็นตัวทำละลายในอัตราส่วน 1:4 คือ ใช้หัวหอมแดง 1 ส่วน และใช้แอลกอฮอล์ 60% 4 ส่วน โดยการสกัดทั้ง 2 วิธีจะใช้เวลาในการสกัด 10 ชั่วโมง โดยทำการสกัดซ้ำ 3 ครั้ง จากนั้นนำสารสกัดที่ได้ไปกรองแบบหยาบและนำไปกรองแบบละเอียดด้วย busher funnel แล้วนำไประเหยน้ำและแอลกอฮอล์ออกด้วยเครื่อง rotary evaporator จากนั้นนำสารสกัดไปเก็บเข้าตู้เย็นเพื่อรักษาคุณภาพของสารสกัดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2.2 สังเกตลักษณะสีที่ได้ และคำนวณหาร้อยละผลผลิต (percentage yield)

3. การหาสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ด้วยเทคนิคทางโครมาโทกราฟี

3.1 วิธีทินเลเยอร์โครมาโทกราฟีหรือรงคเลขผิวบาง (HPTLC)

นำสารสกัดหอมแดงที่ความเข้มข้นที่ 20 mg/mL และสารมาตรฐานเปรียบเทียบ quercetin ที่ความเข้มข้น 1 mg/mL หยดลงบนแผ่น TLC silica gel F_{254} ขนาด 20 cm x 10 cm ด้วยเครื่องหยดสาร Linomat 5, CAMAG ที่ปริมาตร 10 ไมโครลิตร (µL) และพัฒนาแผ่นด้วยเครื่องพัฒนาระบบ HPTLC อัตโนมัติ ซึ่งมีวัฏภาคเคลื่อนที่เหมาะสม หลังจากพัฒนาแผ่นเรียบร้อย นำไปถ่ายภาพภายใต้แสงธรรมชาติและแสงอัตราไวโอเลตที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตรและ 366 นาโนเมตร จากนั้นจึงตรวจสอบด้วยสารตรวจสอบเคมีเพื่อดูปฏิกิริยาการเกิดสี จึงถ่ายภาพและบันทึกอีกครั้ง จากนั้นคิดคำนวณหาอัตราการเคลื่อนที่ของสารบนตัวดูดซับ (R_f) ตามสูตรด้านล่าง

$$R_f = \frac{\text{ระยะทางสารเคลื่อนที่จากตำแหน่งเริ่มต้น}}{\text{ระยะทางที่เฟสเคลื่อนที่เคลื่อนที่จากตำแหน่งเริ่มต้นถึงตำแหน่งสูงสุด}}$$

3.2 การทดสอบหาสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids)

เตรียมวัฏภาคเคลื่อนที่ (mobile phase system) คือ toluene: ethyl acetate: formic acid (อัตราส่วน 8.5:5.5:1, v/v)[10] ซึ่งมีสารเปรียบเทียบมาตรฐาน คือ quercetin หลังจากพัฒนาแผ่น TLC เรียบร้อยแล้ว ทำการตรวจสอบด้วยสารเคมี โดยพ่นสารละลายอะลูมิเนียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 ในเอทานอล (1% aluminium chloride in ethanol) หลังการพ่น สังเกตสีของแบน TLC โครมาโทแกรม โดยสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ผลบวกจะเห็นการเรืองแสงสีเหลือง เขียว ส้ม แดง ฟ้า เมื่อตรวจสอบภายใต้แสงอัลตราไวโอเลตความยาวคลื่น 366 นาโนเมตร

4. การหาปริมาณสารเคอซิติน (quercetin) ด้วยวิธีโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC)

4.1 สภาวะของเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง

ในการวิเคราะห์หาปริมาณสาร quercetin จากสารสกัดหอมแดง ด้วยเครื่องลิควิดโครมาโทกราฟีของบริษัท Agilent รุ่น 1260 infinity สภาวะการแยกสารตัวอย่างเลือกใช้วัฏภาคคงที่เป็นคอลัมน์ชนิด C_{18} ของบริษัท Agilent รุ่น ZORBAX Eclipse plus ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง x ความยาวที่ 4.6 x 100 มิลลิเมตร โดยบรรจุอนุภาคภายในคอลัมน์ขนาด 5 ไมครอน ควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส และวัฏภาคเคลื่อนที่ (mobile phase) คือสารละลายผสม 2 ชนิดคือระหว่าง สาร A, acetonitrile (ACN) และ สาร B, สารละลายกรด orthrophosphoric acid ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยสภาวะการแยกสารแบบคงที่ของอัตราส่วนของวัฏภาคเคลื่อนที่ 38 ต่อ 62, v/v ที่อัตราการไหล (flow rate) 0.8 มิลลิลิตรต่อนาที ปริมาตรของสารที่ฉีดเท่ากับ 20 ไมโครลิตร (µL) และตรวจวัดสัญญาณค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องตรวจวัดชนิดไดโอดแอร์เรย์ (diode array detector) ของบริษัท Agilent รุ่น 1260 DAD VL ที่วัดความยาวคลื่นที่ 369 นาโนเมตร ของสารมาตรฐาน quercetin ที่ใช้วิเคราะห์

4.2 การตรวจสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ด้วยวิธี high-performance liquid chromatography ร่วมกับการวัดการดูดกลืนแสง[11]

4.2.1 ขีดจำกัดการตรวจพบ (limits of detection, LOD) และขีดจำกัดการหาปริมาณ (limits of quantification, LOQ) ซึ่งการหาขีดจำกัดการตรวจพบ (LOD) และขีดจำกัดการหาปริมาณ (LOQ) โดยการเตรียมสารละลายมาตรฐาน quercetin ที่ต่ำกว่าช่วงความเป็นเส้นตรง ฉีดเข้าเครื่อง HPLC โดยลดความเข้มข้นลดลง จนไม่ปรากฏพีกของสาร quercetin บันทึกความเข้มข้นต่ำสุดที่เครื่องสามารถวิเคราะห์ได้ โดยขีดจำกัดการตรวจพบ LOD (3S/N ratio, signal/noise ratio) และขีดจำกัดการหาปริมาณ LOQ (10S/N ratio)

4.2.2 การทดสอบความเป็นเส้นตรงและช่วงของการวิเคราะห์ (linearity and range) โดยการทดสอบความเป็นเส้นตรงและช่วงของการวิเคราะห์นั้น ทำการทดสอบโดยฉีดวิเคราะห์สารละลายมาตรฐาน quercetin ที่ความเข้มข้นช่วง 3-150 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC-DAD ตามวิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสมเดียวกัน อย่างน้อย 2 ตัวอย่าง ฉีดวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสาร quercetin กับพื้นที่ใต้กราฟ เพื่อศึกษาสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง และค่าสัมประสิทธิ์สหพันธ์ (correlation coefficient) มีเกณฑ์การยอมรับ r= 0.995-1.000

4.2.3 การทดสอบความแม่นยำของระบบ (accuracy) และการทดสอบความเที่ยงของระบบ (precision) ซึ่งการทดสอบความเที่ยงตรง (precision) ของวิธีวิเคราะห์ ทดสอบโดยเตรียมสาระลายมาตรฐาน quercetin ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ ความเข้มข้นต่ำ กลาง และสูง โดยฉีดวิเคราะห์ซ้ำ 10 ครั้ง คำนวณหาค่า %RSD อยู่ที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 และการทดสอบความแม่นยำ (accuracy) โดยเติมสารละลาย quercetin ที่ทราบความเข้มข้น 3 ความเข้มข้นลงในสารตัวอย่าง 3 ตัวอย่าง ฉีดวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง นำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานหาความเข้มข้นของสารตัวอย่าง และคำนวณหาร้อยละการกลับคืนของสารละลายมาตรฐานที่เติมลงไป ร้อยละการคืนกลับ (% recovery) มีเกณฑ์การยอมรับอยู่ในช่วง 98-102%

5. การนำสารสกัดมาพัฒนาแผ่นแปะ

ในการพัฒนาแผ่นแปะจะใช้โพลิเมอร์ (polymer) เป็นสารก่อฟิล์ม ซึ่งจะใช้ hydroxyl propyl methylcellulose (HPMC), polyvinyl pyrrolidone (PVP) และ polyvinyl alcohol (PVA) ส่วนสารก่อฟิล์มร่วมจะใช้ sodium alginate (Alg) และสารเพิ่มความยืดหยุ่น (plasticizer) จะใช้ glycerol จากนั้นเติมสารสกัดสมุนไพรหอมแดง ผสมให้ส่วนผสมเข้ากันนำสูตรตำรับที่ผสมได้ จำนวน 50 กรัมเทลงใน glass petri dish แล้วตั้งทิ้งไว้ให้ฟองหายไปที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นทำให้แห้งภายในตู้อบที่อุณหภูมิ 40-60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-36 ชั่วโมง ลอกแผ่นแปะออกจาก glass petri dish และนำไปเก็บไว้ในโถดูดความชื้น (desiccator)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการสกัดสารจากหอมแดง

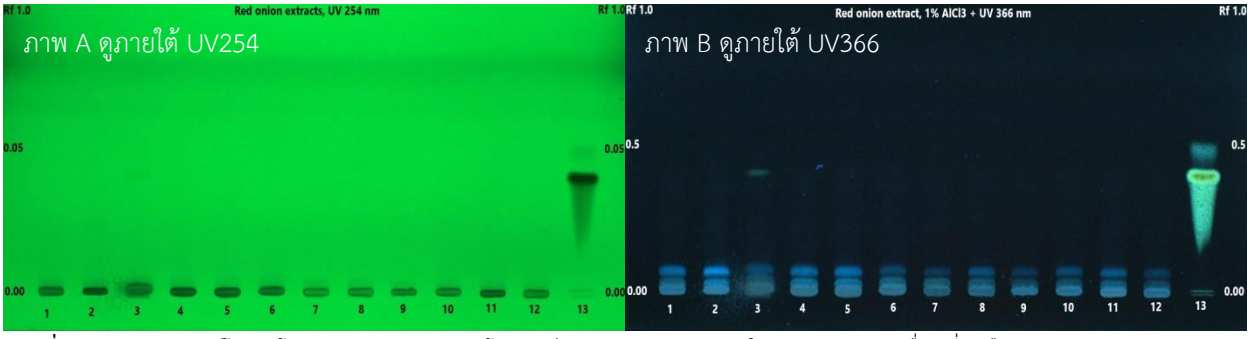
จากการสกัดหอมแดงจาก 2 แหล่ง คือ หอมแดงที่ปลูกในจังหวัดศรีสะเกษ และจังหวัดลำพูน ซึ่งสกัดด้วย 2 วิธี คือ การกลั่นด้วยไอน้ำ และวิธีซอกห์เลต พบว่าสารกัดมีลักษณะข้นหนืด สีน้ำตาล สารสกัดหอมแดงที่ปลูกในจังหวัดศรีสะเกษทั้ง 2 วิธี มีค่าปริมาณผลผลิตร้อยละ (percentage yield) สูงกว่าสารสกัดหอมแดงที่ปลูกในจังหวัดลำพูน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณผลผลิตร้อยละ (percentage yield) ของสารสกัดหอมแดง

แหล่งปลูก	วิธีสกัด	น้ำหนักที่ได้ (กรัม)	ผลผลิตร้อยละ	ลักษณะของสารสกัด
จังหวัดศรีสะเกษ	การกลั่นด้วยไอน้ำ	35.97	11.99	หนืด สีน้ำตาล
	ซอกห์เลต	26.75	12.73	หนืด สีน้ำตาล
จังหวัดลำพูน	การกลั่นด้วยไอน้ำ	29.88	9.96	หนืด สีน้ำตาล
	ซอกห์เลต	26.46	12.60	หนืด สีน้ำตาล

2. การหาสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ด้วยเทคนิคทางโครมาโทกราฟี โดยใช้วิธีทินเลเยอร์โครมาโทกราฟีหรือรงคเลขผิวบาง (HPTLC)

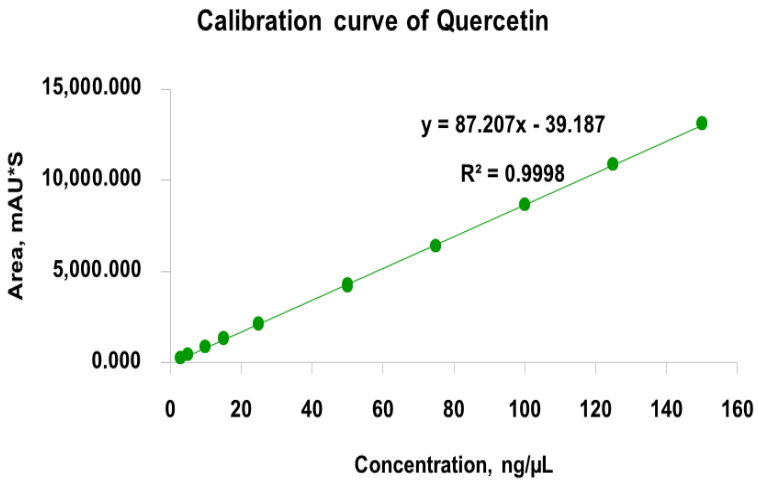
ผลการตรวจสอบสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ของสารสกัดหอมแดง จากการทดสอบหาสาร quercetin ในสารสกัดหอมแดงที่ความเข้มข้น 20 mg/mL ด้วยวิธี HPTLC ปรากฏแถบทึบแสงที่ค่า R_f 0.40 (R_f ช่วง 0.38-0.43) ที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ในสารมาตรฐาน quercetin และสารสกัดหอมแดงที่ปลูกในจังหวัดศรีสะเกษด้วยวิธีซอกห์เลต (แถบที่ 3) เมื่อพ่นสาร 1% aluminium chloride ตรวจสอบภายใต้ความยาวคลื่น 366 นาโนเมตร ปรากฏการเรืองแสงสีเขียวเหลืองจางๆ ตรงกับสารมาตรฐาน quercetin แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงทินเลเยอร์โครมาโทแกรมหาสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ของสารสกัดหอมแดง ในระบบวัฏภาคเคลื่อนที่.1 คือ toluene: ethyl acetate: formic acid (8.5:5.5:1, v/v) ตรวจสอบ หลังพ่น 1% aluminium chloride ตรวจสอบภายใต้แสงธรรมชาติ และ UV 366 นาโนเมตร โดยแถบที่ 1= หอมแดงจังหวัดศรีสะเกษสกัดด้วยซอกห์เลตครั้งที่ 1, 2= หอมแดงจังหวัดศรีสะเกษสกัดด้วยซอกห์เลตครั้งที่ 2, 3= หอมแดงจังหวัดศรีสะเกษสกัดด้วยซอกห์เลตครั้งที่ 3, 4= หอมแดงจังหวัดลำพูนสกัดด้วยซอกห์เลตครั้งที่ 1, 5= หอมแดงจังหวัดลำพูนสกัดด้วยซอกห์เลตครั้งที่ 2, 6= หอมแดงจังหวัดลำพูนสกัดด้วย ซอกห์เลตครั้งที่ 3, 7= หอมแดงจังหวัดศรีสะเกษสกัดด้วยน้ำครั้งที่ 1, 8= หอมแดงจังหวัดศรีสะเกษสกัดด้วยน้ำครั้งที่ 2, 9= หอมแดงจังหวัดศรีสะเกษสกัดด้วยน้ำครั้งที่ 3, 10= หอมแดงจังหวัดลำพูนสกัดด้วยน้ำครั้งที่ 1, 11= หอมแดงจังหวัดลำพูนสกัดด้วยน้ำครั้งที่ 2, 12= หอมแดงจังหวัดลำพูนสกัดด้วยน้ำครั้งที่ 3, และ 13= quercetin

3. ผลการตรวจสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ด้วยวิธี high-performance liquid chromatography ร่วมกับการวัดการดูดกลืนแสง

จากการทดสอบความเป็นเส้นตรงและช่วงของการวิเคราะห์ (linearity and range) ได้กราฟความเข้มข้นของสาร quercetin แสดงดังภาพที่ 2 จากการวิเคราะห์หากราฟความเข้มข้นของสาร quercetin ที่ความเข้มข้น 3, 5, 10, 15, 25, 50, 75, 100, 125 และ 150 µg/mL วิเคราะห์อย่างน้อยความเข้มข้นละ 2 ตัวอย่าง ฉีดวิเคราะห์ 3 ซ้ำ คำนวณหาค่าความสัมพันธ์เชิงเส้นของความเข้มข้นต่อพื้นที่ใต้กราฟ ได้สมการ y=87.207x – 39.187 และค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (coefficient determination), R^2=0.9998

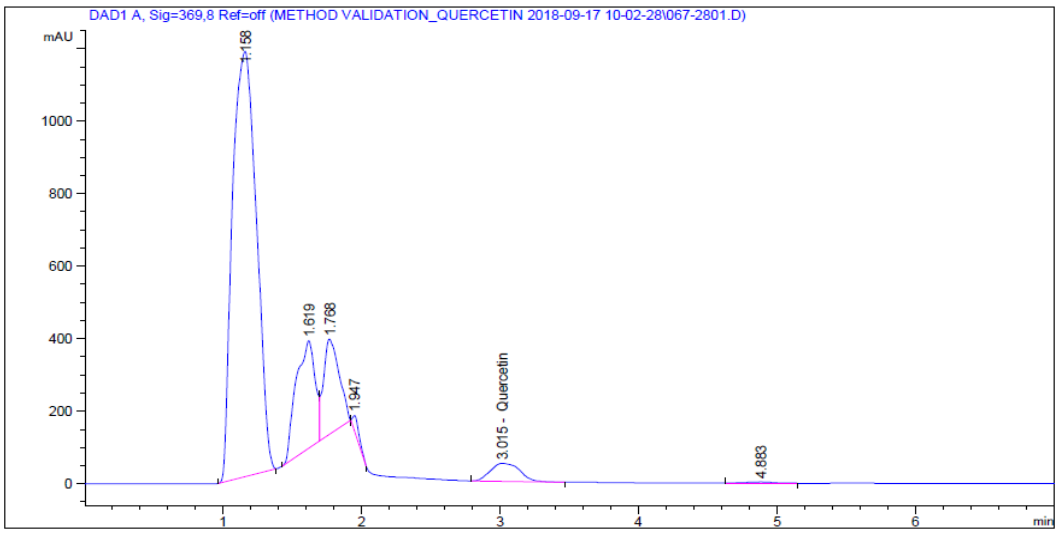


ภาพที่ 2 แสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นของสารมาตรฐาน quercetin

4. ผลการหาปริมาณสาร quercetin ในสารสกัดหอมแดง โดยวิธีโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง ร่วมกับการวัดสัญญาณการดูดกลืนแสง (HPLC-DAD)

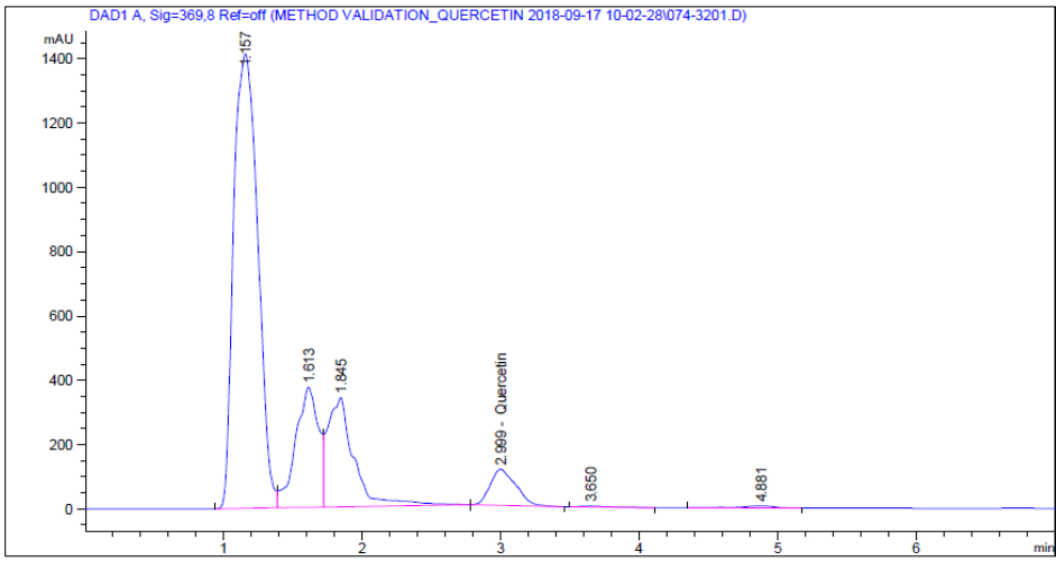
4.1 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสาร quercetin ของสารสกัดหอมแดง ที่สกัดโดยวิธีซอกห์เลต (soxhlet extraction)

จากการวิเคราะห์หาปริมาณสาร quercetin ในสารสกัดหอมแดงที่ปลูกในจังหวัดศรีสะเกษ พบว่าผลโครมาโทแกรมของสารสกัดหอมแดงแสดงค่า retention time เท่ากับ 3.014 ± 0.005 min ซึ่งตรงกับสารมาตรฐาน quercetin เมื่อคำนวณพื้นที่ใต้กราฟเพื่อหาปริมาณสาร quercetin ในสารสกัดหอมแดงเปรียบเทียบกับ calibration curve พบมีปริมาณสาร quercetin เท่ากับ 9.167 ±0.238 ng/µL แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แสดงโครมาโทแกรมของสารสกัดหอมแดงที่ปลูกในจังหวัดศรีสะเกษ ด้วยวิธีซอกห์เลต

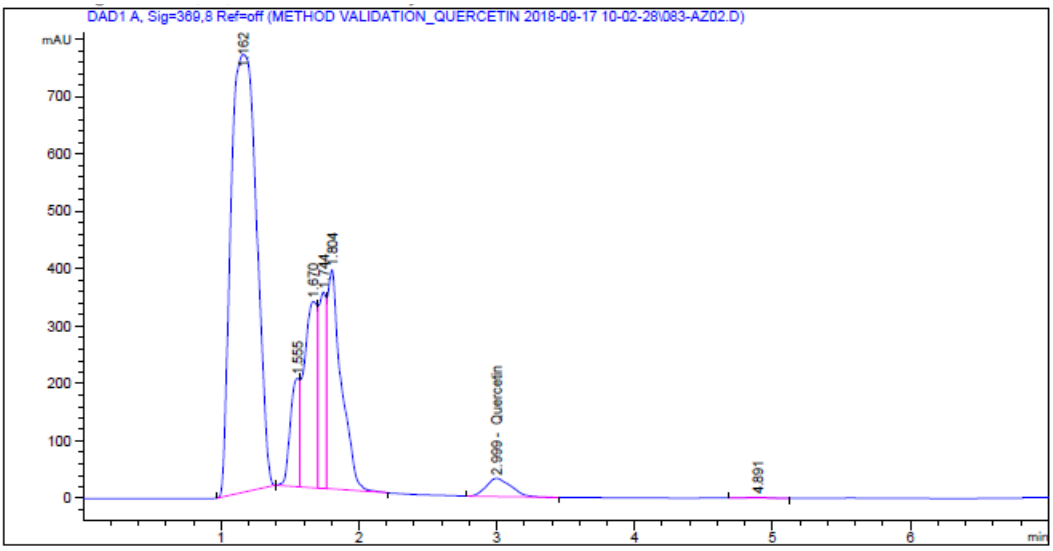
จากการวิเคราะห์หาปริมาณสาร quercetin ในสารสกัดหอมแดงที่ปลูกในจังหวัดลำพูน พบว่าผลโครมาโทแกรมของสารสกัดหอมแดงแสดงค่า retention time เท่ากับ 2.999 ± 0.005 min ซึ่งตรงกับสารมาตรฐาน quercetin เมื่อคำนวณพื้นที่ใต้กราฟเพื่อหาปริมาณสาร quercetin ในสารสกัดหอมแดงเปรียบเทียบกับ calibration curve พบมีปริมาณสาร quercetin เท่ากับ 16.045 ±1.147 ng/µL แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงโครมาโทแกรมของสารสกัดหอมแดงที่ปลูกในจังหวัดลำพูน ด้วยวิธีซอกห์เลต

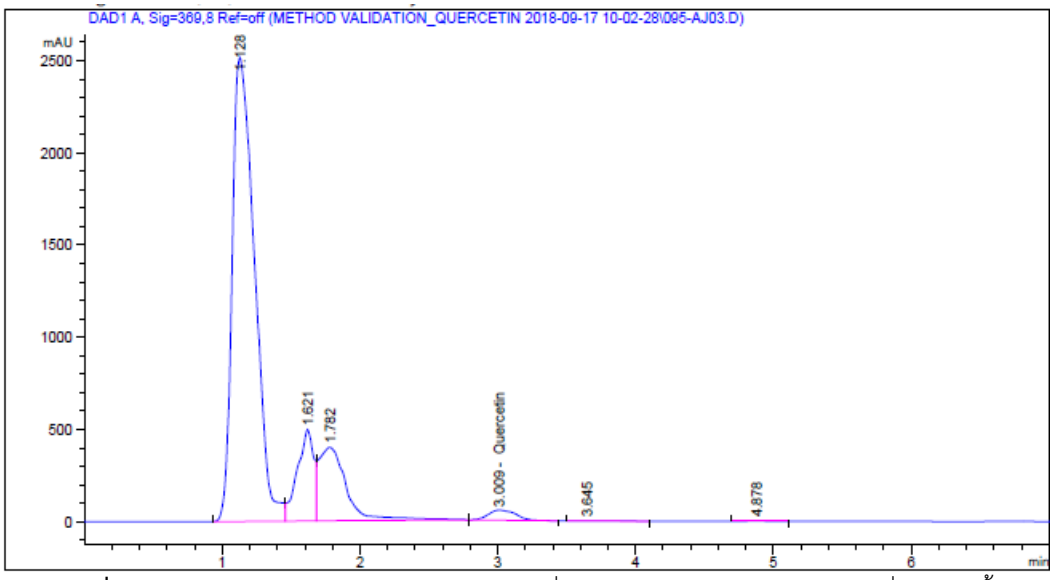
4.2 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสาร quercetin ของสารสกัดหอมแดง ที่สกัดโดยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ

จากการวิเคราะห์หาปริมาณสาร quercetin ในสารสกัดหอมแดงที่ปลูกในจังหวัดศรีสะเกษ พบว่าผลโครมาโทแกรมของสารสกัดหอมแดงแสดงค่า retention time เท่ากับ 2.999 ± 0.003 min ซึ่งตรงกับสารมาตรฐาน quercetin เมื่อคำนวณพื้นที่ใต้กราฟเพื่อหาปริมาณสาร quercetin ในสารสกัดหอมแดงเปรียบเทียบกับ calibration curve พบมีปริมาณสาร quercetin เท่ากับ 5.095 ± 0.018 ng/µL แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แสดงโครมาโทแกรมของสารสกัดหอมแดงที่ปลูกในจังหวัดศรีสะเกษ ด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ

จากการวิเคราะห์หาปริมาณสาร quercetin ในสารสกัดหอมแดงที่ปลูกในจังหวัดลำพูน พบว่าผลโครมาโทแกรมของสารสกัดหอมแดงแสดงค่า retention time เท่ากับ 3.009 ± 0.005 min ซึ่งตรงกับสารมาตรฐาน quercetin เมื่อคำนวณพื้นที่ใต้กราฟเพื่อหาปริมาณสาร quercetin ในสารสกัดหอมแดงเปรียบเทียบกับ calibration curve พบมีปริมาณสาร quercetin เท่ากับ 9.081 ± 0.351 ng/µL แสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แสดงโครมาโทแกรมของสารสกัดหอมแดงที่ปลูกในจังหวัดลำพูน ด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ

5. การนำสารสกัดมาพัฒนาแผ่นแปะ

การศึกษาพัฒนาแผ่นแปะจากสารสกัดหอมแดงจะใช้หอมแดงที่ปลูกในจังหวัดลำพูน ด้วยวิธีการสกัดแบบวิธีซอกห์เลตมาพัฒนา โดยเปรียบเทียบสารก่อฟิล์ม 3 ชนิด คือ hydroxyl propyl methylcellulose (HPMC), polyvinyl pyrrolidone (PVP) และ polyvinyl alcohol (PVA) ซึ่งสารก่อฟิล์มทั้ง 3 ชนิดจะมี Sodium alginate (Alg) เป็นสารก่อฟิล์มร่วม และมี glycerol เป็น plasticizer โดยเตรียม 4% สารละลายสารก่อฟิล์มและสารก่อฟิล์มร่วม และ 30% plasticizer โดยคำนวณจากปริมาณของสารก่อฟิล์มและสารก่อฟิล์มร่วม จากนั้นเติมสารสกัดสมุนไพรหอมแดง 1% โดยได้สูตรและผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงสูตรและผลการทดลองของการพัฒนาแผ่นแปะจากสารสกัดหอมแดง

สูตรที่	สารก่อฟิล์มและสารก่อฟิล์มร่วม (1:1)		Plasticizer ความเข้มข้น (30%w/w)	ความคงตัวเมื่อทิ้งไว้ 2 เดือน	ลักษณะทางกายภาพ
	สารก่อฟิล์ม ความเข้มข้น (%w/v)	สารก่อฟิล์มร่วม ความเข้มข้น (%w/v)			
1	HPMC 4%	Alg 4%	glycerol	ไม่สามารถลอกออกเป็นแผ่นได้ เกิดเชื้อรา	ไม่สามารถลอกออกเป็นแผ่นได้ ผิวเรียบ
2	PVP 4%	Alg 4%	glycerol	ผิวด้านบนของแผ่นแปะมีลักษณะเป็นน้ำเหนียวๆ	ผิวด้านบนเป็นน้ำเหนียวๆ ผิวเรียบ ไม่เต็มแผ่น หดตัว ลอกออกเป็นแผ่นได้
3	PVA 4%	Alg 4%	glycerol	ผิวเรียบและสม่ำเสมอ มีลักษณะใส	ผิวเรียบและสม่ำเสมอ มีลักษณะใส ลอกออกเป็นแผ่นได้

จากการศึกษาพัฒนาแผ่นแปะจากสารสกัดหอมแดง พบว่าสูตรที่มี hydroxyl propyl methylcellulose (HPMC) เป็นสารก่อฟิล์มนั้นแผ่นแปะไม่สามารถลอกเป็นแผ่นได้และเมื่อนำไปเก็บไว้แผ่นแปะเกิดความชื้นง่าย จึงทำให้เกิดเชื้อรา ส่วนสูตรที่มี polyvinyl pyrrolidone (PVP) แผ่นแปะแห้งเฉพาะบริเวณด้านล่าง แต่บริเวณด้านบนจะมีลักษณะเป็นน้ำเหนียวๆ เมื่อนำไป

เก็บไว้ผิวบริเวณด้านบนของแผ่นแปะยังคงมีลักษณะเช่นเดิม ส่วนสูตรที่มี polyvinyl alcohol (PVA) เป็นสารก่อฟิล์ม จะได้แผ่นแปะที่เหมาะสมมากที่สุด คือ มีความเรียบและสม่ำเสมอ มีลักษณะใส และสามารถลอกออกเป็นแผ่นได้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสูตรที่มี polyvinyl alcohol (PVA) เป็นสารก่อฟิล์ม มีความเหมาะสมที่จะนำมาพัฒนาเป็นแผ่นแปะจากสารสกัดหอมแดงต่อไป

สรุป

จากการคัดเลือกหอมแดงจาก 2 แหล่ง คือ หอมแดงที่ปลูกในจังหวัดศรีสะเกษ และจังหวัดลำพูน ซึ่งหอมแดงที่มาจากทั้ง 2 แหล่งเป็นสายพันธุ์เดียวกัน จากนั้นนำมาสกัดด้วย 2 วิธี คือ วิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ และวิธีซอกห์เลต พบว่าสารกัดมีลักษณะข้นหนืด สีน้ำตาล โดยสารสกัดหอมแดงที่ปลูกในจังหวัดศรีสะเกษมีค่าปริมาณผลผลิตร้อยละ (percentage yield) สูงกว่าสารสกัดหอมแดงที่ปลูกในจังหวัดลำพูน จากนั้นนำมาทดสอบหา quercetin ที่เกี่ยวข้องกับการรักษาอาการหวัด ซึ่งเป็นสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ด้วยวิธีการแยกสารด้วย HPTLC และวิเคราะห์หาปริมาณสารด้วยวิธี HPLC ซึ่งการทดสอบหา quercetin ในสารสกัดหอมแดงด้วยวิธีการแยกสารด้วย HPTLC พบการเรืองแสงในสารสกัดหอมแดงที่ปลูกในจังหวัดศรีสะเกษด้วยวิธีซอกห์เลตเพียงชนิดเดียว ซึ่งสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) เป็นสารที่มีขั้วสูง จึงสามารถละลายออกมากับตัวทำละลายที่มีขั้วเหมือนกัน แต่การสกัดด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำจะได้สารสกัดที่มีความมีขั้วสูงกว่าเอทานอล อาจจะทำให้วิธีการแยกสารด้วย HPTLC ไม่สามารถพบ quercetin ได้

ในการวิเคราะห์หาปริมาณสาร quercetin ด้วยวิธี HPLC พบว่าสารสกัดหอมแดงที่ปลูกในจังหวัดศรีสะเกษที่สกัดด้วยวิธีซอกห์เลตมีปริมาณ quercetin เท่ากับ 9.167 ± 0.238 ng/µL และสกัดด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำมีปริมาณ quercetin เท่ากับ 5.095 ± 0.018 ng/µL ขณะที่สารสกัดหอมแดงที่ปลูกในจังหวัดลำพูนที่สกัดด้วยวิธีซอกห์เลตมีปริมาณ quercetin สูงถึง 16.045 ± 1.147 ng/µL และสกัดด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำมีปริมาณ quercetin เท่ากับ 9.081 ± 0.351 ng/µL โดยสารสกัดหอมแดงที่ปลูกในจังหวัดลำพูนที่สกัดด้วยวิธีซอกห์เลตจะนำมาใช้ในการพัฒนาแผ่นแปะ

การพัฒนาแผ่นแปะจากสารสกัดหอมแดงจะทำการเปรียบเทียบสารก่อฟิล์ม 3 ชนิด คือ hydroxyl propyl methylcellulose (HPMC), polyvinyl pyrrolidone (PVP) และ polyvinyl alcohol (PVA) จาการทดลองพบว่าสูตรที่มี PVA เป็นสารก่อฟิล์มมีความเหมาะสมในการนำมาพัฒนาเป็นแผ่นแปะจากสารสกัดหอมแดงมากที่สุด แต่จะเห็นว่ามีงานวิจัยหลายๆ งานที่พัฒนาแผ่นแปะสมุนไพรได้นำ HPMC และ PVP มาเป็นสารก่อฟิล์ม และสามารถพัฒนาเป็นแผ่นแปะสมุนไพรได้เช่นกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับสมุนไพรในแต่ละชนิดที่จะสามารถเข้ากับสารก่อฟิล์มนั้นได้ อย่างไรก็ตามควรมีการนำแผ่นแปะที่ได้ไปทดลองหรือศึกษาต่อเพิ่มเติม เพื่อให้ได้แผ่นแปะที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

1. สุรเกียรติ อาชานานุภาพ. ตำราการตรวจรักษาโรคทั่วไป: หลักการวินิจฉัยและรักษาโรค / 280 โรคและการดูแลรักษา. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์หมอชาวบ้าน; 2544.
2. สุรเกียรติ อาชานานุภาพ. ตำราการตรวจรักษาโรคทั่วไป 2: 350 โรคกับการดูแลรักษาและการป้องกัน. กรุงเทพฯ: โฮลิสติก พับลิชชิ่ง; 2551.
3. วิรัตน์ ทองรอด. ยาลดน้ำมูกในเด็ก. บทความสุขภาพน่ารู้ หมอชาวบ้าน [อินเตอร์เน็ท]; 2547 [เข้าถึงเมื่อ 22 พฤศจิกายน 2559]. เข้าถึงได้จาก https://www.doctor.or.th/article/detail/3044
4. อรวรรณ สัมฤทธิ์เดชขจร. รหัสลับหัวหอม...เมนูสุดเศร้า. วารสารเทคโนโลยีวัสดุ 2549; (43): 4.
5. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. สมุนไพรไม้พื้นบ้าน 1. กรุงเทพฯ: บริษัทประชาชนจำกัด; 2539.
6. ชยันต์ พิเชียรสุนทร, แม้นมาส ชวลิต และวิเชียร จีรวงส์. คำอธิบายตำราพระโอสถพระนารายณ์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์อมรินทร์; 2544.
7. ฐานข้อมูลเครื่องยาสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. หอมแดง [อินเตอร์เน็ท]; 2552 [เข้าถึงเมื่อ 19 ธันวาคม 2559]. เข้าถึงจาก http://www.thaicrudedrug.com/main.php?action=view page&pid=145

8. สุภาภรณ์ ปิติพร. สมุนไพรเพื่อชีวิตพิชิตโรคภัย: สุขภาพวิถีไทย อภัยภูเบศร...เพื่อการพึ่งพาตนเอง. ปราจีนบุรี: โรงพยาบาลอภัยภูเบศร; 2549.
9. ภกาน ศรีเพ็ชร. การควบคุมคุณภาพแผ่นแปะผิวหนังนำส่งยา. บทความวิชาการเพื่อการศึกษาต่อเนื่องทางเภสัชศาสตร์ 2560: 1-6.
10. Kumar A., Kumar D., Kumar S. and Shri. Comparative evaluation of quercetin content in three varieties of Allium cepa using TLC densitometry. IJAPBC 2015; 4(3): 612-619.
11. Epshtein N.A. Structure of chemical compounds methods of analysis and process control validation of HPLC techniques for pharmaceutical analysis. Pharmaceutical Chemistry Journal 2004; 38(4): 212-228.

[AS-P55] การศึกษาองค์ประกอบทางพฤกษเคมีของว่านหอมแดง

Phytochemical Screening of *Eleutherine americana* Merr.

รัตนากร พึ่งแสง*, ศศิประภา โคกอ่อน, อริสา สุทธิสมบูรณ์, กัญญ์ธศยา อัครศิริฐรัตนา และ นรินทร์ทร พันธ์สวัสดิ์
Rattanakorn Puengsang*, SasipraphaKhok-on, ArisaSutthisomboon, Kunthasaya Akkarasiritharattana and Narintorn Pansawat
วิทยาลัยการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: rattanakorn.puengsang@gmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาองค์ประกอบทางพฤกษเคมีของว่านหอมแดงที่สกัดด้วยน้ำและเอทานอล 95% ทำการทดสอบ 2 วิธี ได้แก่ การทดสอบสารพฤกษเคมีโดยใช้ปฏิกิริยาการเกิดสีหรือตะกอน และการทดสอบด้วยวิธีทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี ซึ่งผลการศึกษาพบว่า สารสกัดว่านหอมแดงที่สกัดด้วยเอทานอล พบกลุ่มสารมากกว่าสารสกัดด้วยน้ำ โดยการทดสอบปฏิกิริยาการเกิดสีหรือตะกอน ในสารสกัดเอทานอลพบสาร 5 กลุ่ม ได้แก่ อัลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ แทนนิน เทอร์พีนอยด์และสเตียรอยด์ ส่วนสารสกัดด้วยน้ำ พบสาร 4 กลุ่มได้แก่ อัลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ ซาโปนินและแทนนิน ในการทดสอบด้วยวิธีทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี สำหรับสารสกัดด้วยเอทานอลพบสาร 2 กลุ่ม ได้แก่ ฟลาโวนอยด์และสเตียรอยด์ ส่วนสารสกัดด้วยน้ำพบสาร 1 กลุ่ม ได้แก่ สเตียรอยด์ ซึ่งกลุ่มสารพฤกษเคมีที่พบในว่านหอมแดงมีความสอดคล้องกับกลุ่มสารที่มีฤทธิ์กระตุ้นน้ำนม ผลของงานวิจัยนี้จึงสามารถใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพัฒนาว่านหอมแดงให้เป็นผลิตภัณฑ์สมุนไพรต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: *สารสกัด พฤกษเคมี ว่านหอมแดง*

Abstract

The research study was performed to evaluate the phytochemical screening of *Eleutherine americana* Merr. Process included colors or sedimentation reactions and Thin Layer Chromatography as well. The *Eleutherine americana* Merr. was extracted by water and 95 % ethanol. The result showed that ethanol extract had more phytochemicals than water extracts. Phytochemical screening investigated of the Line 5 ethanol extract had 5 groups as alkaloids, flavonoids, tannins, terpenoids and steroids. The water extract showed 4 groups as alkaloids, flavonoids, tannins and saponins. Thin Layer Chromatography showed 2 groups, flavonoids and steroids, for ethanol extract. By the time water extract contained only Line 8 steroids. Phytochemical screening of *Eleutherine americana* Merr. corresponded with milk stimulated substances. This study can be used as basic information for development of a medicinal product in the future.

Keywords: *extracts, phytochemical, Eleutherine americana* Merr.

บทนำ

ปัจจุบันพืชสมุนไพรได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในประเทศไทยพืชสมุนไพรมีบทบาทในการดูแลด้านสุขภาพของผู้บริโภค ทั้งในด้านการป้องกันโรคและการรักษาโรคต่างๆ ซึ่งสมุนไพรที่มีอยู่จำนวนมากในประเทศไทยได้ถูกนำมาใช้ในการรักษาอาการเจ็บป่วยนั้น จะเห็นว่าสมุนไพรบางชนิดมีการวิจัยศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ในการหาสารสำคัญและฤทธิ์ต่างๆ อย่างชัดเจน แต่ก็ยังพบว่ามีสมุนไพรอีกจำนวนมากมายที่ยังไม่มีการนำมาวิจัยศึกษาทางวิทยาศาสตร์ สำหรับใช้เป็นข้อมูลในการนำมาพัฒนาเป็นยารักษาโรคหรือผลิตภัณฑ์ทางด้านสุขภาพต่อไป โดยสมุนไพรที่เป็นส่วนหนึ่งในจำนวนสมุนไพรที่ยังไม่ได้มีการวิจัยศึกษาคือ ว่านหอมแดง ซึ่งว่านหอมแดงเป็นพืชสมุนไพรอีกชนิดหนึ่งที่มีประโยชน์และสรรพคุณมากมาย

ว่านหอมแดง (*Eleutherine americana* Merr.) เป็นพืชในวงศ์ Iridaceae พบตามป่าดิบพื้นที่ราบต่ำ แต่ในปัจจุบันพบได้น้อย ลักษณะทางพฤกษศาสตร์เป็นพืชล้มลุก มีหัวอยู่ใต้ดิน สีแดง มีใบเกล็ดห่อหุ้ม ลักษณะคล้ายหัวหอม แต่รูปทรงคล้ายกระสวย ใบเดี่ยว รูปดาบ จีบพับซ้อนกันคล้ายพัด กว้าง 1-2.5 เซนติเมตร ยาว 25-60 เซนติเมตร ปลายใบแหลม โคนใบแคบ ขอบใบเรียบมีขนเล็กน้อย ออกดอกเป็นช่อ ก้านช่อดอกยาว 2.5-4 เซนติเมตร มักโค้งงอ มีกาบหุ้มดอก สีเขียว 2-10 อัน ซ้อนกันอยู่ที่ง่ามใบใกล้ยอด ดอกมี 4-10 ดอก ก้านดอกยาว 1-1.5 เซนติเมตร กลีบดอกสีขาวมี 6 กลีบ รูปขอบขนานหรือรูปไข่กลับ เรียงเป็น 2 ชั้น กลีบที่อยู่ชั้นในมีขนาดเล็กกว่ากลีบที่อยู่ชั้นนอก ผลรูปขอบขนานหัวตัด มี 3 ช่อง เมล็ดรูปรีอัดกันแน่น[1]

ว่านหอมแดงเป็นสมุนไพรที่หมอยาพื้นบ้านนำมาใช้ในการรักษา หมอยาเมืองเลยนิยมใช้ว่านหอมแดงต้มดื่มเป็นยาบำรุงเลือดในสตรี พ่อบุญถม ทาปุ้ย หมอยาที่อำเภอกะนวน จังหวัดขอนแก่น ต้มหอมแดงดื่มเพื่อบำรุงร่างกาย ทำให้หลับสบาย ซึ่งชาวบ้านในภาคอีสานหลายจังหวัดนิยมต้มว่านหอมแดงดื่มเป็นยาบำรุง โดยเชื่อว่ามีสรรพคุณบำรุงเลือดและป้องกันโรคภัยไข้เจ็บนำมาใช้ในการรักษา หรือต้มกินเพื่อบำรุงหัวใจ บำรุงเลือด บำรุงน้ำนม ขับลม สุมกระหม่อมเด็กแก้หวัด ทำยาหม่องแก้หวัด[2]

จากข้อมูลจะเห็นได้ว่าว่านหอมแดงมีสรรพคุณที่น่าสนใจ ทำให้ผู้วิจัยเชื่อว่าสารสกัดจากว่านหอมแดงน่าจะมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่น่าสนใจ โดยเฉพาะฤทธิ์กระตุ้นน้ำนมในมารดาหลังคลอด ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของว่านหอมแดง เพื่อนำมาเป็นข้อมูลเบื้องต้นและเป็นแนวทางในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สมุนไพรต่อไปในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมและการสกัดสารจากพืช[3]

เก็บตัวอย่างพืช นำมาล้างให้สะอาด ผึ่งลมให้แห้ง ตัดเป็นชิ้นเล็กๆ และชั่งน้ำหนัก สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ ด้วยวิธีการต้มเดือด 15 นาที จากนั้นนำมากรองและนำไปแช่ตู้เย็นที่อุณหภูมิ – 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมาทำให้แห้งด้วยเครื่องทำแห้งสารละลาย (Freeze dryer) การสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล ด้วยวิธีการแช่หมัก (Maceration) และเขย่าด้วยเครื่องเขย่า (Orbital Shaker) เป็นเวลา 3-7 วัน กรองสารละลายแล้วระเหยด้วยเครื่องระเหยสารแบบหมุนภายใต้สุญญากาศ (Rotary evaporator) คำนวณน้ำหนักของสารสกัดที่ได้ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการทดสอบต่อไป

2. การทดสอบสารพฤกษเคมี (Phytochemical screening)[4]

การทดสอบสารพฤกษเคมีของสารสกัดว่านหอมแดงที่สกัดด้วยน้ำและเอทานอล 6 กลุ่ม ได้แก่ อัลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ ซาโปนิน แทนนิน เทอร์พีนอยด์และสเตียรอยด์ จะใช้ปฏิกิริยาการเกิดสีหรือตะกอน ดังนี้

2.1 การตรวจสอบอัลคาลอยด์ (Alkaloids)

นำสารสกัดว่านหอมแดงปริมาตร 1 มิลลิลิตรใส่ในหลอดทดลอง และเติม 1 มิลลิลิตรของน้ำยาดาเจนดอร์ฟ ปรากฏตะกอนเป็นสีส้มจนถึงแดงแสดงว่า พบสารอัลคาลอยด์

2.2 การตรวจสอบฟลาโวนอยด์ (Flavonoids)

ใช้การทดสอบด้วยวิธี Pew test ถ่ายสารสกัดปริมาตร 1 มิลลิลิตรลงในหลอดทดลอง เติม Zn-dust 0.5 กรัม และ 2N HCl 2 หยด เขย่า เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (conc. HCl) จำนวน 10 หยด ปรากฏสีแดงเข้มภายใน 2-5 นาที แสดงว่ามี flavanonol ส่วน flavanone, flavonol จะให้สีจางๆ

2.3 การตรวจสอบซาโปนิน (Saponins)

ใช้การทดสอบฟอง โดยชั่งสารสกัด 0.2 กรัม เติมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตรนำไปอุ่นบนเครื่องอังไอน้ำ 5 นาที เขย่าอย่างแรง ถ้าปรากฏฟองถาวรเกิดขึ้นในหลอดทดลองแสดงว่าพบซาโปนิน

2.4 การตรวจสอบแทนนิน (Tannins)

ชั่งสารสกัด 0.2 กรัม เติมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตรนำไปอุ่นบนเครื่องอังไอน้ำ จากนั้นกรอง หยดสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ (FeCl) 2-3 หยด ถ้าปรากฏสีเขียวดำหรือน้ำเงินดำแสดงว่าพบแทนนิน

2.5 การตรวจสอบเทอร์พีนอยด์ (Terpenoids)[5]

ชั่งสารสกัด 0.2 กรัม ละลายด้วยคลอโรฟอร์ม ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่า กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากการกรอง ค่อย ๆ เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4) ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตรลงไป ถ้าปรากฏวงแหวนสีน้ำตาลตรงรอยต่อระหว่างชั้นของสารสกัดกับกรดซัลฟิวริกแสดงว่าพบเทอร์พีนอยด์

2.6 การตรวจสอบสเตียรอยด์ (Steroids)[5]

ชั่งสารสกัด 0.2 กรัม ละลายด้วยคลอโรฟอร์ม ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่า กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากการกรอง เติมกรดแกลเชียลแอซีติก (Glacial acetic acid) ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร เขย่า แล้วเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น จำนวน 3 หยด ถ้าปรากฏสารละลายเป็นสีน้ำเงินหรือน้ำเงินเขียวแสดงว่าพบสเตียรอยด์

3. การตรวจสอบเอกลักษณ์ด้วยวิธีทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี (Thin Layer Chromatography)[6]

การตรวจสอบทินเลเยอร์โครมาโทกราฟีของสารสกัดว่านหอมแดงที่สกัดด้วยน้ำและเอทานอล 4 กลุ่ม ได้แก่ อัลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ แทนนิน และสเตียรอยด์ ซึ่งมีฤทธิ์ในการกระตุ้นน้ำนม โดยชั่งสารสกัดว่านหอมแดงใส่หลอดทดลองปริมาณ 10 มิลลิกรัม ละลายด้วยน้ำหรือเอทานอลปริมาตร 1 มิลลิลิตร นำไปเขย่าด้วยเครื่องผสมสาร (Vortex) นาน 10 นาที และปั่นให้ตกตะกอนนาน 5 นาที นำไปหยดลงบนแผ่น TLC ปริมาตร 10 ไมโครลิตร ต่อสารสกัด 1 ตัวอย่าง พัฒนาแผ่น TLC ด้วยเครื่องพัฒนาระบบ HPTLC อัตโนมติ ซึ่งมีวัฏภาคเคลื่อนที่เหมาะสม จากนั้นจึงตรวจสอบด้วยสารเคมีเพื่อดูปฏิกิริยาการเกิดสี นำไปถ่ายภาพภายใต้แสงธรรมชาติและแสงอัลตราไวโอเลต (UV) ที่ความยาวคลื่น 254 และ 366 นาโนเมตร[7] คำนวณหาอัตราการเคลื่อนที่ของสารบนตัวดูดซับ (ค่า R_f)

3.1 การทดสอบหากลุ่มสารฟลาโวนอยด์ (Flavonoids)

เตรียมวัฏภาคเคลื่อนที่ คือ Ethyl acetate : Formic acid : Acetic acid : water อัตราส่วน 40:4:4:8 (v/v) สารเปรียบเทียบมาตรฐาน คือ เคอร์เซติน (Quercetin) และรูทิน (Rutin) ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ละลายด้วยเอทานอล หลังจากพัฒนาแผ่น TLC ทำการตรวจสอบด้วยสารเคมีโดยพ่นน้ำยา 1% อลูมิเนียมคลอไรด์ (1% aluminium chloride) หลังการพ่นสังเกตสีของแบน TLC โครมาโทแกรม เป็นสีเหลือง ส้ม เขียว ฟ้า แสดงว่ามีสารกลุ่มฟลาโวนอยด์

3.2 การทดสอบหากลุ่มสารอัลคาลอยด์ (Alkaloids)

เตรียมวัฏภาคเคลื่อนที่คือ Toluene: Benzene: Ethyl acetate: Acetic acid อัตราส่วน 8:4:4:0.5 (v/v) สารเปรียบเทียบ มาตรฐาน คือ ควินาโซลิน (Quinazolin) ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ละลายด้วยเอทานอล หลังจากพัฒนาแผ่น TLC ทำการตรวจสอบด้วยสารเคมีโดยพ่นน้ำยาดราเจนดอร์ฟ (Dragendorff's reagent) หลังการพ่น สังเกตสีของแบน TLC โครมาโทแกรมเป็นสีส้ม แสดงว่ามีสารกลุ่มอัลคาลอยด์

3.3 การทดสอบหากลุ่มสารแทนนิน (Tannins)

เตรียมวัฏภาคเคลื่อนที่ คือ Chloroform : acetic acid อัตราส่วน 50 : 45 (v/v) สารเปรียบเทียบมาตรฐาน คือ กรดแทนนิค (Tannic acid) และกรดแกลลิค (Gallic acid) ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ละลายด้วยเอทานอล95% หลังจาก

พัฒนาแผ่น TLC ทำการตรวจสอบด้วยสารเคมีโดยพ่นน้ำยา 1% เฟอร์ริกคลอไรด์ (1% Ferric chloride) หลังการพ่นสังเกตสีของแบน TLC โครมาโทแกรมเป็นสีเทา น้ำเงิน เขียว ส้ม แสดงว่ามีสารกลุ่มแทนนิน

3.4 การทดสอบหากลุ่มสารสเตียรอยด์ (Steroids)

เตรียมวัฏภาคเคลื่อนที่ คือ Hexane : Ethyl acetate อัตราส่วน 20 : 20 (v/v) โดยวิเคราะห์สารว่านหอมแดงร่วมกับสารเปรียบเทียบมาตรฐาน คือ เบต้าซิโตสเตอรอล (β-sitosterol) ที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ละลายด้วยคลอโรฟอร์ม หลังจากพัฒนาแผ่น TLC ทำการตรวจสอบด้วยสารเคมีโดยพ่นน้ำยาแอนิซาลดีไฮด์ ซัลฟิวริก (Anisal dehyde sulfuric) หลังการพ่นสังเกตสีของแบน TLC โครมาโทแกรมเป็นสีม่วง แดง เทา ดำ แสดงว่ามีสารกลุ่มสเตียรอยด์

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการวิเคราะห์หาสารพฤกษเคมี (Phytochemical screening)

จากการทดสอบสารพฤกษเคมีของสารสกัดว่านหอมแดงที่สกัดด้วยน้ำและเอทานอล แสดงผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบสารพฤกษเคมีของสารสกัดว่านหอมแดง

สารสกัดว่านหอมแดง	กลุ่มสารพฤกษเคมี					
	อัลคาลอยด์	ฟลาโวนอยด์	ซาโปนิน	แทนนิน	เทอร์พีนอยด์	สเตียรอยด์
สารสกัดด้วยน้ำ	+	+	+	+	-	-
สารสกัดด้วยเอทานอล	+	+	-	+	+	+

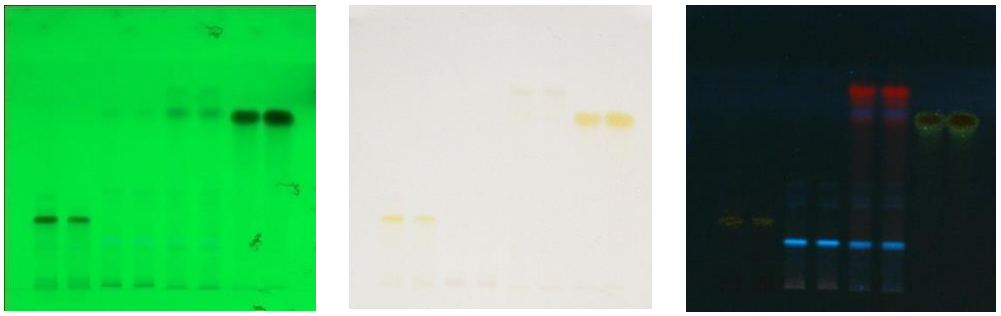
หมายเหตุ + หมายถึง ตรวจพบ, - หมายถึง ตรวจไม่พบ

ผลการศึกษาพบว่าสารสกัดด้วยเอทานอล พบสารพฤกษเคมีมากกว่าสารสกัดด้วยน้ำ โดยสารสกัดด้วยเอทานอล พบสาร 5 กลุ่ม ได้แก่ อัลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ แทนนิน เทอร์พีนอยด์และสเตียรอยด์ ส่วนสารสกัดด้วยน้ำ พบสาร 4 กลุ่มได้แก่ อัลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ ซาโปนินและแทนนิน

2. ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี (Thin Layer Chromatography)

2.1 การตรวจสอบกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoids)

ผลการวิเคราะห์ทินเลเยอร์โครมาโทแกรมหลังพ่นด้วย 1% อลูมิเนียมคลอไรด์ เมื่อตรวจสอบภายใต้แสง UV 366 นาโนเมตร พบว่าสารสกัดด้วยน้ำ ปรากฏแถบเรืองแสงสีฟ้า 3 แถบ สารสกัดด้วยเอทานอล ปรากฏแถบเรืองแสงสีฟ้าน้ำเงิน 4 แถบ โดยปรากฏแถบสารตรงกันที่ค่า R_f เท่ากับ 0.21 และ 0.34 ตามลำดับ สารสกัดด้วยเอทานอล ปรากฏแถบสารตรงกับสารมาตรฐาน Quercetin 1 แถบ โดยค่า R_f เท่ากับ 0.69 แต่เนื่องจากแถบสีที่ปรากฏต่างกัน คือสารสกัดด้วยน้ำและเอทานอล ปรากฏแถบเรืองแสงสีฟ้า ส่วนสารมาตรฐาน Rutin และ Quercetin ปรากฏแถบเรืองแสงสีเหลือง ซึ่งอาจสรุปได้ว่า สารสกัดว่านหอมแดงมีสารกลุ่มฟลาโวนอยด์เป็นองค์ประกอบ แต่ไม่มีกลุ่ม Rutin และ Quercetin เป็นองค์ประกอบ



ภาพที่ 1 ทินเลเยอร์โครมาโทแกรมกลุ่มฟลาโวนอยด์ของสารสกัดว่านหอมแดงที่สกัดด้วยน้ำและเอทานอล; Mobile phase system: (Formic acid : Acetic acid : water อัตราส่วน 40 : 4 : 4 : 8), สาร มาตรฐานคือ Rutin และ Quercetin (1 = Rutin, 2 = สารสกัดน้ำ, 3 = สารสกัดเอทานอล, 4 = Quercetin)

2.2 การตรวจสอบกลุ่มอัลคาลอยด์ (Alkaloids)

ผลการวิเคราะห์ทินเลเยอร์โครมาโทแกรมก่อนพ่นด้วยน้ำยาดราเจนดอร์ฟ เมื่อตรวจสอบภายใต้แสง UV 254 นาโนเมตร พบว่าสารมาตรฐาน Quinazolin ปรากฏแถบทึบแสง 1 แถบ โดยที่ค่า R_f เท่ากับ 0.50 สารสกัดด้วยน้ำและเอทานอล ไม่พบการเปลี่ยนแปลง หลังพ่นน้ำยาดราเจนดอร์ฟ เมื่อตรวจสอบด้วยตาเปล่า ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของสารมาตรฐาน Quinazolin สารสกัดด้วยน้ำและเอทานอล เมื่อตรวจสอบภายใต้แสง UV 366 นาโนเมตร พบว่าสารมาตรฐาน Quinazolin ไม่พบการเปลี่ยนแปลง สารสกัดด้วยน้ำและเอทานอล ปรากฏแถบเรืองแสงตรงกัน 2 แถบ โดยที่ค่า R_f เท่ากับ 0.51 และ 0.69 ตามลำดับ ซึ่งอาจสรุปได้ว่า สารสกัดว่านหอมแดง ไม่มีสารอัลคาลอยด์กลุ่ม Quinazolin เป็นองค์ประกอบ

2.3 การตรวจสอบกลุ่มแทนนิน (Tannins)

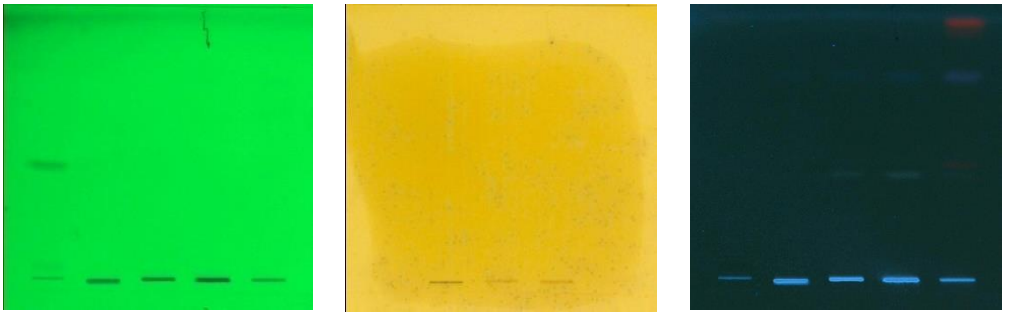
ผลการวิเคราะห์ทินเลเยอร์โครมาโทแกรมก่อนพ่นด้วยสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ เมื่อตรวจสอบภายใต้แสง UV 254 นาโนเมตร พบว่าสารมาตรฐาน Tannic acid และ Gallic acid ปรากฏแถบทึบแสงสีน้ำเงินอมดำ 1 แถบ โดยที่ค่า R_f เท่ากับ 0.88 สารสกัดด้วยน้ำและเอทานอล ปรากฏแถบเรืองแสงสีฟ้าตรงกัน 1 แถบ โดยที่ค่า R_f เท่ากับ 0.13 หลังพ่นด้วยสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ เมื่อตรวจสอบด้วยตาเปล่า พบว่าสารมาตรฐาน Tannic acid และ Gallic acid ปรากฏแถบสีน้ำเงินอมดำ 1 แถบ โดยที่ค่า R_f เท่ากับ 0.88 สารสกัดด้วยน้ำและเอทานอล ไม่พบการเปลี่ยนแปลง ตรวจสอบภายใต้แสง UV 366 นาโนเมตร พบว่าสารมาตรฐาน Tannic acid และ Gallic acid ปรากฏแถบทึบแสงสีน้ำเงินอมดำ 1 แถบ โดยที่ค่า R_f เท่ากับ 0.88 ขณะที่สารสกัดด้วยน้ำและเอทานอล ปรากฏแถบเรืองแสงสีฟ้าตรงกัน 1 แถบ โดยที่ค่า R_f เท่ากับ 0.13 ซึ่งไม่ปรากฏแถบสารที่ตรงกันของสารมาตรฐาน สารสกัดด้วยน้ำและเอทานอลซึ่งอาจสรุปได้ว่า สารสกัดว่านหอมแดง ไม่มีสารแทนนินกลุ่ม Tannic acid และ Gallic acid เป็นองค์ประกอบ

2.4 การตรวจสอบกลุ่มสเตียรอยด์ (Steroids)

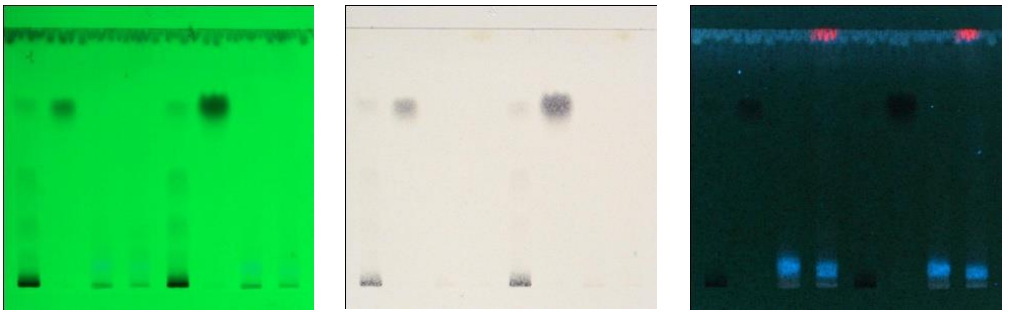
ผลการวิเคราะห์ทินเลเยอร์โครมาโทแกรมก่อนพ่นด้วยสารละลายแอนิซาลดีไฮด์ เมื่อตรวจสอบภายใต้แสง UV 254 นาโนเมตร พบว่าสารมาตรฐานเบต้าซิโตสเตอรอล ปรากฏแถบสีทึบ 1 แถบ โดยที่ค่า R_f เท่ากับ 0.79 ขณะที่สารสกัดด้วยน้ำและเอทานอล ไม่พบการเปลี่ยนแปลง หลังพ่นด้วยสารละลายแอนิซาลดีไฮด์ เมื่อตรวจสอบด้วยตาเปล่า พบว่าสารมาตรฐาน เบต้าซิโตสเตอรอล ปรากฏแถบสีม่วงน้ำเงินอมเทา 1 แถบ โดยที่ค่า R_f เท่ากับ 0.79 ขณะที่สารสกัดด้วยน้ำและเอทานอล ปรากฏแถบสีม่วงจางๆ 1 แถบ โดยที่ค่า R_f เท่ากับ 0.69 ตรวจสอบภายใต้แสง UV 366 นาโนเมตร สารมาตรฐาน เบต้าซิโตสเตอรอล ปรากฏแถบเรืองแสงสีขาว 1 แถบ โดยที่ค่า R_f เท่ากับ 0.79 ขณะที่สารสกัดด้วยน้ำและเอทานอล ปรากฏแถบสีน้ำเงิน โดยที่ค่า R_f เท่ากับ

0.69 โดยแถบสารที่ปรากฏของสารมาตรฐาน สารสกัดด้วยน้ำและเอทานอล มีตำแหน่งใกล้เคียงกันและเมื่อตรวจสอบด้วยตาเปล่าหลังจากนำแผ่น TLC ผ่านความร้อน ปรากฏแถบสารลักษณะเดียวกัน ซึ่งอาจสรุปได้ว่า สารสกัดว่านหอมแดงด้วยน้ำและเอทานอล มีสารกลุ่มสเตียรอยด์เป็นองค์ประกอบ แต่ไม่สามารถระบุชนิดของสารกลุ่มสเตียรอยด์ได้

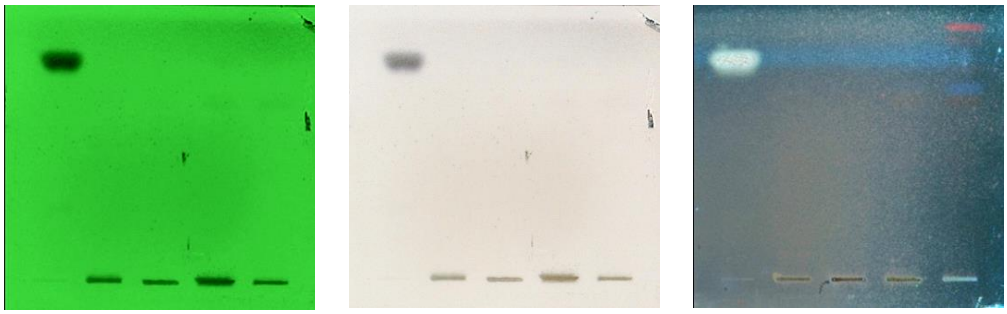
จากผลการศึกษาพบว่า การทดสอบสารพฤกษเคมีของสารสกัดว่านหอมแดงโดยใช้ปฏิกิริยาการเกิดสีหรือตะกอน สารสกัดด้วยเอทานอล พบ 5 กลุ่ม ได้แก่ อัลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ แทนนิน เทอร์พีนอยด์และสเตียรอยด์ ส่วนสารสกัดด้วยน้ำ พบ 4 กลุ่มได้แก่ อัลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ ซาโปนินและแทนนิน จากนั้นทดสอบด้วยวิธีทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี สารสกัดด้วยด้วยเอทานอล พบ 2 กลุ่ม ได้แก่ ฟลาโวนอยด์และสเตียรอยด์ ส่วนสารสกัดด้วยน้ำพบ 1 กลุ่ม ได้แก่ สเตียรอยด์ ซึ่งการทดสอบทั้ง 2 วิธี ได้ผลการศึกษาแตกต่างกัน อาจเนื่องจากการทดสอบสารพฤกษเคมีโดยใช้ปฏิกิริยาการเกิดสีหรือตะกอนสามารถเกิดผลบวกลวง (false positive) ได้ง่าย ส่วนการตรวจสอบด้วยวิธีทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี อาจเนื่องจากการเลือกวัฏภาคเคลื่อนที่ไม่เหมาะสม โดยสารบางตัวอาจถูกชะพาขึ้นไปอยู่ที่แถบด้านบนแผ่น TLC หรือสารบางตัวอาจยังไม่ถูกพาออกมา ซึ่งต้องมีการศึกษาและปรับเปลี่ยนวัฏภาคเคลื่อนที่ให้มีความเหมาะสมต่อไป และการทดสอบไม่สามารถระบุกลุ่มสารที่ชัดเจนได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้อง



ภาพที่ 2 ทินเลเยอร์โครมาโทแกรมกลุ่มอัลคาลอยด์ของสารสกัดว่านหอมแดงที่สกัดด้วยน้ำและเอทานอล; Mobile phase system: (Toluene: Benzene: Ethyl acetate: Acetic acid อัตราส่วน 8 : 4 : 4 : 0.5), สารมาตรฐานคือ Quinazolin (1 = Quinazolin, 2 = สารสกัดน้ำ, 3 = สารสกัดเอทานอล)



ภาพที่ 3 ทินเลเยอร์โครมาโทแกรมกลุ่มแทนนินของสารสกัดว่านหอมแดงที่สกัดด้วยน้ำและเอทานอล; Mobile phase system: (Chloroform : acetic acid อัตราส่วน 50 : 45), สารมาตรฐานคือ Tannic acid และ Gallic acid (1 = Tannic acid, 2 = Gallic acid, 3 = สารสกัดน้ำ, 4 = สารสกัดเอทานอล)



ภาพที่ 4 ทินเลเยอร์โครมาโทแกรมกลุ่มสเตียรอยด์ของสารสกัดว่านหอมแดงที่สกัดด้วยน้ำและเอทานอล; Mobile phase system : (Hexane : Ethyl acetate อัตราส่วน 20 : 20), สารมาตรฐานคือ β-sitosterol (1 = β-sitosterol, 2 = สารสกัดน้ำ, 3 = สารสกัดเอทานอล)

ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีโดยละเอียด เช่น การใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) หรือแก๊สโครมาโทกราฟี (GC) เป็นต้น จากผลการศึกษาสอดคล้องกับงานวิจัยของ Anjum et al.(2009)[8] ทำการศึกษาองค์ประกอบทางพฤกษเคมีของหญ้าฝรั่น (*Crocus sativus* L.) พืชในวงศ์เดียวกัน พบสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ และแทนนิน อย่างไรก็ตามกลุ่มสารพฤกษเคมีที่พบในว่านหอมแดงสอดคล้องกับกลุ่มสารที่มีฤทธิ์กระตุ้นน้ำนมตามงานวิจัยของ Mahmood et al.(2010)[9] ประกอบด้วยสารกลุ่มอัลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ ซาโปนิน แทนนิน และสเตียรอยด์ ซึ่งอาจจะมีผลต่อการเพิ่มระดับฮอร์โมนโปรแลคตินในเลือด จึงส่งผลให้มีการเพิ่มน้ำนมได้[9]

สรุป

สารสกัดว่านหอมแดงด้วยน้ำเมื่อตรวจสอบสารพฤกษเคมี พบสารกลุ่มอัลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ แทนนิน และซาโปนินเป็นองค์ประกอบซึ่งต่างกับผลการตรวจสอบด้วยวิธีทินเลเยอร์โครมาโตกราฟฟีที่พบสารกลุ่มสเตียรอยด์ สารสกัดว่านหอมแดงด้วยเอทานอล เมื่อตรวจสอบสารพฤกษเคมีพบสารกลุ่มอัลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ แทนนิน สเตียรอยด์ และเทอร์พีนอยด์เป็นองค์ประกอบ ซึ่งผลตรงกันเมื่อตรวจสอบด้วยวิธีทินเลเยอร์โครมาโทกราฟี พบสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ และสเตียรอยด์ ซึ่งนับว่าเป็นกลุ่มสารที่สามารถกระตุ้นการหลั่งของน้ำนมในมารดาหลังคลอดได้[10] ดังนั้น แสดงให้เห็นว่าว่านหอมแดงที่สกัดด้วยเอทานอล มีกลุ่มสารที่สามารถกระตุ้นน้ำนมได้มากกว่าที่สกัดด้วยน้ำ เมื่อต้องการนำไปพัฒนาต่อเป็นเครื่องดื่มบำรุงน้ำนมในมารดาหลังคลอดจึงควรเลือกใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายสำหรับการพัฒนาต่อยอดในลำดับถัดไป

เอกสารอ้างอิง

1. มูลนิธิสุขภาพไทย. หอม หอมแดง ว่านหอมแดงและหอมแกง [อินเตอร์เน็ท]. 2559. [เข้าถึงเมื่อ 12 กันยายน 2561] เข้าถึงได้จาก http://www.thaiof.org
2. สุภาภรณ์ ปิติพร. บันทึกของแผ่นดิน. เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 4. ปราจีนบุรี: มูลนิธิโรงพยาบาลเจ้าพระยาอภัยภูเบศร; 2551
3. จุฑารัตน์ ศรีประเสริฐ. การทดสอบสารทางพฤกษเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพของแคนา [อินเตอร์เน็ท]. 2559. [เข้าถึงเมื่อ 12 กันยายน 2561] เข้าถึงได้จาก http://digital_collect.lib.buu.ac.th
4. Carolyna L. Couto. *Eleutherine bulbous* (Mill.) Urb.: A review study. Academic journals 2008 June 3; 10(21):286-97
5. Muhamad Insunu, Siti Kusmardiyani and Rika Hartati. Recent Studies on Phytochemicals and Pharmacological Effects of *Eleutherine americana* Merr. J Food Sci 2014 Jan;74(1):221-28

6. Sompol P. Analysis of Naphthoquinone derivatives in the Asian medicinal plant *Eleutherine americana* by RP-HPLC and LC-MS. J Pharm Biomed Anal 2008 Aug 5;47(4-5):990-3.
7. เดือนถนอม พรหมขัติแก้ว และคณะ. การวิจัยและพัฒนาสารต้นแบบทางยาต้านเชื้อวัณโรคจากสมุนไพร [อินเตอร์เน็ท]. 2559. [เข้าถึงเมื่อ 12 กันยายน 2561] เข้าถึงได้จาก http://budgetitc.dmsc.moph.go.th
8. Anjum N, Pal A, Tripathi YC. Phytochemistry and pharmacology of Saffron, the most precious natural source of colour, flavour and medicine. SMU Med J. 2015;2:335–47.
9. Mahmood, Omar, & Ngah. Phytochemicals Constituent and Antioxidant Activities in Musa x Paradisiaca Flower. European Journal of Scientific Research 2011;66:311-18
10. คณะพยาบาลศาตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. กลุ่มสารสำคัญทางพฤกษเคมีที่มีผลต่อร่างกายในการผลิตและหลั่งน้ำนม [อินเตอร์เน็ท]. 2558. [เข้าถึงเมื่อ 12 กันยายน 2561] เข้าถึงได้จาก http://library.cmu.ac.th

[AS-P56] การจำแนกสายพันธุ์ของเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* ที่แยกได้จากสิ่งส่งตรวจของผู้ป่วยด้วยการวิเคราะห์ variable number of tandem repeat (VNTR)

Molecular Typing of *Vibrio parahaemolyticus* Isolated from Patient Specimens by Variable Number of Tandem Repeat (VNTR) Analysis

ปัญจพร นิ่มมณี*, พรทิพย์ พึ่งม่วง, กรกนก อุสานสา, ณิชมน แกมนิล, อัจฉพรรณ ต่ายเทศ และ เกียรติ์โสภณ ชัยกาญจนกิจ

Panjaphorn Nimmanee*, Porntip Paungmoung, Kornkanok Usansa, Nichamon Gamnil, Achaparn Taited and Kieatsopon Chaikanjanakit

คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: pnimmanee@gmail.com*

บทคัดย่อ

เชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* เป็นแบคทีเรียแกรมลบที่เป็นสาเหตุของโรคอาหารเป็นพิษ และโรคกระเพาะอาหารและลำไส้อักเสบในคน การติดเชื้อเกิดจากการรับประทานอาหารทะเลดิบหรือปรุงไม่สุก การแยกสายพันธุ์ของเชื้อมีประโยชน์ทางด้านระบาดวิทยา และการควบคุมการแพร่ระบาดของเชื้อ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจำแนกสายพันธุ์ของเชื้อ *V. parahaemolyticus* ที่แยกได้จากสิ่งส่งตรวจของผู้ป่วย จำนวน 30 ไอโซเลต ด้วยการวิเคราะห์ variable number of tandem repeat (VNTR) โดยทำการเลือก tandem repeat มา 2 ตำแหน่ง ผลการศึกษาพบว่า การวิเคราะห์ VNTR ตำแหน่งที่หนึ่งสามารถจำแนกเชื้อได้ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ VN1-1, VN1-2 และ VN1-3 โดยเชื้อส่วนใหญ่ถูกจัดอยู่ในสายพันธุ์ VN1-1 คิดเป็นร้อยละ 86.7 (26/30) และไม่สามารถจำแนกสายพันธุ์ได้ 1 ไอโซเลต VNTR ตำแหน่งที่สองสามารถจำแนกเชื้อได้ 2 สายพันธุ์ ได้แก่ VN2-1 และ VN2-2 และไม่สามารถจำแนกสายพันธุ์ได้ 7 ไอโซเลต และเมื่อนำมาประเมินความสามารถในการแยกสายพันธุ์ พบว่า ค่า discriminatory index ของ VNTR ทั้งสองตำแหน่ง มีค่าเท่ากับ 0.2 และ 0.09 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า tandem repeat ตำแหน่งแรกมีความสามารถในการจำแนกสายพันธุ์ดีกว่าตำแหน่งที่สอง ผลที่ได้จากการศึกษานี้สามารถนำไปเป็นข้อมูลในการจำแนกสายพันธุ์ของเชื้อ *V. parahaemolyticus* ได้ในอนาคต

คำสำคัญ: *Vibrio parahaemolyticus variable number of tandem repeat (VNTR) การจำแนกสายพันธุ์*

Abstract

Vibrio parahaemolyticus, a gram-negative bacterium, is a causative agent of food poisoning and gastroenteritis in human. Infection is associated with consumption of raw or undercooked seafood. Molecular typing is useful for epidemiology study and control the spread of this bacterium. The objective of this study is to type 30 isolates of *V. parahaemolyticus* isolated from patient specimens by variable number of tandem repeat (VNTR) analysis. Tandem repeats from two loci were selected. The results demonstrated that the first loci could classify *V. parahaemolyticus* into 3 strains; VN1-1, VN1-2 and VN1-3. Most isolates were classified into VN1-1 strain with 86.7 % (26/30), and there were 1 isolates that could not be classified (untypable). The second loci could discriminate *V. parahaemolyticus* into 2 strains; VN2-1 and VN2-2 and there were 7 isolates that could not be classified (untypable). When the typing ability of two loci was evaluated, the results revealed that the discriminatory index of two VNTR loci were 0.2 and 0.09, respectively. This suggested that the first loci had more discriminatory ability than the second one. Results from this study could be used as the data for molecular typing of *V. parahaemolyticus* in the future.

Keywords: *Vibrio parahaemolyticus, variable number of tandem repeat (VNTR), molecular typing*

บทนำ

Vibrio parahaemolyticus เป็นเชื้อแบคทีเรียแกรมลบ รูปแท่ง เคลื่อนที่ด้วย polar flagellum เจริญได้ดีในสภาวะที่มีเกลือ (halophile) สามารถพบได้ที่ชายฝั่งทะเลทั่วไปและแหล่งน้ำทะเลทั่วโลก[1,2] ทำให้ผู้บริโภคได้รับเชื้อจากการรับประทานอาหารทะเลที่ปรุงไม่สุก ได้แก่ ปลา กุ้ง หอยเชลล์ และหอยนางรม[3] แบคทีเรียชนิดนี้มีความไวต่อยาปฏิชีวนะหลายชนิด แต่ในปัจจุบัน การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมักมีการใส่ยาปฏิชีวนะลงไป ทำให้แบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในน้ำกลายเป็นแหล่งสะสมของยีนดื้อยาปฏิชีวนะ *V. parahaemolyticus* ก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ (food poisoning) และโรคกระเพาะอาหารและลำไส้อักเสบ (gastroenteritis) ในคนที่รับประทานอาหารทะเลดิบหรือปรุงไม่สุก ผู้ป่วยจะมีอาการปวดศีรษะ เป็นไข้ คลื่นไส้ อาเจียน และถ่ายเหลวเป็นน้ำ[2,3] การก่อโรคของ *V. parahaemolyticus* ในมนุษย์พบว่าสัมพันธ์กับความสามารถในการผลิตสารพิษ thermolabile hemolysin (TLH) ที่ถอดรหัสมาจากยีน *tlh*, thermostable direct hemolysin (TDH) ซึ่งถอดรหัสมาจากยีน *tdh* และ TDH-related hemolysis (TRH) ซึ่งถอดรหัสมาจากยีน *trh*[1,4] โดยยีนเหล่านี้จะพบมากในเชื้อที่แยกได้จากผู้ป่วยและพบได้น้อยในเชื้อที่แยกได้จากสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังมีปัจจัยการอื่นที่สำคัญต่อการก่อโรคของเชื้อ ได้แก่ type 3 secretion systems (T3SSs) ซึ่งเป็นกลไกใช้ส่งโปรตีนที่เชื้อสร้างเข้าไปในไซโตพลาสมของเซลล์ host ทำให้เกิดการแตกของเซลล์ และการสร้างเอนไซม์ urease โดยเอนไซม์จะย่อยยูเรียให้กลายเป็นแอมโมเนียซึ่งมีฤทธิ์เป็นด่าง ทำให้เชื้อสามารถเจริญอยู่ในสภาวะที่เป็นกรดภายในร่างกายของ host ได้[1,4]

V. parahaemolyticus ถูกพบว่าเป็นเชื้อก่อโรคที่มากับอาหารครั้งแรกในประเทศญี่ปุ่น จากนั้นได้แพร่กระจายไปทั่วโลกทั้งในประเทศสเปน รัสเซีย อเมริกา ทวีปเอเชีย ทวีปอเมริกาใต้ และทวีปแอฟริกา[5] ประเทศไทยโดยเฉพาะทางภาคใต้ของประเทศ ถือว่าเป็นแหล่งส่งออกอาหารทะเลที่สำคัญทั้งภายในและภายนอกประเทศ จากการศึกษาพบว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อ *V. parahaemolyticus* ในหอยแครงจากฟาร์มเลี้ยงทางภาคใต้ และจากตลาดในจังหวัดทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และยังสามารถแยกเชื้อชนิดนี้ได้ในต่อมสร้างน้ำย่อย (hepatopancrease; HP) ของกุ้งหรือมันกุ้งที่เลี้ยงในฟาร์มแถบชายฝั่งตะวันตกของอ่าวไทย[4,6] แสดงให้เห็นว่าอาหารทะเลในประเทศไทยอาจเป็นแหล่งสะสมของเชื้อชนิดนี้ได้

การหาสายพันธุ์ของเชื้อ *V. parahaemolyticus* มีความสำคัญในการศึกษาด้านระบาดวิทยา การหาแหล่งที่มาของเชื้อ ความสัมพันธ์ของเชื้อที่พบในแต่ละแหล่ง และวิวัฒนาการของเชื้อ โดยการหาสายพันธุ์ของเชื้อนั้นมีทั้งวิธีทาง phenotype ซึ่งวิธีที่นิยมคือ serotyping และวิธีทาง genotype สำหรับวิธีทาง serotype จะแยกสายพันธุ์ของเชื้อจาก somatic (O) antigens และ capsular (K) antigens ในปัจจุบันพบ 13 O serotypes และ 71 K serotypes โดยสายพันธุ์ที่พบระบาดไปทั่วโลกรวมทั้งประเทศไทยตั้งแต่ปี ปี 1996 ได้แก่ O3:K6 (pandemic strain), O4:K68, O1:K25 และ O1:KUT[4] ส่วนวิธีทาง genotype เป็นการแยกความแตกต่างของสายพันธุ์ของเชื้อในระดับดีเอ็นเอ โดยวิธีที่นำมาปรับใช้กับเชื้อ *V. parahaemolyticus* ได้แก่ pulse-field gel electrophoresis (PFGE), multilocus sequence typing (MLST), ribotyping, group-specific PCR (GS PCR), arbitrarily primed polymerase chain reaction (AP-PCR) และ การวิเคราะห์ variable number tandem repeats (VNTRs)[7] วิธี PFGE ถูกใช้เป็นวิธีมาตรฐาน (gold standard) ในการแยกสายพันธุ์เชื้อแบคทีเรียหลายชนิด เช่น *Staphylococcus aureus* แต่วิธีนี้ต้องใช้ความชำนาญ ใช้เวลานาน และความแม่นยำในการทำซ้ำ (reproducibility) ในแต่ละห้องปฏิบัติการยังไม่แน่นอน ดังนั้นวิธีการแยกสายพันธุ์โดยใช้เทคนิค PCR เช่น AP-PCR และ VNTRs จึงเป็นที่นิยม เนื่องจากใช้เวลาและค่าใช้จ่ายน้อยกว่า เทคนิค AP-PCR สามารถทำได้ง่ายและมีราคาถูก เนื่องจากใช้ primer เพียงเส้นเดียว และไม่จำเป็นต้องทราบข้อมูลลำดับเบสของเชื้อมาก่อน แต่มีข้อเสียคือ reproducibility ต่ำ และไม่จำเพาะต่อเชื้อ ส่วนเทคนิค clustered regularly interspaced short palindromic repeats (CRISLR) และ VNTRs เป็นการวิเคราะห์ความแตกต่างของ repetitive sequence เช่น tandem repeats ที่พบได้ทั่วไปในจีโนมของแบคทีเรีย ความยาว และจำนวนซ้ำของ repetitive sequence จะมีความหลากหลายในเชื้อแต่ละสายพันธุ์เนื่องจากกระบวนการ deletion และ insertion[1,8] เทคนิค CRISPR ถูกใช้เป็น genetic marker ในการจำแนกสายพันธุ์ของแบคทีเรียก่อโรคบางชนิด เช่น *Campylobacter fetus* และ *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Typhimurium และยังพบว่า CRISPR เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่ก่อให้เกิดความรุนแรง

(virulence factor) ของเชื้อก่อโรค เช่น *Pseudomonas aeruginosa* และ *Listeria monocytogenes*[1] สำหรับเชื้อ *V. parahaemolyticus* จากการศึกษาของ Sun และคณะ พบ CRISPR ในเชื้อที่แยกได้จากตัวอย่างสิ่งส่งตรวจและอาหารและเป็นเชื้อสายพันธุ์ที่มียีน *tdh* ซึ่งเป็น virulence factor ถึงร้อยละ 97.4[9] ส่วนเทคนิค VNTRs ถูกใช้ในการจำแนกสายพันธุ์ของเชื้อก่อโรคที่มากับอาหารและน้ำบางชนิด เช่น *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* O157:H7, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Typhimurium[7] วิธีนี้มีความจำเพาะกับตัวเชื้อและมี reproducibility สูง แต่ต้องมีข้อมูลลำดับเบสของเชื้อ จากการศึกษาก่อนหน้า ได้ทำการเปรียบเทียบความสามารถในการแยกสายพันธุ์ของเชื้อ *V. parahaemolyticus* ที่แยกได้จากสิ่งส่งตรวจของผู้ป่วย ระหว่างเทคนิค AP-PCR โดยใช้ random primer 2 กับการวิเคราะห์ VNTR จาก tandem repeat 2 ตำแหน่งบนโครโมโซม ผลที่ได้พบว่าเทคนิค AP-PCR มีความสามารถในการจำแนกสายพันธุ์ของเชื้อมากกว่าเทคนิค VNTR โดย AP-PCR สามารถแยก สายพันธุ์ของเชื้อได้ถึง 10 สายพันธุ์ ในขณะที่ VNTR ทั้งสองตำแหน่งแยกเชื้อได้เพียง 1 สายพันธุ์ และมีเชื้อที่ไม่สามารถแยกสายพันธุ์ได้ 21 ไอโซเลตและ 1 ไอโซเลต ตามลำดับ[10] แสดงให้เห็นว่าตำแหน่งของ tandem repeat ที่เลือกมายังไม่เหมาะสมสำหรับนำมาแยกสายพันธุ์ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาตำแหน่ง tandem repeat ที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการจำแนกสายพันธุ์ของเชื้อ *V. parahaemolyticus* ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

เชื้อ *V. parahaemolyticus* ที่แยกได้จากผู้ป่วยในเขตกรุงเทพมหานคร ในช่วงเดือนมิถุนายน ถึง กันยายน 2560 จำนวน 30 ไอโซเลต ให้ชื่อเป็น Vp1 ถึง Vp30

2. การจำแนกสายพันธุ์ของเชื้อ *V. parahaemolyticus* ด้วยการวิเคราะห์ variable-number tandem-repeat (VNTR)

2.1 การสกัดดีเอ็นเอ:

สกัดดีเอ็นเอจากเชื้อ *V. parahaemolyticus* ด้วยชุดสกัดสำเร็จรูป GF-1 Bacterial DNA Extraction Kit (Vivantis, Poland) โดยทำตามขั้นตอนที่ระบุไว้ ประกอบด้วยการเพาะเลี้ยงเชื้อ การทำให้เซลล์แบคทีเรียแตก การย่อยโปรตีนและ RNA การตกตะกอนดีเอ็นเอ การ load ดีเอ็นเอลง column การล้างและการ elute ดีเอ็นเอ จากนั้นนำดีเอ็นเอที่สกัดได้มาทดสอบหาสายพันธุ์

2.2 การจำแนกสายพันธุ์ของเชื้อด้วยการวิเคราะห์ VNTR:

ค้นหา Whole genome sequence ของเชื้อ *V. parahaemolyticus* จากฐานข้อมูลของ The National Center for Biotechnology Information (www.ncbi.nlm.nih.gov) แล้ววิเคราะห์หา tandem repeat โดยใช้โปรแกรม tandem repeat Finder (http://tandem.bu.edu/trf/trf.submit.options.html) คัดเลือก tandem repeat ตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับการทำ PCR โดยพิจารณาจาก copy number, consensus size และ percent matches ที่ เมื่อได้ตำแหน่งของ tandem repeat ที่ต้องการแล้วนำส่วน 5’ และ 3’ flanking regions ของ tandem repeat มาใช้ออกแบบ primer ด้วยโปรแกรม primer3 version 0.4.0 (www.frodo.wi.mit.edu) นำ primer ที่ได้มาเพิ่มจำนวน tandem repeat ที่ต้องการด้วยวิธี PCR ประกอบด้วย 1X PCR buffer, 1.5 mM $MgCl_2$, 200 µM dNTPs, 0.5 units *Taq* DNA polymerase, 50 pmole ของ primer แต่ละเส้น และ 25-100 ng ของ template DNA และเติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตรสุดท้ายเท่ากับ 20 ไมโครลิตร โดยสภาวะที่ใช้ในการเพิ่มจำนวน tandem repeat ทั้งสองตำแหน่งคือ initial denaturation ที่ 94 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ตามด้วย 30 รอบของ denaturation ที่ 94 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที annealing ที่ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที และ extension ที่ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 วินาที และ final extension ที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที

3. การวิเคราะห์และแปลผลข้อมูล

3.1 การจำแนกสายพันธุ์ของเชื้อ *V. parahaemolyticus*:

ตรวจวิเคราะห์ขนาดของดีเอ็นเอที่เพิ่มปริมาณได้ โดยวิธี agarose gel electrophoresis โดยนำ PCR product ผสมกับ 6X loading dye มาแยกขนาดของสายดีเอ็นเอบน 2% agarose gel ใน 1X Tris–Acetate–EDTA (TAE) buffer ภายใต้กระแสไฟฟ้าความต่างศักย์คงที่ 100 โวลต์ สำหรับ tandem repeat ตำแหน่งที่ 1 จะใช้เวลาในการ run นาน 1 ชั่วโมง 10 นาที ส่วน tandem repeat ตำแหน่งที่ 2 จะใช้เวลาในการ run นาน 1 ชั่วโมง 10 นาที เปรียบเทียบขนาดของสายดีเอ็นเอกับ DNA marker จากนั้นนำ 2% agarose gel ไปย้อมสี ethidium bromide ตรวจดูแถบดีเอ็นเอ และบันทึกภาพภายใต้เครื่อง UV-transilluminator ทำการจำแนกสายพันธุ์ของเชื้อ *V. parahaemolyticus* เป็นสายพันธุ์ต่างๆ โดยวิเคราะห์ผลของขนาดและจำนวนของแถบลายพิมพ์ดีเอ็นเอ (DNA fingerprint) ที่เพิ่มจำนวนได้ด้วยการวิเคราะห์หา VNTR แล้วนำมาหาความสามารถในการจำแนกความหลากหลายของสายพันธุ์

3.2 การประเมินความสามารถในการจำแนกสายพันธุ์ของเชื้อ (discriminatory power):

คำนวณค่า discriminatory power (D) โดยใช้เครื่องมือคำนวณ discriminatory power calculator จากเว็บไซต์: http://insilico.ehu.es/mini_tools/discriminatory_power/?show= forura

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

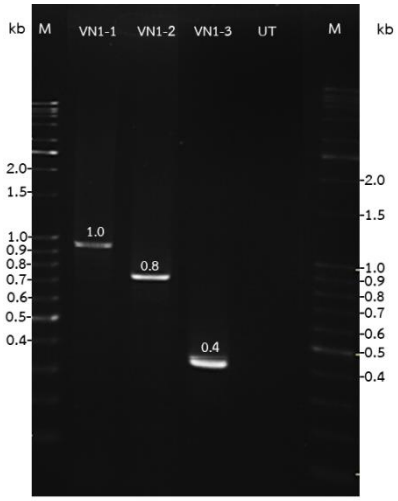
1. การจำแนกสายพันธุ์ของเชื้อ *V. parahaemolyticus* โดยการวิเคราะห์ VNTR analysis

Tandem repeat 2 ตำแหน่ง (loci) ที่ได้จากการวิเคราะห์โดยดูจากขนาด (consensus size) จำนวนซ้ำ (copy number) และ percent match ถูกเลือกนำมาศึกษา ตำแหน่งแรกอยู่บนโครโมโซมที่ 1 ณ ตำแหน่ง (loci) 2988949-2989402 มี consensus size เท่ากับ 125, copy number เท่ากับ 3.6 และ percent match เท่ากับ 95 เมื่อนำมาทำการคัดเลือก primer ที่จำเพาะ ได้เป็น primer Vp1L3-F (5’-CCG CGT CCA TGT ATT ATC G-3’) และ Vp1L3-R (5’-CCC GCA ACC AAT TCT CTT C-3’) ที่มี PCR product ขนาด 982 base pair ส่วน tandem repeat ตำแหน่งที่สอง อยู่บนโครโมโซมที่ 1 ณ ตำแหน่ง (loci) 2686777-2687663 มี consensus size เท่ากับ 134, copy number เท่ากับ 6.6 และ percent match เท่ากับ 95 เมื่อนำมาทำการคัดเลือก primer ที่จำเพาะ ได้เป็น primer Vp1L5-F (5’-TTG ACA GCG CAG ACT AGA GA-3’) และ Vp1L5-R (5’-GTA ATA TGT GCC TCC GCA AG-3’) ที่มี PCR product ขนาด 1,398 base pair

เมื่อนำ primer ที่จำเพาะไปเพิ่มจำนวน tandem repeat ตำแหน่งที่ 1 พบ PCR product 3 ขนาด (ภาพที่ 1) ทำให้แยกเชื้อจำนวน 30 ไอโซเลต ได้ 3 รูปแบบ (type) เรียกว่า type VN1-1, VN1-2 และ VN1-3 มีขนาดของ PCR product เท่ากับ 1,000, 800 และ 400 base pair ตามลำดับ (ตารางที่ 1) โดย type VN-1 พบร้อยละ 86.7 (26/30) type VN1-2 พบร้อยละ 7 (2/30) และ VN1-3 พบร้อยละ 3.3 (1/30) และมีเชื้อที่ไม่สามารถจำแนกรูปแบบได้ (untypable) เนื่องจากไม่ให้ PCR product จำนวน 1 ไอโซเลต คิดเป็นร้อยละ 3.3 (1/30) (ตารางที่ 1) ส่วน tandem repeat ตำแหน่งที่สอง เมื่อใช้ primer ที่จำเพาะนำมาเพิ่มจำนวน พบ PCR product 2 ขนาด คือ 1,300 และ 1,390 base pairs (ภาพที่ 2) ทำให้สามารถแยกเชื้อได้ 2 รูปแบบ เรียกว่า type VN2-1 และ VN2-2 โดย type VN2-1 พบร้อยละ 3.3 (1/30) และ VN2-2 พบร้อยละ 73.3 (22/30) ตามลำดับ และมีเชื้อที่ไม่สามารถจำแนกรูปแบบได้ (untypable) เนื่องจากไม่ให้ PCR product จำนวน 7 ไอโซเลต คิดเป็นร้อยละ 23.3 (7/30) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 ชนิดของ VNTR ของเชื้อ *V. parahaemolyticus* ที่ได้จาก primer Vp1L3-F และ Vp1L3-R จำแนกตามขนาดของ PCR product

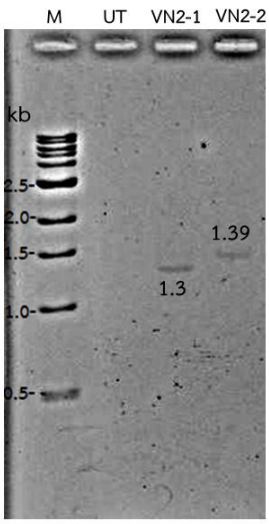
Type	PCR product size (bp)	isolates	Number of isolates (%)
VN1-1	1,000	Vp1, Vp3-Vp23, Vp25, Vp27, Vp30	26 (86.7)
VN1-2	800	Vp2, Vp24	2 (6.7)
VN1-3	400	Vp28	1 (3.3)
Untypable	No PCR product	Vp29	1 (3.3)
Total			30 (100)



ภาพที่ 1 Agarose gel electrophoresis แสดง PCR product ที่ได้จากเทคนิค VNTR โดยใช้ primer Vp1L3-F และ Vp1L3-R และใช้ genomic DNA ของ *V. parahaemolyticus* เป็น DNA template สามารถแยกสายพันธุ์ของเชื้อได้ 3 type ได้แก่ VN1-1, VN1-2 และ VN1-3 และพบเชื้อที่ไม่สามารถแยกสายพันธุ์ได้ (untypable; UT) คือเชื้อที่ไม่มี PCR product M แทน VC DNA ladder mix

ตารางที่ 2 ชนิดของ VNTR ของเชื้อ *V. parahaemolyticus* ที่ได้จาก primer Vp1L5-F และ Vp1L5-R จำแนกตามขนาดของ PCR product

Type	PCR product size (bp)	isolates	Number of isolates (%)
VN2-1	1,300	Vp12,	1 (3.3)
VN2-2	1,390	Vp1- Vp10, Vp13-Vp16, Vp17, Vp19-Vp21, Vp23-Vp26	22 (73.3)
Untypable	No PCR product	Vp11, Vp18, Vp22, Vp27-Vp30	7 (23.3)
Total			30 (100)



ภาพที่ 2 Agarose gel electrophoresis แสดง PCR product ที่ได้จากเทคนิค VNTR โดยใช้ primer Vp1L5-F และ Vp1L5-R และใช้ genomic DNA ของ *V. parahaemolyticus* เป็น DNA template สามารถแยกสายพันธุ์ของเชื้อได้ 2 type ได้แก่ VN2-1 และ VN2-2 และพบเชื้อที่ไม่สามารถแยกสายพันธุ์ได้ (untypable; UT) คือเชื้อที่ไม่มี PCR product M แทน 1 kb DNA ladder

2. การประเมินความสามารถในการจำแนกสายพันธุ์ของเชื้อ

เมื่อทำการประเมินความสามารถในการจำแนกสายพันธุ์ของ *V. parahaemolyticus* ด้วยการวิเคราะห์ VNTR พบว่า VNTR ตำแหน่งที่ 1 และ VNTR ตำแหน่งที่ 2 มีความสามารถในการจำแนกสายพันธุ์ (discriminatory power) เท่ากับ 0.2 และ 0.09 ตามลำดับ

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการคัดเลือก tandem repeat ที่มีขนาดของ consensus size ที่มากกว่า 100 ซึ่งต่างจากการศึกษาก่อนหน้านี้ที่ tandem repeat ทั้งสองตำแหน่งมีขนาด consensus size เท่ากับ 7[9] ผลที่ได้พบว่า tandem repeat ที่นำมาใช้ในการศึกษานี้สามารถจำแนกสายพันธุ์ของเชื้อ *V. parahaemolyticus* ได้มากกว่า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะขนาดของ consensus size ที่มากขึ้นทำให้เห็นความแตกต่างได้ชัดเจนเมื่อลำดับเบสใน tandem repeat มีจำนวนเพิ่มขึ้นหรือลดลง อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการจำแนกสายพันธุ์ของ tandem repeat ทั้งสองตำแหน่งยังคงไม่สูงเมื่อเทียบกับการใช้เทคนิค AP-PCR แสดงให้เห็นว่าการใช้ tandem repeat เพียงตำแหน่งเดียวในการแยกสายพันธุ์อาจไม่ได้ผลดีเท่าทีควร ดังนั้นเพื่อให้ได้เครื่องมือในการแยกสายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพ ควรใช้ tandem repeat หลายตำแหน่งพร้อมกัน (multilocus) และทำการเพิ่มจำนวนด้วยวิธี multiplex PCR เช่นการศึกษาของ Luczak-Kadlubowska และคณะ ได้ทำการแยกสายพันธุ์ของเชื้อ methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) และ methicillin-susceptible *Staphylococcus aureus* (MSSA) ที่แยกได้จากทั้งโรงพยาบาล (hospital-acquired; HA) และชุมชน (community-acquired; CA) ด้วยเทคนิค multi-locus VNTR fingerprint (MLVF) และเปรียบเทียบความสามารถในการแยกสายพันธุ์กับวิธี MLST และ PFGE ผลที่ได้พบว่า เทคนิค MLVF มี discriminatory power สูงที่สุด คือให้ค่า diversity ถึงร้อยละ 98.1 รองลงมาคือ PFGE และ MLST โดยให้ค่า diversity ร้อยละ 96.9 และ 84.3 ตามลำดับ[11] และจากการศึกษาของ Kimura และคณะ ได้ศึกษาความสามารถของเทคนิค multi-locus VNTR analysis (MLVA) จำนวน 8 loci ในการจำแนกสายพันธุ์ของเชื้อ *V. parahaemolyticus* สายพันธุ์ระบาด (pandemic strain) O3:K6 จำนวน 28 ไอโซเลต เปรียบเทียบกับวิธี PFGE และ ribotyping พบว่าเทคนิค MLVA สามารถจำแนกเชื้อได้เป็น 28 VNTR pattern และให้ค่าและในแต่ละ loci ให้ค่า Nei's diversity index อยู่ระหว่าง 0.35 ถึง 0.91 ในขณะที่เชื้อจำนวน 3 ไอโซเลต ไม่สามารถแยกสายพันธุ์ได้ (untypable) ด้วยวิธี PFGE[7] แสดงให้เห็นว่าเทคนิค MLVA มีประสิทธิภาพในการแยกความแตกต่างของเชื้อ *V. parahaemolyticus* อย่างไรก็ตามควรใช้ร่วมกับการวิเคราะห์ผลร่วมกับวิธีอื่น

เช่น AP-PCR หรือ MLST และเพื่อประเมินประสิทธิภาพของเครื่องมือที่ใช้จำแนกสายพันธุ์ ควรมีการเพิ่มจำนวนตัวอย่าง และเปรียบเทียบผลที่ได้กับการใช้เทคนิค PFGE เพื่อดูว่าเครื่องมือไหนที่ให้ผลใกล้เคียงกับวิธีมาตรฐาน

สรุป

การศึกษาการจำแนกสายพันธุ์ของเชื้อ *V. parahaemolyticus* ด้วยการวิเคราะห์ variable number of tandem repeat (VNTR) โดยทำการคัดเลือก tandem repeat จากโครโมโซมของเชื้อมา 2 ตำแหน่ง (loci) ตำแหน่งแรกอยู่บนโครโมโซมที่ 1 ณ ตำแหน่ง (loci) 2988949-2989402 มี consensus size เท่ากับ 125, copy number เท่ากับ 3.6 และ percent match เท่ากับ 95 เมื่อนำ primer ที่จำเพาะไปเพิ่มจำนวน พบ PCR product 3 ขนาด ทำให้แยกเชื้อจำนวน 30 ไอโซเลต ได้ 3 รูปแบบ (type) เรียกว่า type VN1-1, VN1-2 และ VN1-3 มีขนาดของ PCR product เท่ากับ 1,000, 800 และ 400 base pair ตามลำดับ โดยพบ type VN-1 มากที่สุดคือร้อยละ 86.7 (26/30) และมีเชื้อที่ไม่สามารถจำแนกรูปแบบได้ (untypable) เนื่องจากไม่ให้ PCR product จำนวน 1 ไอโซเลต ส่วน tandem repeat ตำแหน่งที่สอง อยู่บนโครโมโซมที่ 1 ณ ตำแหน่ง (loci) 2686777-2687663 มี consensus size เท่ากับ 134, copy number เท่ากับ 6.6 และ percent match เท่ากับ 95 เมื่อใช้ primer ที่จำเพาะนำมาเพิ่มจำนวน พบ PCR product 2 ขนาด คือ 1,300 และ 1,390 base pairs ทำให้สามารถแยกเชื้อได้ 2 รูปแบบ เรียกว่า type VN2-1 และ VN2-2 โดยพบ VN2-2 มากที่สุดคือร้อยละ 73.3 (22/30) และมีเชื้อที่ไม่สามารถจำแนกรูปแบบได้ (untypable) เนื่องจากไม่ให้ PCR product จำนวน 7 ไอโซเลต คิดเป็นร้อยละ 23.3 (7/30) นอกจากนี้พบว่า VNTR ตำแหน่งที่ 1 และ VNTR ตำแหน่งที่ 2 มีความสามารถในการจำแนกสายพันธุ์ (discriminatory power) เท่ากับ 0.2 และ 0.09 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า VNTR ตำแหน่งที่ 1 มีความสามารถในการจำแนกมากกว่าตำแหน่งที่ 2

เอกสารอ้างอิง

1. Kongrueng J, Srinitiwarawong K, Nishibuchi M, Mittraparp-arthorn P, Vuddhakul V. Characterization and CRISPR-base genotyping of clinical *trh*-positive *Vibrio parahaemolyticus*. Gut Pathog 2018;10:48. doi: 10.1186/s13099-018-0275-4.
2. Zhao S, Ma L, Wang Y, et al. Antimicrobial resistance and pulse-field gel electrophoresis typing of *Vibrio parahaemolyticus* isolated from shrimp mariculture environment along the east coast of China. Mar Pullut Bull 2018;136:164-170. doi: 10.1016/j.marpolbul.2018.09.017.
3. Song J, Hou HM, Wu HY, et al. Transcriptomic analysis of *Vibrio parahaemolyticus* reveals different virulence gene expression in response to benzyl isothiocyanate. Molecules 2019;27:761. doi: 10.3390/molecules24040761.
4. Mala W, Alam M, Angkititrakul S, Wongwajana S, Lulitanond V, Huttayananont S, et al. Serogroup, virulence, and molecular traits of *Vibrio parahaemolyticus* isolated from clinical and cockle sources in northeastern Thailand. Infect Genet Evol 2016;39:212-218. doi:10.1016/j.meegid.2016.01.006.
5. Chen M, Guo D, Wong HC, Zhang X, Liu F, Chen H, et al. Development of O-serogroup specific PCR assay for detection and identification of *Vibrio parahaemolyticus*. Int J Food Microbiol 2012;159:122-129. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2012.08.012.
6. Joshi J, Srisala J, Truong VH, Chen IT, Nuangsaeng B, Suthienkul O, et al. Variation in *Vibrio parahaemolyticus* isolates from a single Thai shrimp farm experiencing an outbreak of acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND). Aquaculture 2014;428-428:297-302. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.03.030.

7. Kimura B, Sekine Y, Takahashi H, Tanaka Y, Obata H, Kai A, et al. Multiple-locus variable-number of tandem-repeats analysis distinguishes *Vibrio parahaemolyticus* pandemic O3:K6 strains. J MIcrobiol Methods. 2008;72:313-320. doi: 10.1016/j.mimet.2007.12.014.
8. García K, Gavilán RG, Höfle MG, Martínez-Urtaza J, Espejo RT. Microevolution of pandemic *Vibrio parahaemolyticus* assessed by the number of repeat units in short sequence tandem repeat regions. PLoS One 2012;7:e30823. doi: 10.1371/journal.pone.0030823.
9. Sun H, Li Y, Shi X, Lin Y, Qiu Y, Zhang J, et al. Association of CRISPR/Cas evolution with *Vibrio parahaemolyticus* virulence factors and genotypes. Foodborne Pathog Dis. 2015;12:68–73. doi: 10.1089/fpd.2014.1792.
10. ปัญจพร นิ่มมณี, พรทิพย์ พึ่งม่วง, ชนิสรา รุ่งรำพรรณ, ณัฏฐนิช คณะผล, ปวีณ์นุช มะโนน้อม, นัจมีย์ ขุนเศษ และ ซฮาราห์ ดอเลาะ. การจำแนกสายพันธุ์ของเชื้อ *Vibrio parahaemolyticus* ที่แยกได้จากสิ่งส่งตรวจของผู้ป่วยด้วยวิธี arbitrarily-primed PCR (AP-PCR) เปรียบเทียบกับการวิเคราะห์ variable number of tandem repeat (VNTR). รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติครั้งที่ 6 “งานวิชาการรับใช้สังคม”วันที่ 22 มิถุนายน 2561. หน้า 675-84.
11. Luczak-Kadlubowska A, Sabat A, Tambic-Andrasevic A, Payerl-Pal M, Krzyszton-Russjan J, Hryniewicz W. Usefulness of multiple-locus VNTR fingerprinting in detection of clonality of community- and hospital-acquired *Staphylococcus aureus* isolates. Antonie Van Leeuwenhoek. 2008 Nov;94(4):543-53. doi: 10.1007/s10482-008-9271-x.

[AS-P58] การคัดกรองรา *Trichoderma* spp. เพื่อย่อยสลายอาทราซีน

Screening of *Trichoderma* spp. for Atrazine Degradation

อินทิรา แถมพยัคฆ์[*1] และ กัญ อนันตสมบูรณ์[2]
Inthira Thampayak[*1] and Gun Anantasomboon[2]
[1]*หมวดวิชาจุลชีววิทยา ภาควิชาวิทยาศาสตร์การแพทย์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต*
[2]*หมวดวิชากายวิภาคศาสตร์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์การแพทย์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต*
[*]*ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: intira.t@rsu.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดกรองราไตรโคเดอร์มาที่สามารถย่อยสลายสารอาทราซีนที่ปนเปื้อนในดิน โดยทำการแยกราไตรโคเดอร์มาจากดินในไร่ข้าวโพด จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ได้จำนวน 9 ไอโซเลต เมื่อนำมาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมสารอาทราซีนความเข้มข้น 35, 50, 100, 200, 300, 500 และ 1000 mg/l พบว่าปริมาณสารอาทราซีน 35 และ 50 mg/l ไม่มีผลต่อการเจริญของเชื้อราไตรโคเดอร์มาทั้ง 9 ไอโซเลตเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม และสามารถเจริญได้บนอาหารที่มีสารอาทราซีนสูงถึง 1000 mg/l เมื่อศึกษาดูการย่อยสลายสารอาทราซีนของราไตรโคเดอร์มาโดยวิเคราะห์ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) พบว่าทุกไอโซเลตสามารถย่อยสลายอาทราซีนได้ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 72.17% โดยไอโซเลต T1 สามารถย่อยสลายอาทราซีนได้มากสุดถึง 93.71% ผลการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าราไตรโคเดอร์มาสามารถย่อยสลายสารอาทราซีนและทนทานต่อปริมาณสารอาทราซีนที่สูงได้

คำสำคัญ: *การย่อยสลายอาทราซีน ราไตรโคเดอร์มา*

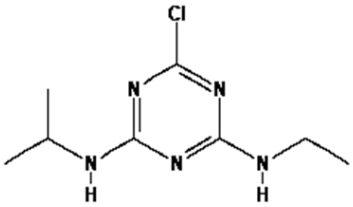
Abstract

This research aims to screen *Trichoderma* spp. capable of degrading atrazine from the contaminated soil. Nine isolates of *Trichoderma* spp. were isolated from Prachuap Khiri Khan corn fields. The isolates were cultured in the medium supplement with atrazine at different concentrations (35, 50, 100, 200, 300, 500 and 1,000 mg/l). The results showed that there were no adverse effect on the growth of *Trichoderma* spp. at concentrations of 35 and 50 mg/l when compared with the control. Furthermore, all isolates could grow on medium with atrazine up to 1,000 mg/l. After analyzing atrazine degradation by High-performance liquid chromatography (HPLC), the results revealed that all isolates were able to degrade atrazine at approximately 72.17%. Especially, T1 isolate had the highest ability to degrade atrazine up to 93.71%. This result demonstrated that all nine isolates of *Trichoderma* spp. were effective to degrade and resistant to atrazine at the high concentration.

Keywords: *Atrazine degradation, Trichoderma spp.*

บทนำ

สารอาทราซีน (2-chloro-4-ethylamino-6-isoprppylamino-1,3,5-s-triazine) (รูปที่ 1) เป็นสารกำจัดวัชพืชในกลุ่ม s-triazine ใช้ในการควบคุมวัชพืชใบกว้างและหญ้าในแปลงข้าวโพด ข้าวฟ่าง อ้อย และพืชอื่นๆ ประเทศไทยมีการนำเข้าสารเคมีในกลุ่มของ s-triazine จำนวนมาก และมีปริมาณการนำเข้าเพิ่มสูงขึ้นทุกปี ในปี พ.ศ.2557 นำเข้าสารอาทราซีน 4.1 ล้านกิโลกรัม มูลค่า 57 ล้านบาท และในปี พ.ศ. 2558 ช่วงเดือนมกราคมถึงมิถุนายนประเทศไทยมีการนำเข้าสารอาทราซีน 3.3 ล้าน กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่ากว่า 44 ล้านบาท (สำนักงานควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, 2557-2558) จะเห็นว่าการใช้สารกำจัดวัชพืชเพื่อจุดประสงค์ในการควบคุมวัชพืชในพืชเศรษฐกิจนับวันยิ่งมีความสำคัญและเพิ่มมากขึ้น



ภาพที่ 1 โครงสร้างของสารอาทราซีน

สารอาทราซีนเป็นสารพวก xenobiotic compounds ซึ่งเป็นสารแปลกปลอมสำหรับสิ่งมีชีวิต เปลี่ยนรูปได้ช้าจึงเกิดการสะสมในสิ่งแวดล้อม และเป็นสารที่ยากต่อการย่อยสลาย สารอาทราซีนมีความเป็นพิษต่ำ แต่สามารถปนเปื้อนได้ในน้ำดื่ม โดย World Health Organization (1990) กล่าวถึงผลกระทบของอาทราซีนที่มีต่อสัตว์ว่า มีค่าความเป็นพิษทางปากที่ทำให้หนูทดลองตายครึ่งหนึ่ง (oral LD50) อยู่ระหว่าง 1,700 – 4,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว มีความเป็นพิษปานกลางต่อสัตว์น้ำ โดย LD50 มีค่าระหว่าง 0.5 – 15.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และสามารถสะสมได้ในปลา นอกจากนี้สารอาทราซีนยังตกค้างในดินได้นาน โดยมีค่าครึ่งชีวิต 125 วันในดินทราย และสามารถปนเปื้อนได้ทั้งในน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน

ปัญหาเหล่านี้สามารถป้องกันและเตรียมการแก้ไขได้หลายวิธีคือ วิธีทางกายภาพ เคมี หรือชีววิทยา วิธีกำจัดทางชีววิทยาหรือการใช้จุลินทรีย์เป็นวิธีที่ยอมรับมากที่สุด เนื่องจากเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากวิธีการนี้ไม่ก่อให้เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม จากการศึกษาพบว่ามีทั้งแบคทีเรียและราที่สามารถย่อยสลายสารอาทราซีนได้ ได้แก่ *Pseudomonas Agrobacterium Clavibacter Arthrobacter Aspergillus Rhizopus Fusarium*[(1)] การย่อยสลายสารอาทราซีน และสารในกลุ่ม s-triazine ในจุลินทรีย์เกิดขึ้นโดยกระบวนการ N-dealkylation และ dechlorination (Erickson, 1989) จากการศึกษาของ Mandelbaum และคณะ (1995) พบว่าเชื้อแบคทีเรีย *Pseudomonas* sp. สายพันธุ์ ADP สามารถย่อยสลายอาทราซีนได้โดยใช้อาทราซีนเป็นแหล่งของไนโตรเจน และพบว่า 80% ของอะตอมคาร์บอนใน s-triazine ring ได้ถูกเปลี่ยนเป็น CO_2 ศึกษาโดยการติดฉลากอะตอมคาร์บอนใน s-triazine ring (14C) แสดงว่า triazine ring ถูกย่อยสลายไปหมด

สำหรับราในดินที่สำคัญก็คือราไตรโคเดอร์มา (*Trichoderma* spp.) ซึ่งเป็นราที่มีศักยภาพสูงในการควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการเข้าไปเจริญอยู่ภายในเส้นใยของราสาเหตุโรคพืช เป็นเหตุให้เชื้อโรคพืชนั้นสูญเสียความมีชีวิต ทำให้ปริมาณเชื้อโรคพืชลดลง[(4)] หรืออาจสร้างสารปฏิชีวนะออกมาทำลายหรือยับยั้งเส้นใยของเชื้อก่อโรค[(5)] ดังนั้นการคัดเลือกราไตรโคเดอร์มาที่มีความสามารถในการย่อยสลายและทนทานต่อสารอาทราซีน ซึ่งเป็นยาฆ่าวัชพืชในปริมาณสูงได้ก็จะมีประโยชน์ในด้านการเจริญเติบโตของพืช และยังช่วยลดปริมาณสารตกค้างในดินด้วย วัตถุประสงค์ของงานวิจัยในครั้งนี้ เพื่อคัดกรองราไตรโคเดอร์มาที่สามารถย่อยสลายสารอาทราซีน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การแยกราไตรโคเดอร์มาจากตัวอย่างดินโดยวิธี Dilution plate technique

ชั่งดินที่เก็บจากไร่ข้าวโพดในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ที่มีประวัติการใช้สารอาทราซีนอย่างต่อเนื่องจำนวน 10 กรัม ใส่ลงในขวดฝาเกลียวซึ่งบรรจุน้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้ว 90 มิลลิลิตร เขย่าให้เม็ดดินกระจายตัว หลังจากนั้นทำให้สารแขวนลอยเจือจางแล้วดูดสารแขวนลอยมา 0.1 มิลลิลิตร ทำการ spread ลงบนจานอาหาร PDA (Potato dextrose agar) จำนวน 3 จานอาหารต่อระดับความเจือจาง จากนั้นนำไปบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5-7 วัน สังเกตและคัดเลือกโคโลนีเดี่ยวๆที่มีสีขาว ขาวอมเหลือง เทา ทั้งที่ขอบเรียบและขอบหยักและลักษณะคล้ายกำมะหยี่ไปทำให้บริสุทธิ์

2. การศึกษารูปร่างลักษณะของราไตรโคเดอร์มาและการจัดจำแนก

เลี้ยงราบนอาหาร PDA เป็นเวลา 5-7 วัน ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของราบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ และนำไปทำ wet mount โดยหยดสี lactophenol cotton-blue ปิดกระจกสไลด์ แล้วนำไปส่องดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายที่ 40X เพื่อดูลักษณะของเส้นใยและสปอร์ นอกจากนี้ยังได้นำไปศึกษาระดับดีเอ็นเอเพื่อจัดจัดจำแนกด้วย ribosomal DNA gene บริเวณ ITS1-ITS4 โดยใช้ชุดสำเร็จรูป Phire Plant Direct PCR Master Mix และใช้ primers ITS1 และ ITS4 ในการทำปฏิกิริยา Polymerase Chain Reaction (PCR) จากนั้นส่งวิเคราะห์ลำดับเบส แล้วนำลำดับเบสที่ได้มาเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลลำดับเบสด้วย TrichoBlast program

3. การศึกษาการเจริญของราไตรโคเดอร์มาในอาหารที่มีสารอาทราซีน

3.1 เลี้ยงราบนอาหาร Czapek-Dox agar ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 วัน

3.2 ใช้ cork borer เจาะลงไปในอาหารเลี้ยงเชื้อบริเวณขอบๆโคโลนีของรา จากนั้นนำมาวางตรงกลางจานอาหารเลี้ยงเชื้อ Czapek-Dox agar ที่ผสมสารอาทราซีน จำนวน 3 จานอาหารเลี้ยงเชื้อต่อความเข้มข้น ความเข้มข้นสารอาทราซีนที่ใส่ลงไปในอาหารเลี้ยงเชื้อคือ 35, 50, 100, 200, 300, 500 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนชุดควบคุมจะไม่ใส่สารอาทราซีน จากนั้นนำไปบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง สังเกตการเจริญของรา และวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของโคโลนี (มิลลิเมตร)ในวันที่ 3, 7, 14, 21, 28 และ 35 ของการทดลองโดยเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

3.3 คิดเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญตามสูตร ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง} = \frac{(CG_1 - CG_2) \times 100}{CG_1}$$

CG1 หมายถึง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของโคโลนีกลุ่มควบคุม

CG2 หมายถึง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของโคโลนีที่ระดับความเข้มข้นใดๆของอาทราซีน

4. การคัดกรองราไตรโคเดอร์มาที่มีคุณสมบัติย่อยสลายสารอาทราซีนในอาหารเหลว

ประเมินจากปริมาณสารอาทราซีนที่เหลืออยู่ในอาหารเหลวด้วย High-performance liquid chromatography (HPLC) โดยดัดแปลงมาจากวิธีการของ Korpraditskul และคณะ [6] โดยมีขั้นตอนการทำดังนี้

4.1 เลี้ยงราไตรโคเดอร์มาบนอาหาร Czapek-Dox agar เป็นเวลา 5 วัน จากนั้น suspend สปอร์ด้วย Triton X 0.05% แล้วนำมาใส่ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Czapek dox broth (ใช้ความเข้มข้นของน้ำตาล D-glucose 1%; w/v เป็นแหล่งของคาร์บอน) 50 ml จากนั้นนำไปเขย่าที่อุณหภูมิห้องโดยใช้ความเร็ว 110 rpm เป็นเวลา 3 วัน ทำไอโซเลตละ 3 ซ้ำ

4.2 ใส่สารอาทราซีนให้ได้ความเข้มข้นสุดท้ายเท่ากับ 35 มิลลิกรัมต่อลิตร ยกเว้นชุดควบคุมที่ไม่ต้องใส่อาทราซีน จากนั้นทำการเก็บตัวอย่าง โดยดูดอาหารเลี้ยงเชื้อมา 1 ml ใส่ในหลอด centrifuge 1.5 ml จากนั้นนำ flask ไปเขย่าต่อที่ความเร็ว 110 rpm และทำการเก็บตัวอย่างของแต่ละไอโซเลตในวันที่ 3, 7, 14, 21, 28 และ35 ของการทดลอง

4.3 นำตัวอย่างที่เก็บทั้งหมดไปวิเคราะห์หาปริมาณของสารอาทราซีนที่เหลืออยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยเทคนิค High-performance liquid chromatography (HPLC)

4.4 คิดเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายสารอาทราซีนตามสูตร Azizullah[2]

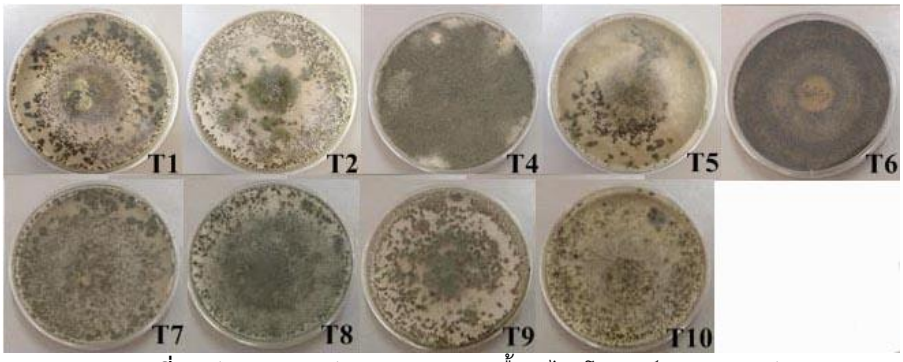
เปอร์เซ็นต์ในการย่อยสลายสารอาทราซีน $\frac{(Dx-Dy)}{Dx} \times 100$

Dx หมายถึง ความเข้มข้นของอาทราซีนที่ D0

Dy หมายถึง ความเข้มข้นของอาทราซีนที่ Day ต่างๆ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการแยกราไตรโคเดอร์มาจากตัวอย่างดินด้วยวิธี dilution plate technique และศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและการจัดจำแนกพบว่าสามารถแยกราไตรโคเดอร์มาได้ 9 ไอโซเลต ได้แก่ T1, T2, T4, T5, T6, T7, T8, T9 และ T10(ภาพที่ 2) ลักษณะโคโนลีเริ่มแรกมีผิวหน้าเรียบสีขาว ต่อมาโคโลนีมีลักษณะเป็นแบบปุยฝ้ายฟูอย่างหลวม หรือเป็นกระจุกหนาแน่น หรือมีลักษณะทั้งสองแบบในโคโลนีเดียวกัน จะเห็นลักษณะเส้นใยมีสีขาวและสปอร์จำนวนมากสีเขียวอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม และจากการศึกษาในระดับดีเอ็นเอด้วยยีน ribosomal DNA บริเวณ ITS1-ITS4 พบว่าสามารถจัดจำแนกราไตรโคเดอร์มาได้ 5 กลุ่มดังนี้ *Trichoderma lixii* (T1 และ T5) *Trichoderma harzianum* (T2 และ T10) Trichoderma brevicompactum (T4 และ T9) *Trichoderma inhamatum* (T6) *Trichoderma rifai* (T7 และ T8)



ภาพที่ 2 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อราไตรโคเดอร์มา อายุ 5 วัน

1. การเจริญของราไตรโคเดอร์มาในอาหารที่มีสารอาทราซีน

จากการศึกษาการเจริญของราไตรโคเดอร์มาทั้ง 9 ไอโซเลตบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Czapek dox agar ที่ผสมสารอาทราซีนในปริมาณต่างๆ ดังนี้ 0, 35, 50, 100, 200, 300, 500 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าสารอาทราซีนที่ความเข้มข้น 35 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่มีผลต่อการเจริญของเชื้อราไตรโคเดอร์มาทุกไอโซเลตเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม สารอาทราซีนที่ความเข้มข้น 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลต่อการเจริญของราไตรโคเดอร์มาโดยมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเท่ากับ 20.6 – 64.7% ในขณะที่สารอาทราซีนความเข้มข้น 300, 500 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลต่อการจริญของราไตรโคเดอร์มา T2, T4, T5, T6 และ T8 โดยมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งเท่ากับ 17.6 – 88.2% แต่ไม่มีผลต่อการเจริญของราไตรโคเดอร์มา T1, T7, T9 และ T10 แม้ว่าจะเพิ่มความเข้มข้นสารอาทราซีนสูงถึง 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 1) และเมื่อวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของโคโลนีทั้ง 9 ไอ

โซเลต ในวันที่ 7, 14, 21, 28 และ 35 พบว่ามีขนาดเท่ากับกลุ่มควบคุม แสดงให้เห็นว่าสารอาทราซีนปริมาณน้อยๆไม่มีผลต่อการเจริญของรา แต่ถ้าปริมาณสารอาทราซีนเพิ่มสูงขึ้นจะทำให้ราบางไอโซเลตมีการเจริญลดลง แต่ก็มีราบางไอโซเลตที่ปริมาณสารอาทราซีนไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต จากการศึกษาของ Rodriguez-Kabana และคณะ [8] เกี่ยวกับการเจริญของรา *T. viride* ในอาหารเหลว Czapek ที่ใส่สารอาทราซีน 0, 8, 20, 40 และ 80 µg/ml พบว่าความเข้มข้นของสารอาทราซีนที่ต่ำกว่า 40 µg/ml มีผลต่อการเจริญของราน้อยมาก แต่ถ้าเพิ่มความเข้มข้นเป็น 80 µg/ml การเจริญของราจะลดลง สอดคล้องกับการศึกษาของ Richardson [7] ที่พบว่าปริมาณสารอาทราซีนเล็กน้อยจะกระตุ้นการเจริญของเชื้อ *T. viride* แต่ถ้าเพิ่มปริมาณสารอาทราซีนสูงขึ้นจะทำให้การเจริญของเชื้อช้าลง เช่นเดียวกับการศึกษาของ Desai และ Kulkarni [3] พบว่าสารอาทราซีนไม่มีผลต่อการเจริญของ *T. harzianum* Rifai แต่ถ้าเพิ่มความเข้มข้นของสารจาก 500 ถึง 2000 ppm จะทำให้ radial growth ของราลดลงตามความเข้มข้นของสารที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีการศึกษาพบว่าราไตรโคเดอร์มาที่แยกได้จากดินบริเวณรากของถั่วแขกสามารถทนทานต่อปริมาณสารอาทราซีนสูงถึง 10,000 มิลลิกรัมต่อลิตร [10]

ตารางที่ 1 ผลการเจริญของราไตรโคเดอร์มาบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Czapek dox agar ที่ผสมสารอาทราซีนความเข้มข้นต่างๆ ในวันที่ 3 ของการทดลอง

	Atrazine concentration (mg/l)						
	0	35		50		100	
Trichoderma spp.	Radial growth	Radial growth	Inhibition (%)	Radial growth	Inhibition (%)	Radial growth	Inhibition (%)
T1	85.0	85.0	0.0	85.0	0.0	58.0	31.8
T2	85.0	85.0	0.0	85.0	0.0	51.8	39.1
T3	85.0	70.0	17.6	60.0	29.4	45.0	47.1
T4	85.0	73.0	14.1	71.2	16.2	49.2	42.1
T5	85.0	85.0	0.0	85.0	0.0	58.0	31.8
T6	85.0	54.0	36.4	45.0	47.0	31.0	63.5
T7	85.0	85.0	0.0	85.0	0.0	65.0	23.5
T8	85.0	85.0	0.0	75.0	11.8	64.0	24.7
T9	85.0	85.0	0.0	85.0	0.0	65.0	23.5
T10	85.0	85.0	0.0	85.0	0.0	67.5	20.6

ตารางที่ 1 ผลการเจริญของราไตรโคเดอร์มาบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Czapek dox agar ที่ผสมสารอาทราซีนความเข้มข้นต่างๆ ในวันที่ 3 ของการทดลอง (ต่อ)

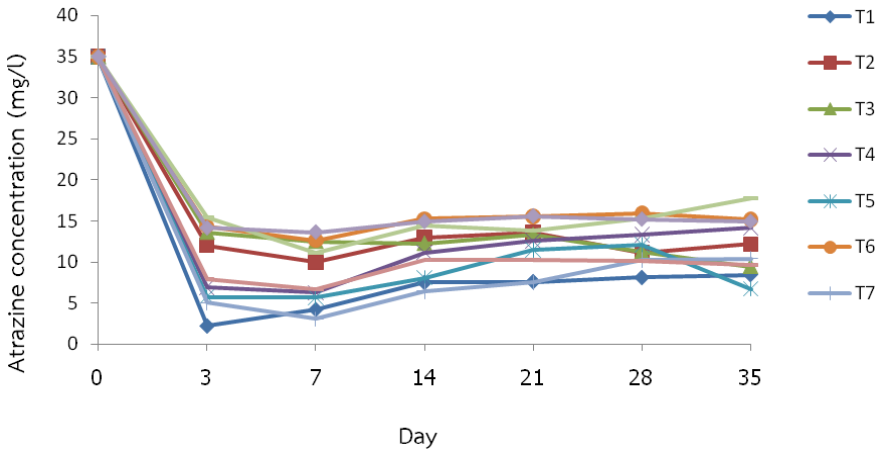
	Atrazine concentration (mg/l)							
	200		300		500		1000	
Trichoderma spp.	Radial growth	Inhibition (%)	Radial growth	Inhibition (%)	Radial growth	Inhibition (%)	Radial growth	Inhibition (%)
T1	45.8	46.1	85.0	0.0	85.0	0.0	85.0	0.0
T2	55.0	35.3	85.0	0.0	47.5	44.1	85.0	0.0
T3	33.0	61.2	47.0	44.7	50.0	41.2	45.0	47.1
T4	47.5	44.1	56.7	33.3	51.3	39.6	50.0	41.2
T5	35.0	58.8	63.0	25.9	44.5	47.6	85.0	0.0
T6	30.0	64.7	30.0	64.7	85.0	0.0	10.0	88.2
T7	48.3	43.2	85.0	0.0	85.0	0.0	85.0	0.0
T8	44.0	48.2	70.0	17.6	53.0	37.6	53.5	37.1
T9	41.7	50.9	85.0	0.0	85.0	0.0	85.0	0.0
T10	40.0	52.9	85.0	0.0	85.0	0.0	85.0	0.0

2. การคัดกรองราไตรโคเดอร์มาที่มีคุณสมบัติย่อยสลายสารอาทราซีนในอาหารเหลว

การทดสอบความสามารถในการย่อยสลายสารอาทราซีนของราไตรโคเดอร์มา ทั้ง 9 ไอโซเลต โดยทำการเลี้ยงราไตรโคเดอร์มาในอาหารเหลว Czapek dox broth ที่ใส่สารอาทราซีน 35 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 35 วัน เก็บตัวอย่างอาหารเลี้ยงเชื้อในวันที่ 3, 7, 14, 21, 28 และ 35 หลังใส่สารอาทราซีน จากนั้นนำตัวอย่างที่เก็บไปวิเคราะห์หาปริมาณของสารอาทราซีนที่เหลืออยู่ด้วยเทคนิค High-performance liquid chromatography (HPLC) พบว่าปริมาณสารอาทราซีนในอาหารเลี้ยงเชื้อลดลงทั้ง 9 ไอโซเลต (ตารางที่ 2, ภาพที่ 2) แสดงว่าราไตรโคเดอร์มาสามารถย่อยสลายสารอาทราซีนได้ เมื่อคิดเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายสารอาทราซีนในวันที่ 3 และวันที่ 35 หลังใส่สารอาทราซีน (ตารางที่ 3, ภาพที่ 3) พบว่าภายใน 3 วันสามารถย่อยสลายสารอาทราซีนได้มากกว่า 90% มีเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายเฉลี่ยอยู่ที่ 72.17% โดยไอโซเลต T1 มีอัตราการย่อยสลายสูงสุดที่ 93.71% และเมื่อถึงวันที่ 35 พบว่าทั้ง 9 ไอโซเลต ยังสามารถย่อยสลายสารอาทราซีนได้ โดยมีค่าเฉลี่ยของการย่อยสลายอยู่ที่ 66.05% และมีอัตราการย่อยสลายสูงสุดที่ 80.77%

ตารางที่ 2 ปริมาณของสารอาทราซีนที่เหลืออยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อในวันที่ 3 7 14 28 และ 35 หลังจากใส่สารอาทราซีน

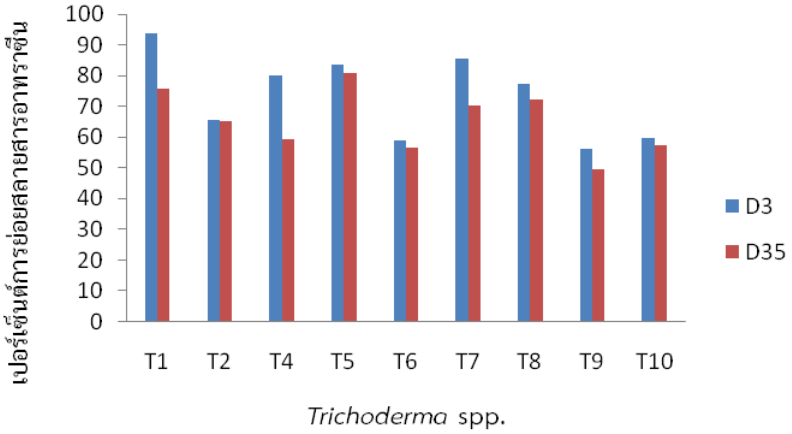
Trichoderma spp.	สารอาทราซีน (mg/l)					
	D3	D7	D14	D21	D28	D35
T1	2.2	4.2	7.49	7.6	8.1	8.45
T2	12.03	9.96	12.99	13.6	11.09	12.16
T4	6.96	6.27	11.15	12.62	13.34	14.18
T5	5.75	5.67	8.08	11.5	12.11	6.73
T6	14.36	12.64	15.24	15.56	15.95	15.16
T7	5.05	3.07	6.47	7.5	10.22	10.4
T8	7.89	6.73	10.23	10.21	10.13	9.67
T9	15.38	11.06	14.4	13.82	15.28	17.7
T10	14.14	13.63	14.91	15.59	15.2	14.91



ภาพที่ 2 ปริมาณของสารอาทราซีนที่เหลืออยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อในวันที่ 3 7 14 28 และ 35 หลังจากใส่สารอาทราซีน

ตารางที่ 3 เปอร์เซ็นต์การย่อยสลายสารอาทราซีนโดยราไตรโคเดอร์มาในวันที่ 3 และ 35 หลังใส่สารอาทราซีน

Trichoderma spp.	เปอร์เซ็นต์การย่อยสลายสารอาทราซีน	
	D3	D35
T1	93.71	75.85
T2	65.62	65.25
T4	80.11	59.48
T5	83.57	80.77
T6	58.97	56.68
T7	85.57	70.28
T8	77.45	72.37
T9	56.05	49.42
T10	59.60	57.4



ภาพที่ 3 เปอร์เซ็นต์การย่อยสลายสารอาทราซีนโดยราไตรโคเดอร์มาในวันที่ 3 และ 35 หลังใส่สารอาทราซีน

เมื่อเปรียบเทียบการย่อยสลายสารอาทราซีนในวันที่ 3 และวันที่ 35 หลังใส่สารอาทราซีนจะเห็นว่าในวันที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายสารอาทราซีนสูงกว่าในวันที่ 35 เนื่องจากช่วงแรกเชื้อจะนำสารอาหารจากการย่อยสลายไปใช้ในการเจริญเติบโต แต่หลังจากเชื้อหยุดการเจริญแล้ว การนำสารอาหารไปใช้ลดลง จึงทำให้อัตราการย่อยสลายสารอาทราซีนลดลงไปด้วย มีรายงานการศึกษาการย่อยสลายอาทราซีนในดินที่มีสารอาทราซีน 500 มก./ กก.ของราไตรโคเดอร์มาพบว่าภายใน 40 วัน สามารถย่อยสลายได้ 89% [10] นอกจากนี้ยังพบว่ารา *Trichophyton verrucosum* และ *Trichoderma harzianum* สามารถย่อยสลายอาทราซีน 2.5 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรได้ 45.41% และ 42.60% ตามลำดับ[2] นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการย่อยสลายอาทราซีน ของราจากแหล่งน้ำเสียที่มีอาทราซีนเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตรในประเทศบราซิล เป็นเวลา 15 วัน พบว่า รา *Rhizopus stolonifere*, *Penicillium purpurogenum* และ *Cladosporium cladosporioide* สามารถย่อยสลายสารอาทราซีนได้ 73.75%, 73.42% และ 68.42% ตามลำดับ [9]

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าราไตรโคเดอร์มาที่แยกได้สามารถย่อยสลายสารอาทราซีนและเจริญเติบโตในอาหารที่ผสมอาทราซีนได้ แต่ถ้าปริมาณสารอาทราซีนมากขึ้นอาจทำให้ราไตรโคเดอร์มาบางชนิดเจริญเติบโตช้าลง และอาจส่งผลให้ระบบนิเวศน์บริเวณนั้นเปลี่ยนไปบ้าง แสดงว่าราไตรโคเดอร์มาสามารถย่อยสลายสารอาทราซีนตกค้างในธรรมชาติได้ และทนทานต่อปริมาณสารอาทราซีนสูงได้ ดังนั้นนอกจากราไตรโคเดอร์มาจะควบคุมราโรคพืชแล้ว ยังเป็นแนวทางในการนำมาใช้บำบัดสารอาทราซีนตกค้างโดยธรรมชาติได้ด้วย ซึ่งเป็นประโยชน์ทางการเกษตรกรรมอย่างยิ่ง เพราะช่วยลดสารกำจัดวัชพืชที่ปนเปื้อนในดินและแหล่งน้ำ เป็นผลดีกับวัฏจักรในธรรมชาติให้กลับมาสมบูรณ์และสมดุลเหมือนเดิมต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยรังสิต ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยโครงการนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Alabouvette C, Olivain C, Steinberg C. Biological control plant diseases: The European situation. Eupean. JPP 2006;114329-41.
2. Azizullah, Jan SU, Ullah F, Khan A, Ullha B, Baharullah. Isolation and Identification of atrazine degrading microorganisms from soil of Dera Ismail Khan District of Pakistan. J Bio-Molecular Sci 2014;12-20.
3. Desai SA, Kulkarni S. Effect of fungicides, insecticides and weedicides on the growth and sporulation of native Trichoderma harzianum Rifai. J Agri Sci 2004;17:57-62.

4. Hjeljord L, Tronsmo A. Trichoderma and Gliocladium in biological control: an overview. London: Taylor and Francis Inc.; 1998.
5. Howell CR. Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: The history and evolution of current concepts. Plant Diseases 2003;87:4-10.
6. Korpraditskul V, Wicharn S, Ratanagreetakul C. Biodegradation of herbicide in sugarcane field by soil microorganism. Kasetsart J. (Nat. Sci. Suppl.) 1991;25:63-5.
7. Richardson LT. Effect of atrazine on growth response of soil fungi. Can J Plant Sci 1970;50:594-6.
8. Rodriguez-Kabana R, Curl EA, Funderburk HH. Effect of atrazine on growth response of Sclerotium rolfsii and Trichoderma viride. Can J Microbiol 1967;1343-9.
9. Morgana SG, Silvio CS, Luciane S, Floriano LS, Silvia RMC, Claudia ECB. Isolation of filamentous fungi present in swine wastewater that are resistant and with the ability to remove atrazine. Afr J Biotechnol 2012;11074-7.
10. Pelcastre MIP, Ibarra JRV, Navarrete AM, Rosas JC, Ramirez CAG, Sandoval OAA. Bioremediation perspectives using autochthonous species of Trichoderma sp. for degradation of atrazine in agricultural soil from the Tulancingo valley, Hidalgo, Mexico. Tropical and Subtropical Agroecosystems 2013;16:265-76.

[AS-P59] การประเมินฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของสารสกัดเอทานอลจากผักแขยง

Evaluation of Antibacterial Activity of Ethanolic Extract from *Limnophila aromatica*

อุมาพร ทาไธสง* และ ศุภลักษณ์ แสงวิเชียร
Umaporn Thathaisong* and Supaluk Sangwichian
ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: umaporn@buu.ac.th*

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดเอทานอลจากผักแขยงต่อแบคทีเรียก่อโรคผ่านทางอาหาร 5 ชนิด ได้แก่ *Escherichia coli* ATCC 25922, *Salmonella* Enteritidis ATCC 13076, *Vibrio parahaemolyticus, Staphylococcus aureus* ATCC 25923 และ *Bacillus cereus* TISTR 687 ด้วยวิธี disc diffusion พบว่าสารสกัดเอทานอลจากผักแขยง (4 มิลลิกรัม/ดิสก์) สามารถยับยั้ง *V. parahaemolyticus, S. aureus* ATCC 25923 และ *B. cereus* TISTR 687 โดยมีขนาด inhibition zone เท่ากับ 9.00 ± 0.50, 7.66 ± 0.76 และ 7.16 ± 0.28 มิลลิเมตร ตามลำดับ แต่สารสกัดเอทานอลจากผักแขยงไม่สามารถยับยั้ง *E. coli* ATCC 25922 และ *S.* Enteritidis ATCC 13076 และเมื่อนำสารสกัดเอทานอลจากผักแขยงมาหาค่าความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดที่สามารถยับยั้งเชื้อได้ (Minimum inhibitory concentration; MIC) ต่อเชื้อทดสอบทุกชนิด ด้วยวิธี agar dilution พบว่า *V. parahaemolyticus, S. aureus* ATCC 25923 และ *B. cereus* TISTR 687 มีความไวต่อสารสกัดมากที่สุด โดยมีค่า MIC เท่ากับ 5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ส่วน *E. coli* ATCC 25922 และ *S.* Enteritidis ATCC 13076 ดื้อต่อสารสกัดมากที่สุดโดยมีค่า MIC >20 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดเอทานอลจากผักแขยงมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียจึงอาจสามารถนำไปพัฒนาเป็นสารกันเสียจากธรรมชาติในอุตสาหกรรมอาหารได้

คำสำคัญ: *ผักแขยง สารสกัดเอทานอล ฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย*

Abstract

This study was aimed to evaluate the antimicrobial activity of ethanol extract from *Limnophila aromatic* to inhibit the growth of five foodborne pathogenic bacteria, including *Escherichia coli* ATCC 25922, *Salmonella* Enteritidis ATCC 13076, *Vibrio parahaemolyticus, Staphylococcus aureus* ATCC 25923 and *Bacillus cereus* TISTR 687 using disc diffusion method. The ethanol extracts (4 mg/disc) could inhibit *V. parahaemolyticus, S. aureus* ATCC 25923 and *B. cereus* TISTR 687 with the inhibition zone of 9.00 ± 0.50, 7.66 ± 0.76 and 7.16 ± 0.28 mm, respectively. However, the ethanol extract could not inhibit *E. coli* ATCC 25922 and *S.* Enteritidis ATCC 13076. The minimum inhibitory concentration values (MICs) for all tested bacteria were determined using agar dilution method. The most sensitive bacteria were *V. parahaemolyticus, S. aureus* ATCC 25923 and *B. cereus* TISTR 687 with the MIC of 5 mg/ml. Whereas, *E. coli* ATCC 25922 and *S.*Enteritidis ATCC 13076 were the most resistant bacteria with MIC of >20 mg/ml. These results show that the ethanol extract from *L. aromatic* has antibacterial activity and may be developed as natural preservatives in the food industry.

Keywords: *Limnophila aromatic,* ethanolic extract, antibacterila activity

บทนำ

จุลินทรีย์ที่มีบทบาทในอาหารนั้น มีทั้งชนิดที่มีประโยชน์และก่อโทษต่อมนุษย์ ประโยชน์ของจุลินทรีย์ เช่น การทำให้เกิดอาหารหมักชนิดต่างๆ และการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ ส่วนจุลินทรีย์ที่ก่อโทษ เช่น การทำให้อาหารเน่าเสีย และการทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ[1] แบคทีเรียก่อโรคในอาหารที่สำคัญ ได้แก่ *Staphylococcus aureus, Clostridium botulinum, Mycobacterium bovis*, pathogenic *Escherichia coli* group, *Salmonella* spp., *Vibrio parahaemolyticus* และ *Vibrio cholera* [2] แบคทีเรียที่กล่าวมาในข้างต้นสามารถพบได้ทั่วไปในสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ดิน น้ำ อากาศ ฝุ่นละออง เครื่องจักรและอุปกรณ์แปรรูปอาหาร วัตถุดิบ และจากบุคคลที่สัมผัสกับอาหาร ซึ่งสามารถปนเปื้อนอาหารได้ มีรายงานการระบาดของโรคอาหารเป็นพิษที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรียเพิ่มสูงขึ้นทั่วโลก โดยใน ปี ค.ศ. 2010 มีการระบาดของโรคอาหารเป็นพิษที่เกิดจาการปนเปื้อน *Salmonella* spp.และ *Listeria monocytogenes* ในไส้กรอกและเนื้อแห้ง ที่จำหน่ายในตลาดและร้านค้าในประเทศอังกฤษ[3] และมีรายงานการระบาดของโรคอาหารเป็นพิษในปี ค.ศ. 2014 เนื่องจากการปนเปื้อน *V. parahaemolyticus* ในกุ้งที่จำหน่ายในตลาดค้าปลีกของประเทศจีน[4] ดังนั้นจึงมีการใช้สารเคมีเป็นสารต้านจุลินทรีย์เพื่อควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ แต่ในปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจกับสุขภาพมากขึ้นและนิยมใช้สารจากธรรมชาติมากขึ้น โดยมีการนำสารสกัดจากสมุนไพรมาใช้ต้านการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคในอาหาร เช่น การนำสารสกัดจากเมล็ดองุ่นมายับยั้ง *V. parahaemolyticus* ในหอยนางรมแกะเปลือก (shucked oyters) [5] เป็นต้น

ผักแขยง (*Limnophila aromatica* (Lam.) Merr.) เป็นพืชสมุนไพร ใช้เป็นยาแก้ไข้ ลดไข้ แก้อาการคัน กลาก และฝี มีรายงานเกี่ยวกับฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดเอทานอลจากผักแขยง พบว่าสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S. aureus, Salmonella* Typhimurium, *S. epidermidis, S. pyogenes* และ *Propionibacterium acnes* [6, 7] อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันข้อมูลเกี่ยวกับฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของสารเอทานอลจากผักแขยงยังมีไม่มาก ดังนั้นการศึกษานี้จึงได้ทำการทดสอบฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดเอทานอลจากผักแขยง เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานด้านฤทธิ์ทางชีวภาพและเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำผักแขยงไปใช้ประโยชน์ในการเป็นสารสกัดจากธรรมชาติเพื่อยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคผ่านทางอาหารบางชนิด

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมสารสกัดเอทานอลจากผักแขยง [8]

นำผักแขยงมาล้างน้ำให้สะอาด ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 50 °C จนกระทั่งน้ำหนักแห้งคงที่ จากนั้นนำไปปั่นให้ละเอียดเป็นผง แช่ผงจำนวน 170 กรัม ในตัวทำละลายซึ่งคือเอทานอล 95% ปริมาตร 850 มิลลิลิตร (อัตราส่วน 1:5 (w/v)) ทิ้งไว้ 3 วัน แล้วนำสารละลายมากรองด้วยผ้าขาวบาง เพื่อเอากากออก จากนั้นกรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 เพื่อกรองเอาเศษตะกอนขนาดเล็กออก จากนั้นนำสารละลายไประเหยตัวทำละลายโดยเครื่อง Rotary vacuum evaporation ที่อุณหภูมิ 40 °C 1.5 ทำการชั่งน้ำหนักสารสกัดหยาบที่ได้ แล้วทำการคำนวณ % yield ตามสูตรตามสูตรด้านล่าง และเก็บสารสกัดที่ 4 °C เพื่อใช้ในการทดสอบต่อไป

$$\% \text{ yield} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังระเหยตัวทำละลาย} \times 100}{\text{น้ำหนักของตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

2. การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดเอทานอลจากผักแขยงต่อการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคทางอาหารด้วยวิธี disc diffusion [9, 10]

เตรียมสารสกัดเอทานอลจากผักแขยง โดยละลายสารสกัดจำนวน 0.4 กรัม ใน 100% Dimethyl sulfoxide (DMSO)

ปริมาตร 2 มิลลิลิตร จะได้สารสกัดความเข้มข้นสุดท้าย 200 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร แล้วกรองสารละลายด้วยชุดหัวกรอง 0.45 ไมโครเมตร เพื่อทำให้ปราศจากเชื้อ หยดสารสกัดลงบนดิสก์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ดิสก์ละ 20 ไมโครลิตร จำนวน 2 ดิสก์ ซึ่งจะได้ความเข้มข้น 4 มิลลิกรัม/ดิสก์ ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 15 นาที

เตรียมหัวเชื้อโดยนำ stock culture ของเชื้อทดสอบ 5 ชนิด ที่เก็บที่อุณหภูมิ -20 °C ซึ่งได้แก่ *E. coli* ATCC 25922, *S*. Enteritidis ATCC 13076*, S. aureus* ATCC 25923 และ *B. cereus* TISTR 687 มาเพาะเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient agar (NA) ส่วน *V. Parahaemolyticus* มาเพาะเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ NA + 1% NaCl บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง แล้วทำการ subculture เชื้อแต่ละชนิดลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ NA (NA + 1% NaCl ใช้สำหรับการเลี้ยง *V. parahaemolyticus*) ด้วยการ cross streak นำจานเพาะเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง เขี่ยโคโลนีเดี่ยวของแบคทีเรียทดสอบประมาณ 5-7 โคโลนี ใส่ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Mueller-Hinton broth (MHB) (MHB + 1% NaCl ใช้สำหรับการเลี้ยงเชื้อ *V. parahaemolyticus*) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร แล้วบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 4-6 ชั่วโมง ทำการปรับความขุ่นของเชื้อทดสอบด้วย 0.85% NaCl ให้มีความขุ่นเท่ากับ McFarland Standard No. 0.5 ซึ่งมีเชื้อประมาณ $1.5x10^8$ CFU/มิลลิลิตร จากนั้นใช้ไม้พันสำลีปราศจากเชื้อจุ่มเชื้อที่เตรียมไว้แล้วป้ายลงบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ Mueller-Hinton agar (MHA; MHA + 1% NaCl ใช้สำหรับเลี้ยงเชื้อ *V. Parahaemolyticus*) ให้ทั่ว ทิ้งไว้ให้ผิวหน้าอาหารแห้งประมาณ 3-5 นาที วางแผ่นดิสก์ที่บรรจุสารสกัดที่เตรียมไว้ ดิสก์ยาปฏิชีวนะ tetracycline (30 ไมโครกรัม/ดิสก์) ซึ่งเป็น positive control และดิสก์บรรจุ DMSO ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ซึ่งเป็น negative control ลงบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ นำจานเพาะเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง แล้วอ่านผลโดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของ inhibition zone บันทึกผลในหน่วยมิลลิเมตร (ทำการทดลอง 3 ครั้ง)

3. การหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งเชื้อ (Minimal inhibition concentration, MIC) ของสารสกัดเอทานอลจากผักแขยงด้วยวิธี agar dilution [11]

เตรียมสารสกัดเอทานอลจากผักแขยง โดยทำการเจือจางสารสกัดแบบสองเท่า (Two-fold dilution) ด้วยน้ำกลั่นให้มีความเข้มข้นต่างๆ ดังนี้ 400, 200, 100, 50, 25, 12.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารสกัดแต่ละความเข้มข้น ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ MHA ที่หลอมเหลว (อุณหภูมิ 50-55 °C) ปริมาตร 19 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันและเทลงในจานเพาะเชื้อ จะได้ความเข้มข้นสุดท้ายของสารสกัดเป็น 20, 10, 5, 2.5, 1.25, 0.625 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ (MHA + 1% NaCl ใช้สำหรับเลี้ยงเชื้อ *V. parahaemolyticus*) ส่วนชุดควบคุมได้แก่ (1) Positive control คืออาหารเลี้ยงเชื้อ MHA ที่มียาปฏิชีวนะ tetracycline ความเข้มข้นสุดท้ายตั้งแต่ 2 ถึง 0.0625 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร (2) Negative control คืออาหารเลี้ยงเชื้อ MHA ที่มี DMSO ความเข้มข้นสุดท้าย 2.5% (เป็นความเข้นข้นสุดท้ายของ DMSO ในจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีสารทดสอบ 25 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) (3) Growth control คือ อาหารเลี้ยงเชื้อ MHA ที่ไม่ได้เติมสารทดสอบ

ทำการเจือจางเชื้อที่มีความขุ่นเท่ากับ McFarland Standard No. 0.5 โดยดูดเซลล์แขวนลอยมา 100 ไมโครลิตร เติมลงใน 0.85% NaCl ปริมาตร 9.9 มิลลิลิตร จะได้ปริมาณเชื้อประมาณ 1.5×10^6 CFU/มิลลิลิตร จากนั้นหยดเชื้อทดสอบแต่ละชนิดปริมาตร 10 ไมโครลิตร (10^4 CFU/หยด) ลงบนผิวหน้าอาหาร (เชื้อละ 2 หยด) และตั้งทิ้งไว้ให้ผิวหน้าอาหารแห้ง แล้วนำจานเพาะเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมงอ่านผลค่า MIC ซึ่งค่า MIC คือความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดที่ไม่พบการเจริญของเชื้อทดสอบบนจานเพาะเชื้อ (ทำการทดลอง 3 ครั้ง)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. การเตรียมสารสกัดเอทานอลจากผักแขยง

จากการนำผักแขยงมาสกัดโดยใช้เอทานอล 95% เป็นตัวทำละลาย และแช่ทิ้งไว้ 3 วัน แล้วระเหยตัวทำละลายออกได้สารสกัดหยาบที่มีลักษณะเหนียวหนืด สีดำ จำนวน 18.22 กรัม และคำนวณ % yield ได้เท่ากับ 10.71

2. การทดสอบฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์เบื้องต้นด้วยวิธี disc diffusion

เมื่อนำสารสกัดเอทานอลจากผักแขยงมาทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคผ่านทางอาหารจำนวน 5 ชนิด ด้วยวิธี disc diffusion ให้ผลดังตารางที่ 1 และภาพที่ 1 ซึ่งพบว่าสารสกัดเอทานอลจากผักแขยง (4 มิลลิกรัม/ดิสก์) สามารถยับยั้ง *V. Parahaemolyticus, S. aureus* ATCC 25923 และ *B. cereus* TISTR 687 โดยมีขนาด inhibition zone เท่ากับ 9.00 ± 0.50, 7.66 ± 0.76 และ 7.16 ± 0.28 มิลลิเมตร ตามลำดับ อย่างไรก็ตามสารสกัดเอทานอลจากผักแขยงไม่สามารถยับยั้ง *E. coli* ATCC 25922 และ *S.* Enteritidis ATCC 13076 ได้ ส่วนขนาด inhibition zone ของยา tetracycline (30 ไมโครกรัม/ดิสก์) ต่อแบคทีเรียทดสอบทุกชนิดอยู่ในช่วง 19.00 ± 0.57 ถึง 26.00 ± 0.00 มิลลิเมตร ในขณะที่ดิสก์ที่บรรจุสารละลาย DMSO ที่ใช้เป็น negative control ไม่เกิด inhibition zone

จากผลการทดสอบ disc diffusion ของสารสกัดเอทานอลจากผักแขยง (4 มิลลิกรัม/ดิสก์) จะเห็นได้ว่ามีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* แต่ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของ *E. coli* ได้ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับรายงานก่อนหน้านี้ ที่พบว่าสารสกัดเอทานอลจากผักแขยงความเข้มข้น 2.5 มิลลิกรัม/ดิสก์ สามารถยับยั้ง *S. aureus* ได้ [12] แต่ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของ *E. coli* [13] นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าสารสกัดชนิดอื่นๆ จากผักแขยงสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ โดยสารสกัดเมทานอลจากผักแขยงความเข้มข้น 6 มิลลิกรัม/ดิสก์ สามารถยับยั้งเชื้อ *B. cereus*, *S. aureus* และ *L. monocytogenes* [14] สารสกัดด้วยไอน้ำและน้ำคั้นสดจากผักแขยง สามารถยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* [6] การศึกษาในครั้งนี้ยังพบว่าสารสกัดเอทานอลจากผักแขยงสามารถยับยั้งการเจริญของ *V. parahaemolyticus* ได้อีกด้วย

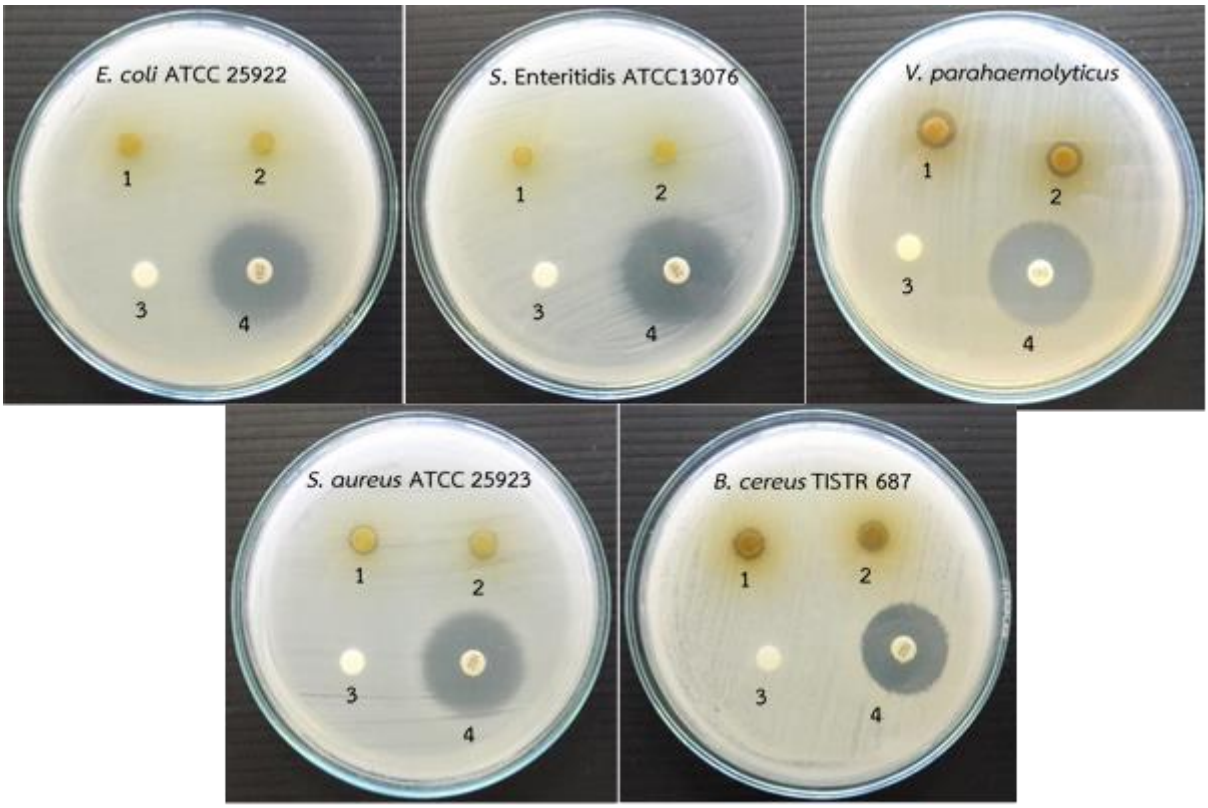
3. การหาค่า MIC ด้วยวิธี agar dilution

เมื่อนำสารสกัดเอทานอลจากผักแขยงมาหาค่า MIC ต่อเชื้อทดสอบทุกชนิดด้วยวิธี agar dilution ให้ผลดังตารางที่ 2 ซึ่งพบว่า *V. parahaemolyticus*, *S. aureus* ATCC 25923 และ *B. cereus* TISTR 687 มีความไวต่อสารสกัดมากที่สุด โดยเชื้อทั้งสามชนิดมีค่า MIC เท่ากันคือ 5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ส่วน *E. coli* ATCC 25922 และ *S.* Enteritidis ATCC 13076 ดื้อต่อสารสกัดมากที่สุด โดยมีค่า MIC >20 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร และค่า MIC ของยา tetracycline ต่อแบคทีเรียทดสอบทุกชนิดอยู่ในช่วง 0.5-1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร นอกจากนี้ยังพบว่าเชื้อทดสอบทุกชนิดเจริญได้ปกติบนอาหารแข็งที่มี DMSO ความเข้มข้น 2.5% DMSO (Negative control)

ตารางที่ 1 ขนาด inhibition zone ของสารสกัดเอทานอลจากผักแขยงต่อแบคทีเรียทดสอบ

แบคทีเรียทดสอบ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง inhibition zone (มิลลิเมตร)±SD		
	สารทดสอบ (4 มิลลิกรัม/ดิสก์)	ยา tetracycline (30 ไมโครกรัม/ดิสก์)	DMSO (20 ไมโครลิตร/ดิสก์)
E. coli ATCC 25922	NZ	24.66±0.57	NZ
S. Enteritidis ATCC 13076	NZ	24.66±0.57	NZ
V. parahaemolyticus	9.00±0.50	24.33±0.57	NZ
S. aureus ATCC 25923	7.66±0.76	26.00±0.00	NZ
B. cereus TISTR 687	7.16±0.28	19.33±0.57	NZ

หมายเหตุ NZ หมายถึง ไม่มี inhibition zone



ภาพที่ 1 ผลการทดสอบ disc diffusion ของสารสกัดเอทานอลจากผักแขยง ความเข้มข้น 4 มิลลิกรัม/ดิสก์ ในการยับยั้งแบคทีเรียทดสอบ ซึ่ง 1 และ 2 คือ ดิสก์บรรจุสารสกัดเอทานอลจากผักแขยง 3 คือ ดิสก์บรรจุ DMSO 4 คือ ดิสก์ยา tetracycline

ตารางที่ 2 ค่า MIC ของสารสกัดเอทานอลจากผักแขยงต่อแบคทีเรียทดสอบ

แบคทีเรียทดสอบ	ค่า MIC (ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)	
	สารสกัดเอทานอลจากผักแขยง	ยา tetracycline
E. coli ATCC 25922	>20	1
S. Enteritidis ATCC 13076	>20	1
V. parahaemolyticus	5	0.5
S. aureus ATCC 25923	5	0.5
B. cereus TISTR 687	5	1

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพต้านจุลินทรีย์จากการทดสอบด้วยวิธี disc diffusion และ agar dilution โดยเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของขนาด inhibition zone กับค่า MIC พบว่าให้ผลสอดคล้องกัน คือขนาด inhibition zone ใกล้เคียงกัน (7.16-9.00 มิลลิเมตร) มีค่า MIC เท่ากัน (5 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) ส่วนแบคทีเรียทดสอบที่ไม่เกิด inhibition zone มีค่า MIC สูง (>20 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)

จากการเปรียบเทียบค่า MIC ของสารสกัดเอทานอลจากผักแขยงต่อแบคทีเรียทดสอบกับการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าสารสกัดเอทานอลจากผักแขยงของการศึกษานี้มีประสิทธิภาพต้านจุลินทรีย์ต่ำ เนื่องจากมีค่า MIC ต่อ *S. aureus* ATCC 25923

(5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) สูงกว่าการศึกษาก่อนหน้านี้ ที่พบว่าค่า MIC ของสารสกัดเอทานอลจากผักแขยงต่อ *S. aureus* เท่ากับ 2.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร จากการทดสอบด้วยวิธี microbroth dilution [12] ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากความแตกต่างของแหล่งที่มาของพืช และวิธีการทดสอบหาค่า MIC ทำให้ส่งผลต่อประสิทธิภาพต้านจุลินทรีย์ของสารสกัด [15]

สาเหตุที่สารสกัดเอทานอลจากผักแขยงสามารถยับยั้งแบคทีเรียบางชนิดได้เนื่องจากมีสารออกฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียดังกล่าว ซึ่งการศึกษานี้ไม่ได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางพฤกษเคมีของสารสกัด ข้อมูลในปัจจุบันพบว่าสารที่เป็นองค์ประกอบทางพฤกษเคมีของผักแขยงมี 54 ชนิด ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารกลุ่ม terpenoids, phenolics และ flavonoids โดยสารเหล่านี้เป็นสารออกฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ [16] ซึ่งสารประกอบฟีโนลิกมีกลไกการออกฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย โดยไปทำลายเยื่อหุ้มเซลล์และโปรตีนที่เยื่อหุ้มเซลล์ [15] มีผลไปยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในที่สุด อีกทั้งยังมีการศึกษาประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเอทานอล 80% จากผักแขยง และหาปริมาณฟีโนลิกทั้งหมด พบว่ามีระดับความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูง และมีปริมาณสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมดสูง [7]

สรุป

สารสกัดเอทานอลจากผักแขยงความเข้มข้น 4 มิลลิกรัม/ดิสก์ สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ 3 ชนิด ได้แก่ *V. parahaemolyticus, S. aureus* ATCC 25923 และ *B. cereus* TISTR 687 โดยมีขนาด inhibition zone อยู่ในช่วง 7.16 ± 0.28 ถึง 9.00 ± 0.50 มิลลิลิเมตร และยังพบว่า *V. parahaemolyticus, S. aureus* ATCC 25923 และ *B. cereus* TISTR 687 มีความไวต่อสารสกัดมากที่สุด โดยมีค่า MIC เท่ากับ 5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ส่วน *E. coli* ATCC 25922 และ *S.* Enteritidis ATCC 13076 ดื้อต่อสารสกัดมากที่สุด โดยมีค่า MIC >20 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าสารสกัดเอทานอลจากผักแขยงมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียก่อโรคผ่านทางอาหารบางชนิด ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับฤทธิ์ทางชีวภาพ ดังนั้นน่าจะมีการศึกษาในอนาคตเกี่ยวกับองค์ประกอบทางพฤษเคมีของสารสกัดเอทานอลจากผักแขยงและชนิดของสารที่เป็นองค์ประกอบที่ออกฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้เป็นสารต้านจุลินทรีย์จากธรรมชาติในการควบคุมเชื้อก่อโรคที่ปนเปื้อนในอาหารต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. บุษกร อุตรภิชาติ. จุลชีววิทยาทางอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4. สงขลา: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ; 2552.
2. ศนิ จิระสถิตย์. จุลินทรีย์ก่อโรคในอาหาร. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 2560;22(2):218-23.
3. Gormley FJ, Little CL, Grant KA, Pinna E, McLauchlin J. The microbiological safety of ready-to-eat specialty meats from markets and specialty food shops: A UK wide study with a focus on *Salmonella* and *Listeria monocytogenes*. Food Microbiol 2010;27:243-249. DOI: 10.1016/j.fm.2009.10.009
4. Xu X, Wu Q, Zhang J, Cheng J, Zhang S, Wu K. Prevalence, pathogenicity, and serotypes of *Vibrio parahaemolyticus* in shrimp from Chinese retail markets. Food Control 2014;46:81-85. DOI: 10.1016/j.foodcont.2014.04.042
5. Mahmoud B. The efficacy of grape seed extract, citric acid and lactic acid on the inactivation of *Vibrio parahaemolyticus* in shucked oysters. Food Control 2014;41:13-16. DOI: 10.1016/j.foodcont.2013.12.027
6. สุภาพร พงษ์มณี และกัญณาญาภัค สนามพล. การสกัดสารจากพืชสมุนไพรเพื่อยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคในอาหาร. วารสารมหาวิทยาลัยสยาม 2550;38(6):54-57.
7. Rattanasena P. Antioxidant and antibacterial activities of vegetables and fruits commonly consumed in Thailand. Pak J Biol Sci 2012;1:1-6.

8. Dholvitayakhun A, Trachoo N. Antibacterial activity of ethanol extract from some Thai medicinal plants against *Campylobacter jejuni*. World Acad Sci Eng 2012;6(5):113-116.
9. Clinical and Laboratory Standard Institute. Methods for antimicrobial dilution and disk susceptibility testing of infrequently isolated or fastidious bacteria proposed guideline (M45-P) 2006;25(26);34-37.
10. Clinical and Laboratory Standard Institute. Performance standards for antimicrobial disk susceptibility tests; approved standard-eleventh edition (M02-A11) 2012;32(1):1-76.
11. Clinical and Laboratory Standard Institute. Methods for dilution antimicrobial susceptibility tests for bacteria that grow aerobically; approved standard-ninth edition (M07-A9) 2012;32(2):1-88.
12. มณฑล วิสุทธิ. ฤทธิ์ต้านแบคทีเรียกลุ่ม Staphylococci ของสารสกัดจากพืชท้องถิ่นบางชนิดในจังหวัดนครราชสีมา. วารสารมหาวิทยาลัยขอนแก่น 2560;45(4):805-816.
13. กานดา ล้อแก้วมณี, วราพร หนันแดง, ภานุวัฒน์คัมภีราวัฒน์ และชื่นจิต จันทจรูณพงษ์. การยับยั้งการเจริญของ *Escherichia coli* โดยสารสกัดผักแขยงและผักกระโดนน้ำ ในระดับห้องปฏิบัติการ. วารสารมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2552;7(2):30-36.
14. Nanasombat S, Teckchuen N. Antimicrobial, antioxidant and anticancer activities of Thai local vegetables. J Med Plants Res 2009;3(5):443-449.
15. Cetin-Karaca H, Newman MC. Antimicrobial efficacy of plant phenolic compounds against *Salmonella* and *Escherichia coli*. Food Biosci 2015;11(1):8-16. DOI: 10.1016/j.fbio.2015.03.002
16. Gorai D, Jash SK, Singh RK and Gangopadhyay A. Chemical and pharmacological aspects of *Limnophila aromatic* (Scrophulariaceae): An overview. AJPCT 2014;2(3):2348-356.

[AS-P60] การศึกษาสารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของแตงไทย

The Study of Phenolic compounds, Flavonoids, Antioxidant Activity and Antimicrobial of Muskmelon (*Cucumis melo* L. var. Conomon)

พิชญ์สินี ศรีหาบุญทัน และวัฒนา อัจฉริยะโพธา*
Pitsinee Srihaboonthan and Wattana Aschariyaphotha*
หลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: Wattana@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอล สารประกอบฟลาโวนอยด์ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และประสิทธิภาพการต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดจากแตงไทยบริเวณเนื้อใกล้เปลือกและเนื้อใกล้เมล็ด โดยใช้วิธีการ สกัดด้วย 95% เอทานอล และทำให้แห้งด้วยเครื่องระเหยระบบสูญญากาศแบบหมุน ตรวจสอบสมบัติทางเคมีของสารสกัดได้แก่ ปริมาณสารประกอบฟีนอล ด้วยวิธี Folin-ciocalteu ปริมาณฟลาโวนอยด์ การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลสิระด้วยวิธี DPPH และศึกษาประสิทธิภาพการต้านจุลินทรีย์ 5 ชนิด ได้แก่ *Staphylococcus aureus, Bacillus subtilis, Escherichia coli, Rhizopus* sp. และ *Aspergillus* sp. พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสารสกัดแตงไทยเนื้อใกล้เมล็ดมีค่า 0.5146 ± 4.91 มก.แกลลิก/ก.ตัวอย่าง ซึ่งสูงกว่าบริเวณเนื้อใกล้เปลือก ปริมาณฟลาโวนอยด์ในสารสกัดแตงไทยเนื้อใกล้เปลือกมีค่า 96.66 ± 9.98 มก./ก.น้ำหนักสด มากกว่าบริเวณเนื้อใกล้เมล็ด และสารสกัดแตงไทยเนื้อใกล้เมล็ดมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ร้อยละ 34.3109 มากกว่าบริเวณเนื้อใกล้เปลือก แต่ประสิทธิภาพการยับยั้งจุลินทรีย์จากสารสกัดแตงไทยทั้ง 2 บริเวณไม่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทุกชนิดได้

***คำสำคัญ**: ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ การต้านอนุมูลอิสระ การต้านจุลินทรีย์ แตงไทย*

Abstract

The objective of this research was to study the phenolic compounds, flavonoids, antioxidant activity and the antimicrobial effectiveness of the muskmelon mesocarp extract, near the exocarp and seeds. The muskmelon was extracted by using 95% ethanol and drying with a rotary vacuum evaporator. The determination of chemical properties was include of ; total amount of phenolic compounds by folin ciocalteu method, total flavonoids analysis, the antioxidant activity by DPPH method and the antimicrobial resistance studies, 5 microbial was used to resistance study including *Staphylococcus aureus, Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Rhizopus* sp. and *Aspergilus* sp.. The results showed that the muskmelon mesocarp extract near seeds presented phenolic content was 0.5146 ± 4.91 mg GAE/g., which higher than the muskmelon mesocarp extract near exocarp. The amount of flavonoids was the muskmelon mesocarp extract near the exocarp was 96.66 ± 9.98 mg/gFW that higher than the extract near seeds, and the muskmelon mesocarp extract near seeds had 34.3109 % antioxidant activity by DPPH method. The both area of muskmelon extracted could not inhibit the growth of all microorganisms in this study.

***Keyword**: phenolic compounds, flavonoids, antioxidant activity, antimicrobial, muskmelon*

บทนำ

แตงไทย (*Cucumis melo* L. var. conomon) อยู่ในวงศ์แตง Cucurbitaceae จัดเป็นพืชพื้นเมืองเก่าแก่ดั่งเดิมชนิดหนึ่งของประเทศไทยซึ่งมีการปลูกไว้สำหรับบริโภคกันมาเป็นเวลายาวนานจนถึงปัจจุบัน มีการใช้ประโยชน์ทั้งผลอ่อนและผลสุก ผลอ่อนนำมารับประทานเป็นผักสด ปรุงอาหาร ผลสุกใช้รับประทานเป็นผลไม้ เครื่องดื่มน้ำแตงไทย หรือทำเป็นขนมหวาน แตงไทยมีลักษณะผลและเนื้อคล้ายแคนตาลูป แต่มีกลิ่นหอมแรงกว่าแตงชนิดอื่นๆ มีเนื้อสีเหลือง เหลืองส้ม และสีเขียว มีกลิ่นหอมที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว มีคุณค่าทางโภชนาการทั้งผลอ่อนและผลสุก นอกจากนี้สำนักโภชนาการกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (2553)[1] กล่าวไว้ว่าสารพฤกษาเคมี (phytochemicals) ทำให้พืชผักมีผลไม้มีสี โดยผลไม้สีเหลือง สีส้ม มีสารเบต้าแคโรทีนสูง เป็นสารที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ ช่วยในการต้านอนุมูลอิสระป้องกันมะเร็งช่วยต้านการอักเสบและเพิ่มระบบภูมิคุ้มกัน นอกจากนี้พืชที่มีสีเขียวยังมีสารคลอโรฟิลล์แล้ว ยังมีสารลูทีน ที่ช่วยต้านอนุมูลอิสระ ป้องกันมะเร็งและลดการเสื่อมของจอประสาท ผลไม้ในกลุ่มนี้ได้แก่ แตงไทย แคนตาลูป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแตงที่เปลือกไม่มีตาข่าย[2,3] ทำให้การบริโภคผลไม้ในกลุ่มแตงเมล่อนจึงมีโอกาสในการลดความเสี่ยงของโรคเรื้อรังต่างๆ ซึ่งแตงไทยเป็นผลไม้ที่มีประโยชน์อีกชนิดหนึ่ง มีรสหอมหวานตามธรรมชาติในตัว ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระและต้านจุลินทรีย์จากสารสกัดในแตงไทยผลสุกจากบริเวณเนื้อใกล้เปลือกและเนื้อใกล้เมล็ด

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ตัวอย่างพืช

ผลแตงไทยซื้อจากตลาดไทย จ.ปทุมธานี ระยะผลสุกโดยสังเกตจากลักษณะปรากฏของผลแตงไทยที่ขั้วจะมีสีเหลืองและออกแห้ง จากนั้นแบ่งเนื้อเป็น 2 ส่วน คือเนื้อแตงไทยใกล้เปลือก และเนื้อแตงไทยใกล้เมล็ด



ภาพที่ 1 แตงไทย

2. การสกัดสารสกัดหยาบจากแตงไทย

ปลอกเปลือกแตงไทยให้บางที่สุด แยกส่วนเนื้อที่ใกล้เปลือกและเนื้อใกล้เมล็ด นำเนื้อมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆขนาด 1×1 เซนติเมตร หนา 0.2 เซนติเมตร ชั่งเนื้อติดเปลือกและเนื้อติดเมล็ด ตัวอย่างละ 25 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพูที่มี 95% เอทานอล ปริมาตร 100 มิลลิลิตร แล้วปิดฝาให้สนิท ตั้งทิ้งไว้ที่มืดอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน เมื่อครบกำหนดนำมากรองด้วยผ้าขาวบาง จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ภายใต้สูญญากาศ นำส่วนใสไประเหยเอาตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยระบบสูญญากาศแบบหมุน เก็บสารสกัดที่ได้ไว้ในขวดสีชาในที่แห้งและเย็นจนกว่าจะใช้งาน

3. การวิเคราะห์ฤทธิ์การยับยั้งจุลินทรีย์ด้วยวิธี Agar disc diffusion [4]

3.1 การทดสอบจุลินทรีย์

ได้แก่ *E. coli, B. sutilis, S. aureus* โดยนำเชื้อจุลินทรีย์ที่แข็งแรงมาเพื่อมาเลี้ยงต่อในอาหาร Nutrient broth ที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง จากนั้นนำเชื้อมาขีดลงบนอาหาร NA จนทั่วโดยขีดทับไปมาหลายๆ ครั้งด้วยไม้สำสีปราศจากเชื้อ (Sterile cotton swab) นำแผ่นกระดาษตาปลาที่มีสารสกัดแตงไทยจากข้อ 2. วางบนอาหารที่ปลูกเชื้อไว้ บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 วัน อ่านผลโดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของ Clear zone

3.2 การทดสอบเชื้อรา

ใช้วิธีเดียวกับ 3.1 แต่ใช้เชื้อรา 2 ชนิดคือ *Rhizopus* sp., *Aspergillus* sp. เลี้ยงในอาหารเพาะเลี้ยง PDA บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-5 วัน อ่านผลโดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของ Clear zone

4. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอล สารประกอบฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

4.1 วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด [5]

ปิเปตสารสกัดแตงไทยแต่ละส่วน (จากข้อ 2.) จำนวน 0.13 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่น 0.5 มิลลิลิตร เติม Folin-ciocalteu reagent จำนวน 0.13 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 6 นาที จากนั้นเติม 7% Na_2CO_3 จำนวน 1.25 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ให้เป็น 3 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 90 นาที ที่อุณหภูมิห้อง วัดค่าดูดกลืนแสงความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก (gallic acid) และรายงานผลเป็นปริมาณมิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง (ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ)

4.2 วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ [6]

ปิเปตสารสกัดแตงไทยในแต่ละส่วนที่ (จากข้อ 2.) จำนวน 1 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่น 4 มิลลิลิตร ในหลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตร เติม 5% $NaNO_3$ จำนวน 0.3 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที เติม 10% $AlCl_3$ จำนวน 0.3 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 6 นาที เติม NaOH เข้มข้น 1.0 โมลาร์ จำนวน 0.3 มิลลิลิตรปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น 2.4 มิลลิลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงทันทีที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของแคทิชิน และรายงานผลเป็นปริมาณมิลลิกรัมแคทิชินต่อกรัม (ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ)

4.3 ทดสอบการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH [7]

เตรียมสารละลายอนุมูล DPPH ความเข้มข้น 80 มิลลิโมลาร์ โดยละลาย 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical 3.154 มิลลิกรัม ด้วย 95% เมทานอล ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดสีชา การทดสอบทำโดยนำสารละลายตัวอย่างปริมาตร 100 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลายอนุมูล DPPH 900 ไมโครลิตร ตั้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยา จากนั้นนำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร โดยหลอดควบคุมคือสารละลายอนุมูล DPPH ที่ไม่มีสารตัวอย่าง คำนวณดังสมการ

$$\% \text{ DPPH radical scavenging activity} = \frac{\text{Abs. of control} - \text{Abs. of sample}}{\text{Abs. of control}} \times 100$$

ผลการทดลองและอภิปรายผล

1. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลลิกและฟลาโวนอยด์

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลลิกและสารฟลาโวนอยด์ของสารสกัดแตงไทยเนื้อใกล้เปลือกและเนื้อใกล้เมล็ด พบว่าสารสกัดแตงไทยเนื้อใกล้เมล็ดและเนื้อใกล้เปลือกมีปริมาณสารประกอบฟีนอลคือ 0.5146 ± 4.91 และ 0.5140 ± 9.58 มก.แกลลิก/ก.ตัวอย่าง ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกัน ปริมาณฟลาวโวนอยด์ของสารสกัดแตงไทยเนื้อใกล้เปลือกและเนื้อใกล้เมล็ดคือ 96.66 ± 9.98 และ 88.49 ± 6.59 มก./ก.น้ำหนักสด ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ในงานวิจัยหาปริมาณฟีนอลทั้งหมดในแตงเมล่อนพันธุ์ Hikapel ซึ่งเป็นแตงสายพันธุ์ใหม่ที่คิดค้นโดยมหาวิทยาลัยกัดจา มาดา (Universitas Gadjah Mada ,UGM) ประเทศอินโดนีเซีย ลักษณะเนื้อมีสีส้ม ผิวไม่มีตาข่าย ในช่วงระยะสุกมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของผลรวมทั้งสารต้าน

อนุมูลอิสระ ซึ่งสารประกอบฟีนอลมีความเข้มข้นสูงสุดที่ระยะสุกสุก 27 วันหลังจากปฏิสนธิ คือ 120.27 mg GAE / 100 g FW) และมีการลดลงเรื่อยๆ จนเหลืออยู่ที่ 89.85 mg GAE / 100 g FW ในระยะการสุกวันที่ 32 หลังจากปฏิสนธิ ซึ่งเป็นการลดลงอย่างมีนัยสำคัญของฟีนอลิกทั้งหมดในแตงสีส้มพันธุ์ Hikapel

ตารางที่ 1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ของสารสกัดแตงไทยเนื้อติดเปลือกและเนื้อติดเมล็ด

	สารสกัดหยาบแตงไทย	
	เนื้อแตงไทยติดเปลือก	เนื้อแตงไทยติดเมล็ด
สารประกอบฟีนอล (มก.แกลลิก/ก.ตัวอย่าง)	0.5140 ± 9.58	0.5146 ± 4.91
สารประกอบฟลาโวนอยด์ (มก./ก.น้ำหนักสด)	96.66 ± 9.98	88.49 ± 6.59
ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (% inhibition)	90.10	34.31
การยับยั้งการเจริญของ *E. coli*	-	-
การยับยั้งการเจริญของ *B. subtilis*	-	-
การยับยั้งการเจริญของ *S. aureus*	-	-
การยับยั้งการเจริญของ *Rhizopus* sp,	-	-
การยับยั้งการเจริญของ *Aspergillus* sp,	-	-

* - หมายถึง ไม่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์
+ หมายถึง มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์

2. ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

จากการทดสอบการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดแตงไทยโดยพิจารณาจากการคำนวณหา % DPPH radical scavenging activity ค่าที่น้อยหมายความว่ามีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่สูง พบว่าสารสกัดแตงไทยเนื้อติดเมล็ดมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 34.31 ส่วนสารสกัดแตงไทยเนื้อใกล้เปลือกมีค่า ร้อยละ 90.10 เนื่องจากเนื้อแตงไทยติดเมล็ดมีสีเหลืองจึงคาดว่ามีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าเนื้อใกล้เปลือกที่มีสีเขียว ซึ่งสอดคล้องกับที่สำนักโภชนาการกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (2553)[1] กล่าวไว้ว่า ผลไม้สีเหลือง สีส้ม มีสารเบต้าแคโรทีนสูง ช่วยในการต้านอนุมูลอิสระ ป้องกันมะเร็งช่วยต้านการอักเสบและเพิ่มระบบภูมิคุ้มกัน นอกจากนี้พืชที่มีสีเขียวยังมีสารคลอโรฟิลล์แล้ว ยังมีสารลูทีน ที่ช่วยต้านอนุมูลอิสระ ป้องกันมะเร็งและลดการเสื่อมของจอประสาท ผลไม้ในกลุ่มนี้ได้แก่ แตงไทย แคนตาลูป เป็นต้น แตงไทยเป็นผลไม้ที่มีประโยชน์อีกชนิดหนึ่ง มีรสหอมหวานตามธรรมชาติในตัว

3. ผลการต้านจุลินทรีย์

ผลของการสกัดหยาบแตงไทยต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์คือ *E. coli, B. subtilis*, *S. aureus*, *Rhizopus* sp, *Aspergillus* sp, พบว่าสารสกัดแตงไทยเนื้อติดเปลือกและเนื้อติดเมล็ด ไม่มีการสร้างโซนใส ดังนั้นการสกัดหยาบแตงไทยเนื้อติดเปลือกและเนื้อติดเมล็ดไม่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ทั้ง 5 ชนิด (ตารางที่ 1)

ในงานวิจัยสารประกอบฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์เกี่ยวกับแตงเมล่อนที่สอดคล้องกับงานวิจัยนี้คือ Rolim และคณะ[8] ศึกษาสารประกอบฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ในเปลือกของแตงโม (*Cucumis melo* L.) พบว่าสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดจากเปลือกแตงโม มีค่า 1.016 mg GAE/100 g FW) ปริมาณรวมของฟลาโวนอยด์ที่พบในสารสกัดเปลือกแตงโมคือ 262 µg CA/100g DW ซึ่งมีการนำสารสกัดจากเปลือกแตงโมมาประเมินศักยภาพในการต่อต้านการเกิดมะเร็งในเซลล์มะเร็งของมนุษย์ พบว่ามีการยับยั้งการแพร่กระจายถึง 20-85% ที่ความเข้มข้นของสารสกัด 0.1-1.0 mg/mL ในทุกเซลล์มะเร็ง ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าสารสกัดจากเปลือกแตงโมมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงในการทดสอบในหลอดทดลองและมีฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีประสิทธิภาพต่อการ

เจริญเติบโตของเซลล์เนื้องอกในมนุษย์ นอกจากนี้ยังมีการศึกษากรดฟีนอลิกและประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในมะระขี้นก (*Momordica Charantia* L.) การเก็บเกี่ยวเริ่มจาก 5-35 วันหลังการปฏิสนธิ ปริมาณโพลีฟีนอลและฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในผลมะระขี้นกเท่ากับ 257.06 mg GAE/100 g FW และ 87.70 CA/100g ที่ 5 วันหลังการปฏิสนธิ ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตาม ปริมาณโพลีฟีนอลและฟลาโวนอยด์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นเป็น 639.37 mg GAE/100 g FW และ 203.31 mg CE/100 g ที่ 35 วันหลังการปฏิสนธิ ตามลำดับ ($p < 0.05$) นอกจากนี้ Kubola และ Siriamompun[9] รายงานว่าปริมาณฟีนอลทั้งหมด (TPCs) ของใบลำต้น ผลดิบ และผลสุกของมะระขี้นกเท่ากับ 474, 259, 224 และ 324 mg GAE/100 กรัมตามลำดับในงานวิจัยของ Sirikhwan[10] ได้รายงานว่าปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในผลฟักข้าว (*Momordica cochinchinesis Spreng*) อยู่ที่ 117 mg GAE/100 g FW และ 47 mg CE/100 g ตามลำดับ และมีค่าเพิ่มขึ้นในผลสุกเป็น 518 mg GAE/100 g และ 230 mg CE/100 g ตามลำดับ

สรุป

การศึกษาความสามารถการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดแตงไทย โดยวิธีการสกัดหยาบด้วยตัวทำละลาย 95% เอทานอล ได้นำสารสกัดหยาบมาวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษา มีสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระหาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-ciocalteu reagent การหาปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH ด้วยวิธี DPPH free radical scavenging activity พบว่าสารสกัดแตงไทยเนื้อใกล้เมล็ดมีปริมาณฟีนอลิกคือ 0.5146 ± 4.91 มก.แกลลิก/ก.ตัวอย่าง ใกล้เคียงกับ สารสกัดแตงไทยเนื้อใกล้เปลือกมีปริมาณฟีนอลิกคือ 0.5140 ± 9.58 มก.แกลลิก/ก.ตัวอย่าง สารสกัดแตงไทยเนื้อใกล้เปลือกมีปริมาณฟลาโวนอยด์คือ 96.66 ± 9.98 มก./ก.น้ำหนักสด ซึ่งมากกว่า สารสกัดแตงไทยเนื้อใกล้เมล็ด ที่มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์คือ 88.49 ± 6.59 มก./ก.น้ำหนักสด ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระสารสกัดแตงไทยเนื้อใกล้เปลือกมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 90.10 มีค่ามากกว่า ร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระสารสกัดแตงไทยเนื้อใกล้เมล็ดมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 34.31 การสกัดหยาบแตงไทยเนื้อใกล้เปลือกและเนื้อใกล้เมล็ดไม่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของ *E. coli, B. subtilis, S. aureus, Rhizopus* sp, *Aspergillus* sp. ในระดับห้องทดลอง ข้อมูลจากงานวิจัยนี้เป็นการสนับสนุนในการศึกษาข้อมูลเชิงปริมาณเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงในด้านสารไฟโตเคมิคอลที่สำคัญเช่นสารประกอบฟีนอล ฟลาโวนอยด์ ซึ่งเป็นแหล่งที่ดีของการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติและอาจมีประโยชน์ต่อสุขภาพที่อาจพัฒนาต่อไปให้เป็นอาหารที่มีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้น

ในด้านฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) ยังมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับสารประกอบฟีนอล และฟลาโวนอยด์ และยังสอดคล้องกับปริมาณของสารอื่นนอกเหนือจากนี้ ได้แก่ กรดแอสคอร์บิค ปริมาณแคโรทีนอยด์ ไรโบฟลาวิน วิตามินบี และกรดโฟลิก นอกจากนี้ความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายน้ำได้ ได้แก่ ซูโครส น้ำตาลรวม β-carotene และ 5-methyltetrahydrofolic acid มีความหลากหลายในส่วนต่าง ๆ ของผลไม้ที่แตกต่างกัน คุณสมบัติทางเคมีและชีวเคมีของพื้นตระกูลแตงเมล่อนต่างก็มีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระสูง ตลอดจนมีสารประกอบฟีนอลทั้งหมด ฟลาโวนอยด์ หรือแม้แต่ปริมาณวิตามินซีที่สูงต่างกัน จึงเป็นที่สนใจอย่างยิ่งที่จะศึกษาถึงคุณสมบัติเหล่านี้ในพืชตระกูลแต่งชนิดต่างๆ เพื่อพัฒนาเป็นอาหารสุขภาพต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. สำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. คุณค่าทางโภชนาการในผลไม้. (2,000 เล่ม).นนทบุรี: โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. 2553.
2. Amaro,A. L., Oliveira,A., and Almeida, D.P.F.. Biologically Active Compounds in Melon in Processing and Impact on Active Components in Food. edited by V. Preedy. San Diego: Academic Press. pp. 165–171. 2015.

3. Lester,G.E., and Hodges,D.M., Antioxidants associated with fruit senescence and human health: Novel orange-fleshed non-netted honey dew melon genotype comparisons following different seasonal productions and cold storage durations. Post. Bio. and Tech. 48, 347–354. 2008.
4. อมรรัตน์ สีสุกอง, กัลยาภรณ์ จันตรี, และศรีสุดา หาญภาคภูมิ. การศึกษาฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของสารสกัดจากวัชพืชบางชนิด. วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์. 2559; ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 (มกราคม – พฤษภาคม): 69-82.
5. Chang, C.H., H.Y. Lin, C.Y. Chang and Y.C. Liu. 2005. Comparisons on the antioxidant properties of fresh, freeze-dried and hot-air-dried tomatoes. J. Food Eng. 77 (3): 478-485.
6. Sultana, B., Anwar, F. and Ashraf,M.. Effect of extraction solvent/technique on the antioxidant activity of selected medicinal plant extracts. Molecules, 14: 2167-2180. doi:10.3390/molecules14062167. 2009.
7. พยุงศักดิ์ ตันติไพบูลย์วงค์ และสุรศักดิ์ ใจเขียนดี. การวัดฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการทำลายอนุมูลดีพีพีเอช และ การฟอกสีอนุมูลเอบีทีเอส. คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยพะเยาร่วมกับสมาคมเพื่อการวิจัยอนุมูลอิสระไทย. 2555.
8. Rolim,P.M., Fidelis,G.P, Padilha, C.E,A., Santos,E.S., Rocha,H.A.O., Macedo,G.R., Phenolic profile and antioxidant activity from peels and seeds of melon (*Cucumis melo* L. var. reticulatus) and their antiproliferative effect in cancer cells. Braz, J..Med Biol Res. Mar 1;51(4):e6069. doi: 10.1590/1414-431X20176069. 2018.
9. Kubola, J. and Siriamornpun, S., Phenolic Contents and Antioxidant Activities of Bitter Gourd (*Momordica Charantia* L.) Leaf, Stem and Fruit Fraction Extracts *in Vitro*.
Food Chemistry, 110, 881–890. 2008.
10. Sirikhwan, T. Comparison of Antioxidant and Antimicrobial Activities of Unripe and Ripe Fruit Extracts of *Momordica Cochinchinesis* Spreng (Gac Fruit). International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research.28, 75–82. 2014.

[AS-P61] แนวทางเพื่อลดการสูญเสียอาหารและขยะอาหารในภาคการค้าส่งของประเทศไทย กรณีศึกษาตลาดทะเลไทย จังหวัดสมุทรสาคร

Food Loss and Waste Approach of Whole Sale Market in Thailand :A Case Study of Talaythai Market, Samut Sakhon Province

ผกาภรณ์ ฝั่งสินธุ์[1] ชีระวิทย์ รัตนพันธ์[2] และวีระวัฒน์ อุ่นเสน่หา[*1]
Pakaporn Fangsin[1], Cheerawit Rattanapan[2] and Weerawat Ounsaneha[*1]
[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
[2]สถาบันพัฒนาสุขภาพอาเซียน มหาวิทยาลัยมหิดล
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: weerawat@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาแนวทางเพื่อลดการสูญเสียอาหารและขยะอาหารในภาคการค้าส่งของประเทศไทย กรณีศึกษาตลาดทะเลไทย จังหวัดสมุทรสาคร โดยผลจากการศึกษา พบว่า ปริมาณขยะอาหารของตลาด เท่ากับ 93.5 กิโลกรัม/วัน ในวันธรรมดา และ 184 กิโลกรัม/วัน ในวันหยุด เนื่องมาจากจำนวนของผู้บริโภคในตลาดที่สูงกว่าในวันหยุด นอกจากนี้จากการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของขยะอาหารของตลาดทะเลไทย พบว่า มีศักยภาพในการนำไปใช้ประโยชน์และมีการปนเปื้อนโลหะหนักในช่วงที่ยอมได้รับได้ จากนั้นจึงทำการพัฒนาแนวทางในการจัดการขยะการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดทะเลไทย จังหวัดสมุทรสาคร ด้วยการประชุมเชิงปฏิบัติการร่วมกับทีมวิจัย ผู้ทรงคุณวุฒิ และ ผู้ประกอบการตลาด พบว่า แนวทางที่มีความเหมาะสมในการลดการสูญเสียอาหารและขยะอาหารของตลาดสดทะเลไทย ประกอบด้วย การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ การผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อผลิตไฟฟ้า และ การผลิตปุ๋ยมูลค่าสูงจากการเลี้ยงไส้เดือนด้วยความพร้อมทั้งทางด้านเทคนิค เศรษฐศาสตร์ และการนำประโยชน์ได้จริง แต่อย่างไรก็ตามแนวทางดังกล่าวเป็นเพียงแนวทางการวิเคราะห์เบื้องต้น ควรมีเพิ่มเติมการศึกษาอย่างละเอียดถึงการนำแนวทางดังกล่าวไปประยุกต์ใช้จริง

คำสำคัญ: *การจัดการขยะอาหาร ความสูญเสียอาหาร ตลาดสดค้าส่ง ตลาดทะเลไทย*

Abstract

This research was to develop the food loss and waste approach of whole sale market in Thailand: a case study of Talaythai Market, Samut Sakhon province**.** The result showed that the volume of food waste from this market was 93.5 kg/day and 184 93.5 kg/day for working day and holiday, respectively because of the high consumers in holiday. In additional, the physical and chemical analysis of food waste characteristic for Talaythai Market were performed, the heavy metal concentration acceptance. Then, the food loss and waste approach of Talaythai Market was developed by the brainstorming workshop with research team, experts and market owner. Finally, the composting, biogas production for electricity production and high value fertilizer from worm was the potential approach with the technical, economic and utilization ability. However, these approach is the preliminary approach and then the more detail of each approach should be conducted for real application.

Keywords*: food waste management, food loss, whole sale market, Talaythai market*

บทนำ

ในปัจจุบันมากกว่า 30 % ของการผลิตอาหารในระดับโลกจะประสบปัญหากับการสูญเสียอาหารและการเพิ่มขึ้นของปริมาณขยะอาหารตลอดห่วงโซ่อุปทาน[1] ซึ่งจะส่งให้เกิดผลกระทบทางด้านเศรษฐศาสตร์ สิ่งแวดล้อม และ สังคม อย่างรุนแรง[2-4] ทั้งนี้ปัญหาการจัดการการสูญเสียอาหารและขยะอาหารได้ถูกยกระดับให้เป็นปัญหาที่ต้องได้รับการเฝ้าระวังอย่างเร่งด่วน[5,6] โดยข้อมูลจากสหภาพยุโรป ได้คาดการณ์ปริมาณขยะอาหารของประเทศในสหภาพยุโรปจะมีปริมาณมากกว่า 126 ล้านตัน/ปี ในปี พ.ศ. 2573 หากยังไม่มีการพัฒนาแนวทางในการป้องกันอย่างจริงจัง ซึ่งจะตรงข้ามกับเป้าหมายของการพัฒนาอย่างยั่งยืนที่ถูกกำหนดไว้โดยสหประชาชาติที่จะต้องลดปริมาณของการเกิดขยะอาหารอย่างเป็นรูปธรรมในปี พ.ศ. 2573

จากการศึกษาของ Ounsaneha และคณะ[7] ทำการศึกษาถึงปริมาณของขยะอาหารในตลาดสดของประเทศไทยในส่วนของตลาดผัก พบว่า มีปริมาณขยะอาหารที่เกิดจากตลาดสดมากกว่า 2 ตัน/วัน ซึ่งต้องนำไปกำจัดทุกวัน ส่งผลให้เกิดต้นทุนที่จะขึ้นต่อการนำไปกำจัดและการพัฒนาแนวทางเพื่อการจัดการปัญหาการสูญเสียขยะอาหารและการจัดการจัดการขยะอาหารนั้นเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถลดต้นทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์กับต้นทุนในการกำจัดและเกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นอีกด้วย

จากการศึกษาของ Chiu and Lo[8] ได้ระบุถึงแนวทางในปัจจุบันได้ถูกนำมาใช้ในการจัดการขยะอาหาร ได้แก่ การทำปุ๋ย การเผา การฝังกลบ และ การหมักแบบไร้อากาศ เป็นต้น โดยแนวทางดังกล่าว ส่งมีข้อจำกัดในการนำไปประยุกต์ใช้ เช่น การฝังกลบทำให้เกิดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูง[9,10] การเผาและการทำปุ๋ยก็มีผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในรูปแบบของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นไปในทิศทางเดียวกับการฝังกลบ ยิ่งไปกว่าจากการศึกษาของ Salemdeeb และคณะ[11] พบว่าการเกิดยูโทรฟิเคชั่นและการเกิดสภาพความเป็นกรดในระบบนิเวศท้องถิ่น จะเป็นผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมหลักที่เกิดขึ้นจากการเลือกใช้แนวทางการหมักแบบไร้อากาศกับการจัดการขยะอาหาร ทั้งนี้จากการศึกษาของ Ounsaneha และคณะ[7] ได้ระบุว่ายังไม่มีแนวทางเพื่อการจัดการอย่างเป็นรูปธรรมนอกจากการนำไปเลี้ยงสัตว์หรือส่งไปฝังกลบในส่วนของตลาดสดของประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ตลาดทะเลไทย จังหวัดสมุทรสาคร ซึ่งเป็นศูนย์กลางค้าสัตว์น้ำ และผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแปรรูปครบวงจรที่ใหญ่ที่สุดในประเทศไทยที่มีขนาดของตลาด 7 ไร่ และมีแผงค้า จำนวน 480 แผง ซึ่งถือได้ว่าเป็นตลาดที่เป็นมีส่วนแบ่งการตลาดด้านการค้าส่งอาหารทะเลที่สำคัญของประเทศไทย

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาถึงการสูญเสียขยะอาหารและการเกิดการขยะอาหารในภาคการค้าส่งของประเทศไทย กรณีศึกษากรณีศึกษาตลาดทะเลไทย จังหวัดสมุทรสาคร โดยเริ่มจากการศึกษาปริมาณ คุณลักษณะทางกายภาพ และเคมีของขยะอาหารของตลาดกลางผลไม้ในจังหวัดปทุมธานี รวมไปถึงศึกษาปริมาณขยะสูญเสียในตลาดเพื่อทำให้สามารถนำพัฒนาแนวทางที่สำหรับการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดสดของประเทศไทยในลำดับต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. สถานการณ์ทั่วไปของตลาดทะเลไทย จังหวัดสมุทรสาคร

ตลาดทะเลไทย จังหวัดสมุทรสาคร เป็นศูนย์กลางค้าสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแปรรูปครบวงจรที่ใหญ่ที่สุดในประเทศไทย ตั้งอยู่ที่ หมู่ที่ 1 ตำบลท่าจีน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร โดยตลาดทะเลไทยมีขนาด 7 ไร่ มีแผงขนาด 3x3 เมตร จำนวน 480 แผง โดยได้แบ่งโซนสิ้นค้าสดและโซนสินค้าแห้ง และได้รับการพัฒนาให้เป็นแหล่งรวมของผู้ซื้ออาหารทะเล ผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแปรรูปทุกประเภท เป็นศูนย์การค้าส่งกึ่งค้าปลีก จากผู้ค้าอาหารทะเลแปรรูปครบวงจรเปิดบริการขายส่งเวลาตั้งแต่เวลา 4.00-8.00 น.ขายปลีกด้านนอกเวลา 10.00-18.00 ขายของเป็นๆ สดๆ สารพัดชนิดซึ่งมีแพทั้งหมด 119 แพ เป็นแพขนาดใหญ่ 105 แพ และเป็นแผงลอย บริเวณด้านหน้า 14 แผง ซึ่งตลาดที่ทำการศึกษาเป็นโครงการ 2 คือ ผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแปรรูปทุกประเภท โดยมีแนวทางให้เป็นศูนย์การค้าส่งและกึ่งการค้าปลีก จากผู้ค้าอาหารทะเลแปรรูปครบวงจร รวมทั้งอาหารทะเลแปรรูปเพื่อการส่งออกประกอบไปด้วย ผลิตภัณฑ์แปรรูปเบื้องต้น เช่น ปลาหมึกลอก เนื้อปลาแล่ ฯลฯ ผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง เช่น ปลาแห้ง กุ้งแห้ง ปลาเค็ม ฯลฯ แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป เช่น ลูกชิ้น หอยจ้อ ปูอัด ปลาสวรรค์ ฯลฯ

2. การศึกษาการสูญเสียอาหารและปริมาณขยะอาหารในตลาดทะเลไทย จังหวัดสมุทรสาคร

ทำการสำรวจข้อมูลของการเกิดขยะอาหารในตลาดทะเลไทยด้วยการสัมภาษณ์ สังเกต และชั่งน้ำหนักการดำเนินกิจกรรมในพื้นที่ เป็นเวลา 2 วัน ในช่วงของวันธรรมดา (วันจันทร์ – วันศุกร์) และ วันหยุด (วันเสาร์ – วันอาทิตย์) พร้อมทั้งจัดเก็บและรวบรวมข้อมูลด้วยแบบบันทึกข้อมูลเพื่อระบุปริมาณการสูญเสียอาหาร (ปริมาณอาหารที่หายไปจากการแปรรูป) และปริมาณขยะอาหารที่เกิดขึ้นจริงจากการดำเนินงานของตลาดทะเลไทยเพื่อนำใช้เป็นส่วนหนึ่งเพื่อการพัฒนาแนวทางในการกำจัดในลำดับถัดไป

3. การศึกษาคุณลักษณะของขยะทางกายภาพและเคมีของขยะอาหารในตลาดทะเลไทย จังหวัดสมุทรสาคร

ในการศึกษานี้จะทำการเก็บตัวอย่าง และวิเคราะห์ตัวอย่างขยะอาหารในตลาดสดกรณีศึกษาด้วยการการสุ่มตัวอย่างขยะอาหารอย่างมีระบบ เพื่อเป็นตัวแทนของขยะจากแหล่งกำเนิด และทำการวิเคราะห์คุณลักษณะของขยะอาหาร ประกอบด้วยคุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมี โดยวิธีการในการการสุ่มตัวอย่างขยะอาหาร คือ ทำการเก็บตัวอย่างขยะอาหารโดยทำการสุ่มตัวอย่างขยะจากจุดรวมขยะในสองช่วงเวลา คือ ช่วงเช้า เวลา 9.00 น. และ ช่วงเย็น เวลา 17.00 น. เพื่อให้ได้ชนิดของขยะที่แตกต่างกันสุ่มตัวอย่างขยะประมาณ 1-2 ลบ.ม. จากนั้นนำมาเทกองรวมกันบนผ้ายางสำหรับปูพื้นที่ได้เตรียมไว้ แล้วจึงทำการคลุกเคล้าให้องค์ประกอบต่าง ๆ ให้กระจายกันอย่างทั่วถึง จากนั้นจึงนำขยะมากองรวมกันแล้ว คลุกเคล้าให้เข้ากันมากที่สุด หลังจากนั้นจึงทำการกองขยะในลักษณะสมมาตรรูปกรวย แบ่งกองขยะออกเป็น 4 ส่วน (Quartering) โดยเลือก 2 ส่วนที่กองอยู่ตรงกันข้ามมารวมกัน แล้วคลุกเคล้าให้เข้ากันอีกครั้ง ให้องค์ประกอบต่าง ๆ กระจายอย่างสม่ำเสมอ จากนั้นจึงทำ Quartering ไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งได้ตัวอย่างขยะในปริมาณที่ต้องการ และดำเนินการจดบันทึกลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ปริมาณขยะ และความหนาแน่น[12] และนำไปทำการวิเคราะห์ลักษณะทางเคมีของขยะจากขยะอาหาร ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณของแข็งรวม ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ ปริมาณเถ้า ค่าปริมาณคาร์บอน ปริมาณไฮโดรเจน และปริมาณโลหะหนัก โดยดำเนินการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

4. การพัฒนาแนวทางเพื่อจัดการขยะอาหารตลาดกลางผลไม้ในตลาดทะเลไทย จังหวัดสมุทรสาคร

จากผลการศึกษาในข้างต้นที่เก็บรวบรวมได้จากขั้นตอนของการศึกษาการสูญเสียอาหารและปริมาณขยะอาหาร คุณลักษณะทางกายภาพ และเคมีของขยะอาหาร รวมไปถึงการทบทวนวรรณกรรมจากงานวิจัยต่างๆ ทั้งใน และต่างประเทศถึงการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดสด ทางทีมวิจัยจึงได้ทำการจัดประชุมร่วมกันผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญในส่วนของการจัดการการขยะ การจัดการสิ่งแวดล้อม เทคโนโลยีอาหาร และ ผู้รับผิดชอบโดยตรงด้านการจัดการขยะของตลาด เพื่อร่วมกันพัฒนาแนวทางที่สามารถดำเนินการได้จริงและเหมาะสมกับบริบทบนพื้นฐานของข้อมูลทั้งหมดที่ทำการศึกษาในส่วนต้นของการศึกษา เพื่อให้ได้แนวทางที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดสดในส่วนของขยะอาหารทะเลของประเทศไทยต่อไป

ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

1. การสูญเสียอาหารและปริมาณขยะอาหารในตลาดทะเลไทย จังหวัดสมุทรสาคร

จากการเก็บข้อมูลขยะอาหารที่เกิดขึ้นจากผู้ประกอบการ จำนวน 11 ร้านค้า ซึ่งจำหน่ายอาหารทะเลสด โดยการติดตาม บันทึก ปริมาณเศษขยะอาหารที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินการของร้านค้าเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมงต่อวัน ในวันธรรมและวันหยุด พบว่า มีปริมาณขยะอาหารเกิดขึ้นทั้งหมด 93.5 กิโลกรัม/วัน ในวันธรรมดา และมีปริมาณเศษอาหารขยะเกิดขึ้นทั้งหมด 184 กิโลกรัม/วัน ในวันหยุด โดยมีข้อมูลแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การสูญเสียอาหารและปริมาณขยะอาหารในตลาดทะเลไทย จังหวัดสมุทรสาคร

ตัวอย่าง	ปริมาณที่ขาย (กิโลกรัม/วัน)	ปริมาณขยะอาหาร (กิโลกรัม/วัน)	ร้อยละของการสูญเสีย
วันธรรมดา	975	93.5	9.58
วันหยุด	4,824	184	3.8

ดังนั้นจึงสามารถคำนวณร้อยละของอาหารขยะจากอาหารทะเลสดที่จำหน่าย ณ ตลาดทะเลไทย มีค่า 9.58% ในวันธรรมดา และวันหยุดเท่ากับ 3.81% ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณการจำหน่ายของหยุด มีปริมาณสูงกว่าเนื่องจากมีปริมาณของผู้บริโภคจำนวนมากทั้งในส่วนของซื้อขายแบบปลีกและขายส่ง จึงทำให้มีการจำหน่ายสินค้าได้ในปริมาณที่มาก ทั้งนี้เมื่อพิจารณาปริมาณขยะอาหารที่เกิดขึ้นกลับมีปริมาณไม่สูงเนื่องมาจากผู้บริโภคเลือกที่จะซื้อยกตัวหรือไม่ชำแหละอาหารทะเล หรือขอดเกล็ดปลาและนำไส้ปลาออกมีปริมาณน้อย แตกต่างจากวันธรรมดาที่มีปริมาณการจำหน่ายที่น้อยกว่าปริมาณการจำหน่ายวันหยุดมากถึง 3 เท่าของวันธรรมดา แต่การเกิดขยะอาหารของอาหารทะเลสดสูงกว่าเนื่องจากการเกิดขยะอาหารมากจากการขอดเกล็ดปลา และนำไส้ปลาออก เพื่อนำไปวางบนภาชนะเพื่อเตรียมจำหน่าย และอาหารทะเลที่นำมาเป็นอาหารทะเลสดจึงเกิดการเน่าเสียในวันธรรมดา ร้านค้าจึงได้ทิ้งรวมกับที่ขอดเกล็ดปลาและไส้ปลาไว้แล้ว จึงเกิดเป็นขยะอาหารเกิดขึ้น ทั้งนี้เมื่อเปรียบปริมาณขยะอาหารกับตลาดสดขนาดใหญ่อื่นๆ[7,13] พบว่า ปริมาณขยะอาหารจากขยะประเภทอาหารทะเลนั้นมีปริมาณน้อยกว่าในตลาดผลไม้และตลาดสด เนื่องมาจากในการจำหน่ายอาหารทะเลจะมีการตัดแต่งเฉพาะในส่วนของปลาเท่านั้นจึงทำให้มีปริมาณขยะที่เกิดขึ้นน้อยกว่า ซึ่งสอดคล้องกับค่าร้อยละของการสูญเสียที่ตลาดผักและผลไม้จะมีปริมาณการสูญเสียสูงถึงร้อยละ 10 จากผลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าการเกิดขยะอาหารส่วนใหญ่ของตลาดทะเลไทยเกิดจากการขอดเกล็ดปลาเป็นส่วนใหญ่และมีในจำนวนที่ไม่มากนักต่อวัน แต่มีกลิ่นที่เหม็นและเน่าเสียได้หากทิ้งขยะไว้ข้ามคืน จึงควรมีการจัดการที่เตรียมพร้อม และไม่ควรนำขยะอาหารที่เกิดจากบริเวณจำหน่ายอาหารทะเลสด ไปรวมกับขยะที่เกิดจากบริเวณจำหน่ายผลไม้ของตลาดทะเลไทย เพื่อง่ายต่อการจัดการและถูกสุขลักษณะ

2. คุณลักษณะของขยะทางกายภาพและเคมีของขยะอาหารในตลาดทะเลไทย จังหวัดสมุทรสาคร

ตารางที่ 2 แสดงการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของตลาดกลางผลไม้ พบว่า ปริมาณความหนาแน่นความชื้น สารเผาไหม้ได้ เถ้า คาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน และของแข็งรวม มีค่าเท่ากับ 0.02 กก./ลบ.ม. 74.67% 26.33% 57.17% 25.54% 30.34% และ 26.00% ตามลำดับ นอกจากนี้จากการวิเคราะห์ปริมาณของโลหะหนักในขยะอาหารของตลาดทะเลไทย จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ แคดเมียม ตะกั่ว สารหนู สังกะสี และ ปรอท ซึ่งมีปริมาณแสดงดังตารางที่ 2 โดยเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพดิน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 25 พบว่า ปริมาณโลหะหนักของขยะอาหารในทุกพารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์มีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่น ๆ ต่อได้ เช่น การทำปุ๋ย และ การผลิตก๊าซชีวภาพ แต่อย่างไรก็ตามผลการการศึกษาคุณลักษณะขยะทางกายภาพและเคมีของขยะอาหารในการศึกษานี้เป็นผลการศึกษาเบื้องต้นเท่านั้นซึ่งต้องมีการเก็บตัวอย่างขยะอาหารตลอดทั้งปีเพื่อเป็นตัวอย่างขยะอาหารสำหรับตลาดสดอาหารทะเล

ตารางที่ 2 คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของตลาดทะเลไทย จังหวัดสมุทรสาคร

พารามิเตอร์	ปริมาณ
ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)	0.02 ± 0.01
ความชื้น (%)	74.67 ± 3.06
สารเผาไหม้ได้ (%)	26.33 ± 2.01
เถ้า (%)	57.17 ± 1.56
คาร์บอน (%)	25.54 ± 0.93
ไฮโดรเจน (%)	30.34 ± 2.21
ของแข็งรวม (%)	26.00 ± 2.00
โลหะหนัก (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	
- แคดเมียม	1.21 ± 4.23
- ตะกั่ว	2.76 ± 5.32
- สารหนู	27.47 ± 0.52
- สังกะสี	22.53 ± 9.69
- ปรอท	13.54 ± 1.33

3. แนวทางเพื่อจัดการขยะอาหารตลาดทะเลไทย จังหวัดสมุทรสาคร

จากผลการศึกษาในส่วนของการสูญเสียอาหาร คุณลักษณะของขยะทางกายภาพและเคมี และแนวทางเพื่อการจัดการขยะอาหาร ของ ภัทรานิษฐ์ ศรีจันทราพันธ์[14] ทำให้สามารถสรุปแนวทางที่มีความเหมาะสมในที่สามารถนำมาใช้เพื่อร่างแนวทางในการจัดการขยะอาหารในตลาดทะเลไทย จังหวัดสมุทรสาคร ประกอบด้วย การผลิตเชื้อเพลิง RDF การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ การผลิตก๊าซชีวภาพ การผลิตปุ๋ยมูลค่าสูง Microbial Fuel Cell และ การผลิตกรดชนิดต่างๆ จากนั้นจึงนำร่างแนวทางดังกล่าวนี้ไปจัดประชุมเชิงปฏิบัติการร่วมกับผู้ทรงคุณวุฒิ และตัวแทนตลาดกรณีศึกษาเพื่อร่วมกันคัดเลือกแนวทางที่มีความเหมาะสมในการนำไปดำเนินการจริงในตลาด โดยผลจากการระดมสมองร่วมกันในรูปแบบเชิงปฏิบัติการ พบว่า แนวทางเพื่อการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดสดของประเทศไทยนั้นควรเป็นไปตามหลักการดังต่อไปนี้

1. แนวทางเพื่อการจัดการอาหารควรเป็นแนวทางที่ไม่ใช้เทคโนโลยีที่ซับซ้อนเพื่อให้ทางตลาดสดขนาดใหญ่สามารถจะดำเนินการได้ด้วยตัวเอง

2. แนวทางเพื่อการจัดการอาหารควรเป็นแนวทางที่ไม่ควรมีต้นทุนในการจัดการที่สูงเกินไปเนื่องจากตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทยนั้นมีทั้งตลาดที่เป็นของภาครัฐและภาคเอกชน

3. แนวทางเพื่อการจัดการอาหารควรเป็นแนวทางที่เมื่อทางตลาดขนาดใหญ่ดำเนินการแล้วก่อให้เกิดประโยชน์กับทางตลาดเอง เพื่อเป็นการส่งเสริมให้ทางตลาดสดขนาดใหญ่เห็นควรให้ดำเนินการได้จริง

ดังนั้นจากข้อสรุปของแนวทางทั้งสามจึงทำให้สามารถระบุแนวทางที่เหมาะสมหรือมีโอกาสในการนำไปใช้ในการจัดการขยะอาหารได้จริงมีจำนวนทั้งสิ้น 3 แนวทาง ประกอบด้วย 1. การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ 2. การผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อผลิตไฟฟ้า และ 3. การผลิตปุ๋ยมูลค่าสูงจากการเลี้ยงไส้เดือน

สรุป

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาแนวทางเพื่อลดการสูญเสียอาหารและขยะอาหารในภาคการค้าส่งของประเทศไทย กรณีศึกษาตลาดทะเลไทย จังหวัดสมุทรสาคร โดยผลจากการศึกษา พบว่า ปริมาณขยะอาหารเกิดขึ้นทั้งหมด 93.5 กิโลกรัม/วัน ในวันธรรมดา และมีปริมาณเศษอาหารขยะเกิดขึ้นทั้งหมด 184 กิโลกรัม/วัน ในวันหยุด โดยปริมาณขยะอาหารที่เกิดขึ้นเกิดจากจำหน่ายอาหารทะเลจะมีการตัดแต่งเฉพาะในส่วนของปลาเท่านั้นและมีปริมาณการเกิดขยะอาหารในปริมาณที่น้อยเมื่อเปรียบเทียบกับตลาดสดขนาดใหญ่อื่น ๆ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของขยะอาหารของตลาดทะเลไทย พบว่า มีการปนเปื้อนโลหะหนักอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้และมีศักยภาพในการนำไปใช้ประโยชน์ได้ ท้ายสุดจึงพัฒนาแนวทางในการจัดการขยะอาหารสำหรับตลาดทะเลไทย จังหวัดสมุทรสาคร ร่วมกับ ทีมวิจัย ผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้ประกอบการตลาดและแผงค้า พบว่า การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ การผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อผลิตไฟฟ้า และ การผลิตปุ๋ยมูลค่าสูงจากการเลี้ยงไส้เดือนเป็นแนวทางที่มีความพร้อมทั้งทางด้านเทคนิค เศรษฐศาสตร์ และ การนำประโยชน์ได้จริง แต่อย่างไรก็ตามแนวทางดังกล่าวเป็นเพียงแนวทางการวิเคราะห์เบื้องต้น ควรมีเพิ่มเติมการศึกษาอย่างละเอียดถึงการนำแนวทางดังกล่าวไปประยุกต์ใช้จริง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากชุดโครงการงานวิจัยการจัดการการทิ้งอาหารเป็นขยะสนับสนุนโดยสานักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (เลขที่สัญญา SRI6020205)

เอกสารอ้างอิง

1. Gustavsson J, Cederberg C, Sonesson U, Van Otterdijk R, Meybeck A. Global food losses and food waste. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (cited 22.03.17). Available from: http://www.fao.org/docrep/014/mb060e/ mb060e00.pdf (accessed 22.03.17).
2. FAO. Food Wastage Footprint: Impacts on Natural Resources. [cited 2014 10 May]. Available from: http://www.fao.org/docrep/018/i3347e/i3347e.pdf.
3. Halloran A, Clement J, Kornum N, Bucatariu C, Magid J. Addressing food waste reduction in Denmark. Food Policy 2014;49:294-301.
4. Grizzetti B, Pretato U, Lassalletta L, Billen G, Garnier J. The contribution of food waste to global and European nitrogen pollution. Environ Sci Policy 2013;33:186-195.
5. Garcia-Garcia G, Woolley E, Rahimifard S, Colwill J, White R, Needham L. A methodology for sustainable management of food waste, waste and biomass valorization. Waste Biomass Valorization 2016;8(6):2209-2227.
6. Winkler T, Aschemann R. Decreasing greenhouse gas emissions of meat products through food waste reduction. A framework for a sustainability assessment approach". In: Morone, P., Papendiek, F., Tartiu, V. (Eds.), Food Waste Reduction and Valorisation- Sustainability Assessment and Policy Analysis, first ed. Cham: Springer International Publishing, 2017;43-67.
7. Ounsaneha W, Suksaroj TT, Rattanapan C. Choice of Food Waste Management for a Large Vegetable Market in Thailand. Int J Environ Sci Dev 2019;10(3):100-103.
8. Chiu SLH, Lo IMC. Reviewing the anaerobic digestion and co-digestion process of food waste from the perspectives on biogas production performance and environmental impacts. Environ Sc. Pollut Res 2016;23:24435–24450.

9. EC. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council Amending Directives 2008/98/EC on Waste, 94/62/EC on Packaging and Packaging Waste, 1999/31/EC on the Landfill of Waste, 2000/53/EC on End-of-life Vehicles, 2006/66/EC on Batteries and Accumulators and Waste Batteries and Accumulators, and 2012/19/EU on Waste Electrical and Electronic Equipment; 2014.
10. House of Lords.Counting the Cost of Food Waste: EU Food Waste Prevention (Report Session 2013-14 No. 10), European Union Committee. London: the Stationery Office Limited, London, UK; 2014.
11. Salemdeeb R., Daina MB, Reynolds C, Al-Tabbaa A. An environmental evaluation of food waste downstream management options: a hybrid LCA approach. Int J Recycl Org Waste Agricult 2018;7:217.
12. เสรีย์ ตู้ประกาย. ปฏิบัติการขยะ (EVM 3203). กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง; 2556.
13. รุ่งทิวาห์ พวงแก้ว ชีระวิทย์ รัตนพันธ์ วีระวัฒน์ อุ่นเสน่หา. แนวทางเพื่อการจัดการขยะอาหารในตลาดสดขนาดใหญ่ของประเทศไทย: กรณีศึกษาตลาดกลางผลไม้ในจังหวัดปทุมธานี. การประชุมวิชาการระดับชาติวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 6. 6 มิถุนายน 2561. มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสมุทรปราการ. 2561;AS-553 - AS-558.
14. ภัทรานิษฐ์ ศรีจันทราพันธ์. การลดขยะอาหารในครัวเรือนแบบครบวงจร. วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร 2559;6(3):19-36.

[AS-P62] การศึกษาจำนวนโครโมโซมและช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเก็บปลายรากของออนิโธกาลัม

Study of Chromosome Number and Appropriate Time for Root Tip Collection of *Ornithogalum* spp.

ประภาพร อบทม[1] จิรวัฒน์ เรืองเนตร[2] และสมาพร เรืองสังข์[*1]
Prapaporn Ob-tom[1], Jirawat Ruangnet[2] and Samaporn Ruangsanka[*1]
[1]คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์
[2]สถานีเกษตรหลวงอินทนนท์
ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: samaporn@vru.ac.th

บทคัดย่อ

การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาจำนวนโครโมโซมของต้นออนิโธกาลัม (*Ornithogalum* spp.) และหาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเก็บปลายราก โดยทำการเก็บตัวอย่างปลายราก 7 กรรมวิธี ได้แก่ เก็บปลายรากที่เวลา 7.00 7.30 8.00 8.30 9.00 9.30 และ 10.00 น. ทำ 3 ซ้ำ ออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยสุ่มรากในแต่ละช่วงเวลาเพื่อนำมาผ่านกระบวนการ การหยุดวงชีพเซลล์ การหยุดการทำงานของเซลล์ เก็บรักษาเนื้อเยื่อ การแยกเซลล์และย้อมสีโครโมโซมด้วย acetocarmine 0.002 M ผลการทดลองพบว่า ช่วงเวลาที่เหมาะสมแก่การเก็บปลายรากมากที่สุดคือ 8.30 น.และ 9.00 น. เนื่องจากตรวจพบการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสในระยะเมทาเฟสเฉลี่ย 8.88 เซลล์ และ 4.77 เซลล์ตามลำดับ และการทดลองครั้งนี้สามารถนับจำนวนโครโมโซมของต้นออนิโธกาลัมได้ 2n=12

***คำสำคัญ**: การเก็บปลายราก จำนวนโครโมโซม เวลา ออนิโธกาลัม*

Abstract

This experiment aimed to study chromosome number of *Ornithogalum* spp. and find appropriate time to collect root tip. There were 7 treatment of root collection time in that 7.00, 7.30, 8.00, 8.30, 9.00, 9.30 and 10.00 am. each of 3 replicates as CRD. The roots from each treatment were randomized and processed of Pretreatment Fixation Storage and Hydrolysis – Feulgen Squash and stained by acetocarmine 0.002 M. It was found that the most appropriate time for collecting roots was 8.30 am. and the second was at 9.00 am. Due to detecting of mitosis cell division at Metaphase from the average cell number of 8.88 and และ 4.77 cells respectively. In terms of chromosome number, they were counted as 2n=12.

***Keywords**: root collection, chromosome number, time, Ornithogalum ssp.*

บทนำ

ออนิโธกาลัมมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Ornithogalum* spp. จัดอยู่ในพืชสกุล *Ornithogalum* อยู่ในวงศ์ Asparagaceae พืชสกุลนี้มีมากกว่า 150 ชนิดมีถิ่นกำเนิดอยู่ในแอฟริกาใต้ เอเชียตะวันตก และยุโรป เป็นไม้ตัดดอกและไม้กระถาง เป็นพืชที่จะออกดอกก็ต่อเมื่อได้รับความเย็น สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศที่หนาวเย็นโดยพื้นที่ปลูกมีความสูงจากน้ำทะเลตั้งแต่ 1,000 เมตรขึ้นไปเพื่อการออกดอกที่สมบูรณ์เนื่องจากออนิโธกาลัมเป็นพืชหัว[(1)] ลักษณะของดอกออกเป็นช่อ ในแต่ละช่อจะมีดอกย่อยสีขาวจำนวนมาก กลีบดอกย่อยมีจำนวน 6 กลีบ เกสรตัวผู้มีสีเหลือง มีรังไข่เป็นสีน้ำตาล บางชนิดมีดอกสีขาวอมเขียว สีเหลือง สีส้มอมแดง หรือสีส้ม เป็นต้น เริ่มให้ดอกในช่วงประมาณเดือนมิถุนายน-ตุลาคม ซึ่งปัจจุบันความต้องการไม้ดอกเขตหนาว

ในประเทศไทยมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นออนิโธกาลัมจึงเป็นไม้ดอกที่มีโอกาสจะส่งเสริมให้กับเกษตรกรบนพื้นที่สูงปลูกสร้างรายได้[2]

การขยายพันธุ์และปรับปรุงพันธุ์พืชจำเป็นต้องมีความรู้ด้านพันธุกรรมของพืชนั้นๆ ลักษณะทางพันธุกรรมของพืชเป็นตัวกำหนดลักษณะที่แสดงออกทั้งด้านกายวิภาคและสรีรวิทยา เช่น ความสูงของต้น สีของดอก รูปร่างของผล ความต้องการแสง น้ำ อุณหภูมิ การเจริญเติบโตทางลำต้นและการเจริญเติบโตของส่วนสืบพันธุ์ เป็นต้น ลักษณะเหล่านี้มีความสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ข้อมูลทางพันธุกรรมจึงเป็นสิ่งจำเป็นต่อการผลิตพืช โดยเฉพาะพืชเศรษฐกิจที่เน้นปริมาณและคุณภาพผลผลิตให้เป็นที่ต้องการของตลาด การศึกษาด้านพันธุกรรมพืชมีหลายระดับ ได้แก่ ระดับนิวคลีโอไทด์ ยีน โครโมโซม ไปจนถึงระดับฟีโนไทป์ โดยเป็นการศึกษาในแง่มุมต่างๆ เช่น การตรวจวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ ตำแหน่งยีนที่สนใจ จำนวนและรูปร่างของโครโมโซม การผสมพันธุ์พืชให้ได้ลักษณะฟีโนไทป์ที่ต้องการ เป็นต้น ซึ่งงานทดลองครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาจำนวนโครโมโซมของออนิโธกาลัมและหาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเก็บปลายรากที่มีการแบ่งเซลล์ระยะเมทาเฟสได้ดีที่สุด เนื่องจากโครโมโซมเป็นแหล่งบรรจุสารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตจะมีจำนวนโครโมโซมคงที่ การศึกษาโครโมโซมศึกษาได้จากส่วนเนื้อเยื่อเจริญของเซลล์เช่น บริเวณปลายราก หรือส่วนโคนของกลีบเลี้ยง ผลจากการทดลองจะทำให้ทราบจำนวนโครโมโซมของออนิโธกาลัม เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการศึกษาทางด้านพันธุศาสตร์ การปรับปรุงพันธุ์ และทางด้านอนุกรมวิธาน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ทำการศึกษาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเก็บปลายรากที่เหมาะสมในการหยุดวงชีพเซลล์ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ Completely randomized design (CRD) ทดลองทั้งหมด 7 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 เก็บปลายรากเวลา 7.00 นาฬิกา
กรรมวิธีที่ 2 เก็บปลายรากเวลา 7.30 นาฬิกา
กรรมวิธีที่ 3 เก็บปลายรากเวลา 8.00 นาฬิกา
กรรมวิธีที่ 4 เก็บปลายรากเวลา 8.30 นาฬิกา
กรรมวิธีที่ 5 เก็บปลายรากเวลา 9.00 นาฬิกา
กรรมวิธีที่ 6 เก็บปลายรากเวลา 9.30 นาฬิกา
กรรมวิธีที่ 7 เก็บปลายรากเวลา 10.00 นาฬิกา

2. นำปลายรากของออนิโธกาลัมที่แช่ในสาร 8–hydroxyqinoline เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง 22±2 องศาเซลเซียส เมื่อครบชั่วโมงที่กำหนดนำปลายรากออกมาล้างน้ำกลั่นแล้วหยดสาร 3 absolute ethylalcohol : 1 glacial acetic acid เก็บไว้ 24 ชั่วโมง ในอุณหภูมิตู้เย็นเมื่อครบเวลาจึงนำออกมาล้างน้ำกลั่น 2-3 ครั้งแล้วนำไปแช่ในเอทิลแอลกอฮอล์70% เก็บไว้ในอุณหภูมิตู้เย็น

3. แยกเซลล์โดยการแช่รากลงใน HCl 1 N ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 นาที แล้วนำมาล้างออกด้วยน้ำกลั่น

4. ย้อมสีปลายรากด้วย acetocarmine 0.002 M ทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง แล้วนำปลายรากที่ติดสีมาเตรียมสไลด์ด้วยวิธี squash method โดยปิดทับปลายรากด้วยกระจกปิดสไลด์ ใช้ มีดผ่าตัดหรือปลายดินสอที่มียางลบกดทับบริเวณปลายราก เพื่อบดให้เซลล์กระจายแยกจากกัน และซับสีที่มากเกินไปออก

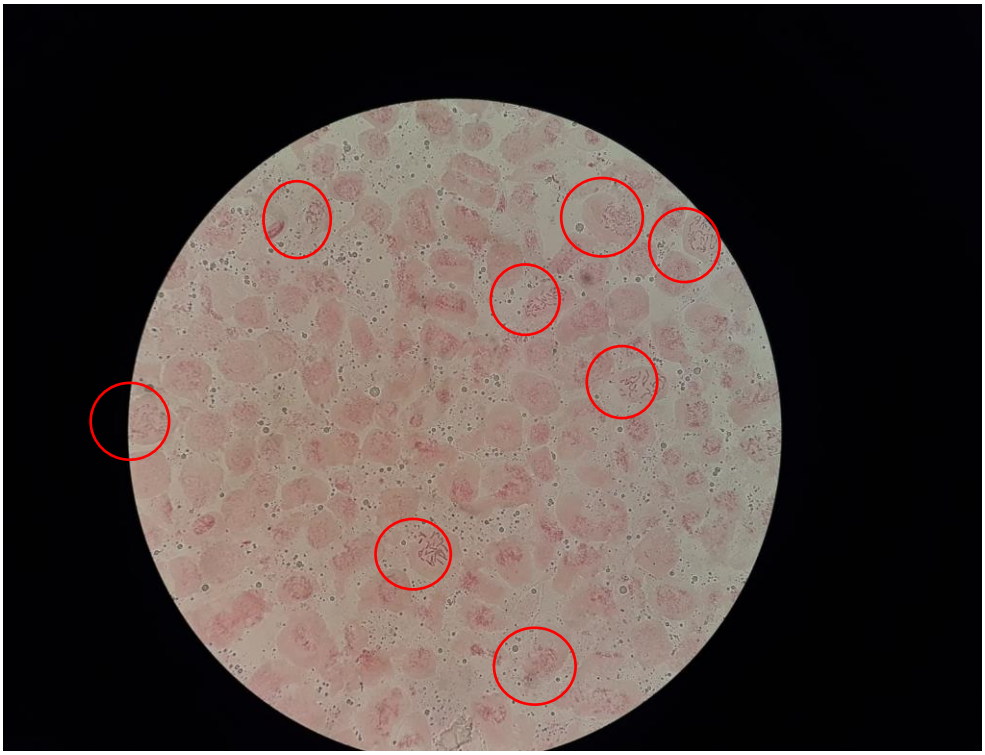
5. นำแผ่นสไลด์ไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์นับจำนวนโครโมโซมแล้วบันทึกภาพภายใต้กล้องจุลทรรศน์

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

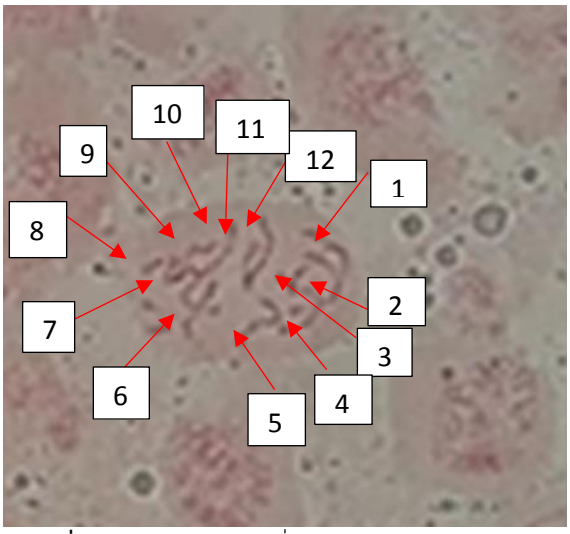
การศึกษาช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บปลายรากของออนิโธกาลัมพบว่า ในช่วงระยะเวลา 7.00 น. พบระยะอินเตอร์เฟส 36.33 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงระยะเวลา 7.30 น. พบระยะอินเตอร์เฟส 72.22 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงระยะเวลา 8.00 น. พบระยะอินเตอร์เฟส 25 เปอร์เซ็นต์ และพบระยะเมทาเฟส 3 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงระยะเวลา 8.30 น. พบระยะอินเตอร์เฟส 41.44 เปอร์เซ็นต์ และพบระยะเมทาเฟส 8.88 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงระยะเวลา 9.00 น. พบระยะอินเตอร์เฟส 2.88 เปอร์เซ็นต์ ระยะเมทาเฟส 4.77 เปอร์เซ็นต์ และพบระยะเทโลเฟส 0.11 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงระยะเวลา 9.30 น. พบระยะอินเตอร์เฟส 20 เปอร์เซ็นต์ ระยะเมทาเฟส 1.33 เปอร์เซ็นต์ และพบระยะเทโลเฟส 0.33 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงระยะเวลา 10.00 น. พบระยะเมทาเฟส 0.77 เปอร์เซ็นต์ และจำนวนโครโมโซมของออนิโธกาลัมเท่ากับ 2n=12

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์การตรวจพบระยะการแบ่งเซลล์ที่ช่วงเวลาการเก็บปลายรากแตกต่างกัน

ช่วงเวลา	อินเตอร์เฟส	โพรเฟส	เมทาเฟส	แอนนาเฟส	เทโลเฟส
7.00	36.33	0	0	0	0
7.30	72.22	0	0	0	0
8.00	25	0	3	0	0
8.30	41.44	0	8.88	0	0
9.00	2.88	0	4.77	0	0.11
9.30	20	0	1.33	0	0.33
10.00	0	0	0.77	0	0



ภาพที่ 1 การแบ่งเซลล์ระยะเมทาเฟสของรากออนิโธกาลัม ณ เวลา 8.30 น.



ภาพที่ 2 จำนวนโครโมโซมที่พบของออนิโธกาลัม 2n=12

จากการศึกษาพบว่าช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเก็บปลายรากของออนิโธกาลัม คือช่วงเวลา 8.30 น.ถึง 9.00 น.เนื่องจากพบจำนวนเซลล์ที่มีระยะเมทาเฟสมากกว่าช่วงเวลาอื่น สำหรับกรณีที่การทดลองพบระยะอินเทอร์เฟสมากกว่าระยะอื่น เป็นผลจากระยะอินเทอร์เฟสใช้เวลานานที่สุด และที่ไม่พบการแบ่งเซลล์ในระยะแอนนาเฟส เป็นเพราะระยะแอนนาเฟสเป็นระยะที่ใช้เวลาสั้นที่สุดเมื่อเทียบกับการแบ่งเซลล์ระยะอื่น จึงตรวจพบได้ยาก สำหรับการทดลองครั้งนี้พบว่าจำนวนโครโมโซมของออนิโธกาลัมสอดคล้องกับผลการศึกษาก่อนหน้านี้คือ มีจำนวน 2n=12[3] ผลการทดลองสอดคล้องกับช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมในการตัดปลายรากของว่านเสน่ห์จันทร์ 3 ชนิด คือ ว่านเสน่ห์จันทร์ขาว ว่านเสน่ห์จันทร์แดง และว่านเสน่ห์จันทร์เขียว คือ 8.00 ถึง 09.00 น. ซึ่งพบจำนวนโครโมโซมในระยะเมทาเฟส เท่ากันทั้ง 3 ชนิด คือ 2n=40[4] ในขณะที่ช่วงเวลาใกล้เคียงกันคือ ช่วงระยะเวลา 9.00 ถึง 10.00 น. เป็นระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการศึกษาโครโมโซมของกล้วยไม้สกุลม้าวิ่ง ซึ่งมีจำนวนโครโมโซม 2n=46[5]

สรุป

การแบ่งเซลล์เซลล์พืชแบบไมโทซิสมีระยะที่เหมาะสมต่อการนับจำนวนโครโมโซมได้ดีที่สุดคือระยะเมทาเฟสการทดลองนี้พบว่าช่วงเวลา 8.30 น เป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเซลล์ปลายรากต้นออนิโธกาลัม เพราะตรวจพบจำนวนเซลล์เฉลี่ย 8.88 เซลล์ที่มีการแบ่งเซลล์ในระยะเมทาเฟส รองลงมาคือการเก็บปลายรากในช่วงระยะเวลา 9.00 น. ที่พบการแบ่งเซลล์ระยะเมทาเฟสเฉลี่ย 4.77 เซลล์ และจำนวนโครโมโซมของ *Ornithogalum* spp. ที่นับได้ คือ 2n=12

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องนี้ได้รับการสนับสนุนด้านวัสดุอุปกรณ์ในการทดลองจากสถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

1. มูลนิธิโครงการหลวง. ออนิโทกาลัม [อินเตอร์เน็ท]. 2562. [เข้าถึงเมื่อ 12 มกราคม 2562]. เข้าถึงได้จาก http://www.royalprojectmarket.com/productDetail.php?pid=434.
2. สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง. ออนิโธกาลัม องค์ความรู้ที่พัฒนาที่สูงอย่างยั่งยืน [อินเตอร์เน็ท]. 2561. [เข้าถึงเมื่อ 18 กันยายน 2561]. เข้าถึงได้จาก https://hkm.hrdi.or.th/knowledge/detail/129.

3. Goldblatt P, Manning JC. A Review of Chromosome Cytology in Hyacinthaceae Subfamily Ornithogaloideae (Albuca, Dipcadi, Ornithogalum and Pseudogaltonia) in Sub-Saharan Africa. S Afr J Bot 2011;77:581-591.
4. วิปัศยา อ่อนสลุง, อนงคณ์ หัมพานนท์, รัฐพล ศรประเสริฐ, สยาม อรุณศรีมรกต, วชิราภรณ์ พิกุลทอง. ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและจำนวนโครโมโซมของว่านเสน่ห์จันทน์ขาว (*Homalomena lindenii*) ว่านเสน่ห์จันทน์แดง (*Homalomena rubercens*) และว่านเสน่ห์จันทน์เขียว (*Homalomena sp.*). การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 46; 29 มกราคม-1 กุมภาพันธ์ 2551; มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. บางเขน: เกษตรศาสตร์; 2551.
5. กาญจนา รุ่งรัชกานนท์, ศรีประไพ ธรรมแสง, แสงเดือน พลเยี่ยม. การศึกษาโครโมโซมของกล้วยไม้สกุลม้าวิ่ง. วิทยาศาสตร์เกษตร 2551;39:191-194.

[AS-P63] ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ด้วยระบบถังดักไขมันหลายขั้นตอน

The Efficiency of Wastewater Treatment from the Demonstration School, Valaya Alongkorn Rajabhat University Royal Patronage with a Multi-Step Grease Trap System.

พัฒนะ สินปรุ และมณทิพย์ จันทร์แก้ว*
Phatthana Sinpru and Montip Jankaew*
หลักสูตรวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปทุมธานี
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: montip@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบถังดักไขมันหลายขั้นตอน ในโรงอาหารโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ผลการศึกษาพบว่าน้ำใช้จากโรงอาหารหลังผ่านถังดักไขมันแบบหลายขั้นตอน มีค่าความขุ่นลดลงคิดเป็นร้อยละ 76.39 ของแข็งแขวนลอยลดลงร้อยละ 82.50 ค่าน้ำมันและไขมันลดลงร้อยละ 79.31 และมีค่าความต้องการใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ลดลง คิดเป็นร้อยละ 60.19 เมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพถังดักไขมันแบบหลายขั้นตอนพบว่าสามารถกำจัดไขมันและน้ำมันมากกว่าเกณฑ์ของกรมควบคุมมลพิษกำหนดให้บ่อดักไขมันต้องสามารถกำจัดไขมันได้มากกว่าร้อยละ 60 พบว่าถังดักไขมันแบบหลายขั้นตอนที่ประดิษฐ์ขึ้นมีประสิทธิภาพสูงอยู่ที่ร้อยละ 68.20 สรุปได้ว่าประสิทธิภาพในการบำบัดของระบบถังดักไขมันแบบหลายขั้นตอนมีความเหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารขนาดเล็ก

คำสำคัญ: *ประสิทธิภาพ ถังดักไขมันแบบหลายขั้นตอน น้ำเสียจากโรงอาหาร*

Abstract

The objective of this research was to study the effectiveness of reduced the multi-stage grease trap at cafeteria of Demonstration School of Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage. The result showed the water quality from the cafeteria after treatment using by the multi-stage grease trap was, Turbidity was decreased at 76.39 %, suspended solids were reduced at 82.50 %, Fat oil and grease were decreased at 79.31 % and the oxygen demand of the microorganisms to decompose organic matter was reduced at 60.19 %. Comparison with the performance of multi-stage grease trap, the efficiency of grease and oil this grease trap has elimination better than the standard from Pollution Control Department. Therefore, the grease and oil elimination ability of Multi-Step Grease Trap System was 68.20%. In conclusion, this research was confirmed that the use of Multi-Step Grease Trap System improve the quality of household wastewater from small canteen.

Keywords: *efficiency, Grease Trap Multi System, Demonstration School*

บทนำ

น้ำที่มีสิ่งเจือปนต่างๆ อยู่ในปริมาณสูงจนกระทั่งกลายเป็นที่ไม่ต้องการ และน่ารังเกียจของคนทั่วไป[(1)] สำหรับแหล่งชุมชน[(2)] ได้แก่ บ้านเรือน อาคารพาณิชย์ โรงแรม โรงพยาบาล โรงเรียน สำนักงาน น้ำทิ้งจากสถานที่ดังกล่าวจะมีสารมลพิษที่เป็นสารอินทรีย์ ซึ่งเป็นเศษอาหาร ของเสีย และสารที่ใช้ซักฟอกปะปนมา แหล่งกำเนิดที่ให้เกิดน้ำเสีย ประกอบด้วย บ้านเรือน โรงพยาบาล สถานที่ราชการ ร้านอาหาร โรงแรม เป็นต้น น้ำเสียจะเกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้น้ำ ซึ่งปกติมีสัดส่วนน้ำเสียประมาณร้อยละ 80-90 ของปริมาณน้ำที่ใช้ทั้งหมด[(3)] โดยน้ำที่ใช้แล้วจากครัวและแผงลอยจำหน่ายอาหารที่มีการปนเปื้อนด้วยน้ำมันและไขมันจะไหลผ่านเข้าไปในถังดักไขมัน ซึ่งเมื่อทิ้งไว้ระยะหนึ่งไขมันจะลอยตัวขึ้นมาสะสมบนผิวน้ำแล้วจึงตักออกไปกำจัด การออกแบบบ่อดักไขมันสำหรับประเทศไทยซึ่งมีอุณหภูมิสูง การจับตัวของไขมันช้า ดังนั้นระยะเวลากักพักของบ่อดักไขมันจึงไม่ควรน้อยกว่า 6 ชั่วโมง เพื่อให้น้ำมันและไขมันแยกตัวออก และลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ[(4)]

ผู้ศึกษาจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากโรงเรียน โดยทำการศึกษาหาแนวทางหรือวิธีการบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ภายในโรงอาหารของโรงเรียนกรณีศึกษา ก่อนที่จะปล่อยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นลงสู่แหล่งรองรับน้ำทิ้งของมหาวิทยาลัยต่อไป ดังนั้น ผู้ศึกษาจึงทำการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการจัดการน้ำเสียที่เกิดจากสถานศึกษาเป็นหลักและการรวบรวมข้อมูล เพื่อคิดค้นออกแบบ ประดิษฐ์ระบบถังดักไขมันแบบหลายขั้นตอน

วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อเป็นการศึกษาประสิทธิภาพของระบบถังดักไขมันที่ประดิษฐ์ขึ้น ในการบำบัดน้ำเสียขั้นต้นในโรงอาหารขนาดเล็กของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

วิธีดำเนินการวิจัย

การเก็บข้อมูลจากพื้นที่ศึกษา คือ ปริมาณน้ำที่ใช้ในระยะเวลา 1 วัน โดยภายในโรงอาหารมีพื้นที่ประมาณ 75 ตารางเมตร มีร้านประกอบการ จำนวน 5 ร้าน ประกอบไปด้วย ร้านอาหารว่าง, ร้านก๋วยเตี๋ยว, ร้านน้ำ, และร้านข้าวแกง 2 ร้าน ซึ่งร้านดังกล่าวใช้น้ำทั้งสิ้นประมาณ 200 – 400 ลิตรต่อวัน ซึ่งมีพื้นที่ใช้น้ำทำความสะอาดอุปกรณ์เพียงหนึ่งแหล่งต่อ 5 ร้านค้า โดยมีการใช้น้ำในช่วงระยะเวลาประมาณ 09.00 - 14.00 นาฬิกา ในการล้างอุปกรณ์ และล้างพื้นที่บริเวณโดยรอบ การออกแบบและสร้างถังดักไขมันและวัสดุกรองในการบำบัดน้ำเสีย โดยการออกแบบถังดักไขมันอย่างง่าย ซึ่งจะใช้วัสดุที่หาได้ง่าย ประหยัด และมีคุณภาพต่อการใช้งานได้ในระยะเวลานาน สามารถใช้งานและทำความสะอาดได้ง่าย โดยการออกแบบมีดังนี้

การวิเคราะห์ทางเคมีประกอบด้วย ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าความขุ่น (Turbid) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS) ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) ค่าบีโอดี (biochemical oxygen demand ; BOD) และน้ำมันและไขมัน (oil & grease ; O & G)

ตารางที่ 1 แสดงดัชนีการวิเคราะห์และวิธีวิเคราะห์

ดัชนีการวิเคราะห์/หน่วย	วิธีวิเคราะห์
pH	Electrometric Method ตามวิธีหาค่าแบบ Electrometric
Turbidity (NTU)	Nephelometic Method
Temperature (°C)	Electrometric membrane Method
DO (mg/L)	Azide Modification
BOD (mg/L)	Azide Modification ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 5 วัน
Oil & Grease ; O & G (mg/L)	Soxhlet Extraction วิเคราะห์ภายใน 24 ชั่วโมง

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2544[(3)]

ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทั้งเข้าระบบและออกจากระบบถังดักไขมันในทุกพารามิเตอร์จะทำการวิเคราะห์ทุกเดือนละครั้ง ทั้งหมด 3 ครั้ง และใช้วิธีการและขั้นตอนการวิเคราะห์เหมือนกันทุกครั้ง สถิติที่ใช้ในการคำนวณผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำใช้สมการในการแปรผล ที่เป็นค่าตัวเลขจากการวิเคราะห์ของพารามิเตอร์ที่ศึกษา เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับประเภทน้ำเสียที่ทำการศึกษา คือ มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากอาคารประเภท จ. และพารามิเตอร์ที่ต้องคำนวณมีดังนี้

สมการคำนวณปริมาณไขมันและน้ำมัน:

ปริมาณไขมันและน้ำมัน (มิลลิกรัม/ลิตร) = (B-A) x 106/C (1)

กำหนด A = น้ำหนักของถ้วยระเหย
B = น้ำหนักของถ้วยระเหยที่มีไขมันและน้ำมัน
C = ปริมาตรน้ำตัวอย่างที่ใช้

สมการคำนวณปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ (BOD):

BOD (มิลลิกรัมออกซิเจน/ลิตร) = $[(DO_0-DO_5)-(B_0-B_5)]$ P (2)

กำหนด DO_0 = ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำตัวอย่างวันแรก
DO_5 = ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำตัวอย่างวันที่ 5
B_0 = ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ Blank วันแรก
B_5 = ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ Blank วันที่ 5
P = อัตราส่วนการเจือจางน้ำตัวอย่าง

สมการคำนวณปริมาณของแข็งแขวนลอย:

ของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัม/ลิตร) = [(B-A) x 106]/C (3)

กำหนด A = น้ำหนักของกระดาษกรอง
B = น้ำหนักกระดาษกรองที่มีของแข็ง
C = ปริมาตรน้ำตัวอย่างที่ใช้

สมการคำนวณประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียโดยคิดเป็นร้อยละ:

ประสิทธิภาพในการบำบัด (ร้อยละ) = [(A-B)/A] x 100 (4)

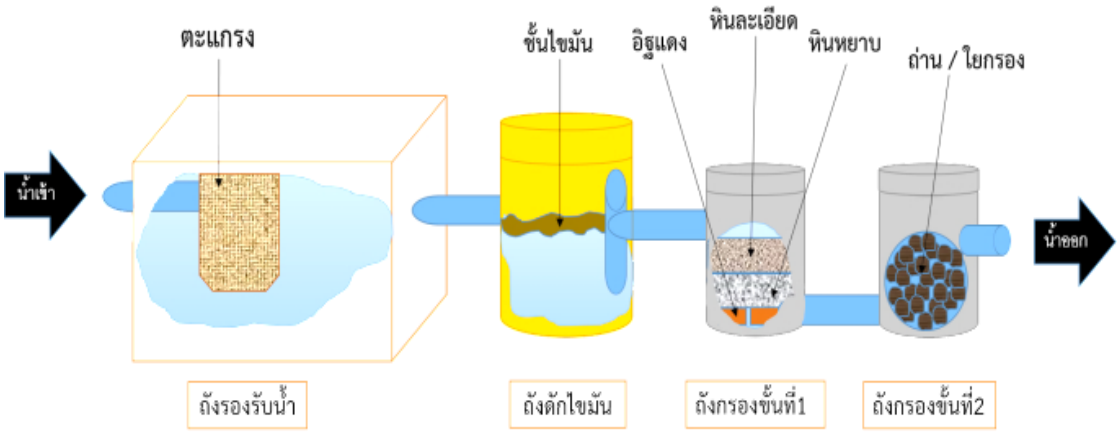
กำหนด A = คุณภาพน้ำเข้าระบบถังดักไขมัน
B = คุณภาพน้ำออกระบบถังดักไขมัน

คุณภาพน้ำเสียที่วิเคราะห์ในแต่ละครั้งแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการสำรวจพื้นที่และปัญหาเบื้องต้น พบว่า บริเวณพื้นที่ของโรงอาหารมีพื้นที่ประมาณ 75 ตารางเมตร มีร้านประกอบการ จำนวน 5 ร้าน ประกอบไปด้วย ร้านอาหารว่าง, ร้านก๋วยเตี๋ยว, ร้านน้ำ, และร้านข้าวแกง 2 ร้าน ซึ่งร้านดังกล่าวใช้น้ำทั้งสิ้นประมาณ 200-400 ลิตรต่อวัน ซึ่งในโรงอาหารแห่งนี้จะมีอ่างภาชนะ 4 อ่าง แต่ละอ่างบรรจุน้ำได้อ่างละประมาณ 40 ลิตร ผู้ขายจะปรุงอาหารมาจากบ้านแล้วนำมาใส่ภาชนะแล้วตักใส่จานและถ้วยจำหน่ายให้กับนักเรียน หลังจากขายแล้วจึงล้างภาชนะใส่อาหารบริเวณพื้นที่ล้างเพียงจุดเดียวกันทุกร้านจึงค่อยปล่อยน้ำใช้ออกจากอ่างทั้ง 4 อ่าง โดยมีการใช้น้ำในช่วงระยะเวลาประมาณ 09.00 ถึง 14.00 นาฬิกา ในการล้างอุปกรณ์ และล้างพื้นที่บริเวณโดยรอบน้ำมันและไขมันที่ปนเปื้อนอยู่ใน น้ำเสียจากร้านอาหารมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร[5] ค่าความเข้มข้นของน้ำมันและไขมันเพิ่มขึ้นตามขนาดพื้นที่ร้านอาหาร โดยค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของน้ำมันและไขมันในบ่อดักไขมันสำหรับร้านอาหารขนาดเล็ก (น้อยกว่า 100 ตารางเมตร) ขนาดกลาง (100-200 ตารางเมตร) และขนาดใหญ่ (มากกว่า 200 ตารางเมตร) เท่ากับ 1,300-2,400 และ 6,400 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ[6] ด้วยสาเหตุนี้ จึงทำให้เกิดปัญหาเรื่องเศษวัสดุต่างๆ ที่ปะปนมากับน้ำทิ้ง นอกเหนือจากเศษอาหาร เช่น เศษขยะ ใบไม้ กิ่งไม้ เป็นต้น ทางผู้วิจัยจึงนำสภาพปัญหาต่างๆ เหล่านี้ไปเป็นแนวทางในการออกแบบระบบถังดักไขมันที่ประดิษฐ์ขึ้น เพื่อเป็นการบำบัดน้ำเสียเบื้องต้น ดังรูปที่ 1 ซึ่งเป็นการออกแบบและประดิษฐ์ระบบตัวกรองน้ำเสียจากวัสดุอุปกรณ์อย่างง่ายที่มีอยู่ในท้องถิ่น เพื่อทดลองใช้กับโรงอาหารขนาดเล็กของโรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

จากรูปที่ 1 การออกแบบถังดักไขมันให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่และไม่ขัดขวางการทำงานของแม่ค้าของโรงอาหาร ลักษณะของระบบถังดักไขมันมีทั้งหมด 4 ถัง แบ่งออกเป็นถังแรกเป็นถังรองรับน้ำเสียขนาดความจุ 60 ลิตร มีตะแกรงหยาบกรองเศษอาหาร ถังที่ 2 เป็นถังดักไขมันขนาดความจุ 20 ลิตร ส่วนถังที่ 3 จะเป็นการกรองหยาบมีวัสดุกรอง 3 ชนิด คือ อิฐแดง หินหยาบ และหินละเอียด และถังที่ 4 จะเป็นการกรองสุดท้ายด้วยถ่านและใยสังเคราะห์ ก่อนที่จะปล่อยน้ำเสียลงท่อระบายน้ำและสระรองรับน้ำทิ้งต่อไป ผลการทดลองการบำบัดน้ำเสียของระบบถังดักไขมันที่ประดิษฐ์ขึ้น สามารถบำบัดลดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ได้จริง พารามิเตอร์ที่เป็นหัวใจหลักในการทำการทดลองครั้งนี้คือ ค่า pH, ค่า BOD, SS, Turbidity (NTU) และ Oil & Grease ซึ่งกำหนดไว้ในมาตรฐานน้ำทิ้งอาคารประเภท จ. ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำดังตารางที่ 2

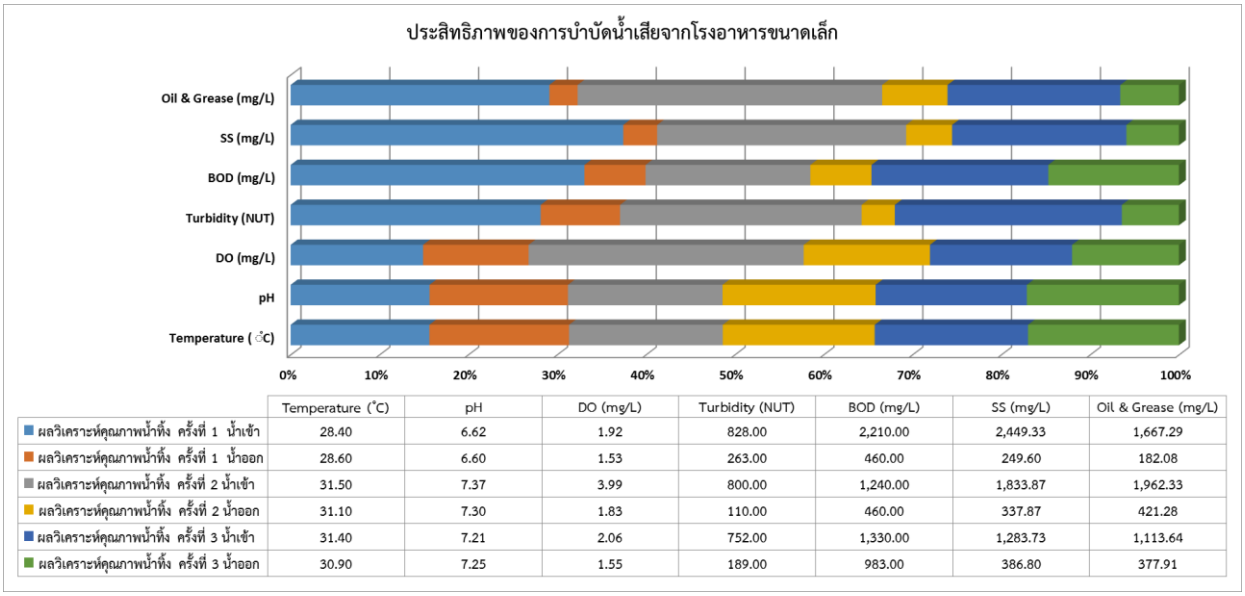


รูปที่ 1 แบบระบบถังดักไขมันที่ประดิษฐ์ขึ้น

ตารางที่ 2 ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำของถังดักไขมันจากโรงอาหารขนาดเล็กของโรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

พารามิเตอร์	ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสีย						ประสิทธิภาพ (%)	มาตรฐานคุณภาพน้ำ[/1]
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3			
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก		
Temperature (°C)	28.4±0.15	28.6±0.06	31.5±0.1	31.1±0.06	31.4±0.06	30.9±0.1	0.77	-
Turbidity (NTU)	828±0.0	263±0.58	800±1.0	110±0.58	752±0.58	189±1.15	76.39	-
pH	6.62±0.01	6.60±0.01	7.37±0.1	7.30±0.01	7.21±0.01	7.25±0.02	0.24	5-9
DO (mg/L	1.92±0.01	1.53±0.01	3.99±0.01	1.83±0.01	2.06±0.01	1.55±0.02	-	-
BOD (mg/L)	2,210±1.0	460±0.0	1,240±1.73	460±1.0	1,330±1.73	983±1.0	60.19	≤200
SS (mg/L)	2,449.33±0.21	249.60±0.9	1,833.87±1.12	337.87±1.2	1,283.73±1.1	386.80±1.1	82.50	≤60
Grease & Oil (mg/L)	1,667.29±0.05	182.08±1	1,962.33±0.19	421.28±0.31	1,113.64±0.37	377.91±0.31	79.31	≤100

หมายเหตุ : [/1] คือค่ามาตรฐานควบคุม การระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภท และบางขนาด (ประเภท จ)
คุณภาพน้ำเสียที่วิเคราะห์ในแต่ละครั้งแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$)



	Temperature (°C)	pH	DO (mg/L)	Turbidity (NUT)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	Oil & Grease (mg/L)
ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้ง ครั้งที่ 1 น้ำเข้า	28.40	6.62	1.92	828.00	2,210.00	2,449.33	1,667.29
ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้ง ครั้งที่ 1 น้ำออก	28.60	6.60	1.53	263.00	460.00	249.60	182.08
ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้ง ครั้งที่ 2 น้ำเข้า	31.50	7.37	3.99	800.00	1,240.00	1,833.87	1,962.33
ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้ง ครั้งที่ 2 น้ำออก	31.10	7.30	1.83	110.00	460.00	337.87	421.28
ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้ง ครั้งที่ 3 น้ำเข้า	31.40	7.21	2.06	752.00	1,330.00	1,283.73	1,113.64
ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้ง ครั้งที่ 3 น้ำออก	30.90	7.25	1.55	189.00	983.00	386.80	377.91

รูปที่ 2 ประสิทธิภาพของระบบถังดักไขมันในการกำจัดไขมันและน้ำมัน

ประสิทธิภาพของระบบถังดักไขมันในการกำจัดไขมันและน้ำมัน โดยการนำผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ได้จากการแปรผลทางสถิติมาเปรียบเทียบกับค่ามาความสามารถในการกำจัดไขมันและน้ำมัน และพารามิเตอร์ต่างๆ ได้ดี ซึ่งจากผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำตัวอย่างตลอดระยะเวลา 3 เดือน ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของถังดักไขมันที่ได้ทำการศึกษาวิจัยดังต่อไปนี้ จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำครั้งที่ 1, 2 และครั้งที่ 3 สามารถกำจัดไขมันและน้ำมันได้เท่ากับร้อยละ 79.31 ผลการทดลองสอดคล้องกับ Thawikun[(7)] ถังดักไขมันสำเร็จรูปและถังดักไขมันประดิษฐ์มีประสิทธิภาพในการบำบัดปริมาณไขมันเท่ากับร้อยละ 74.41 และ 74.21 และสอดคล้อง Sisenphila & Thongkham[(8)] มีประสิทธิภาพในการบำบัดไขมันและน้ำมันเฉลี่ยเท่ากับ 69.27, 47.79 และ 51.5 mg/L แต่ปริมาณน้ำมันและไขมันในน้ำยังสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน เนื่องจากปริมาณน้ำมันและไขมันก่อนเข้าระบบถังดักไขมันมีปริมาณค่อนข้างสูงและในแต่ละวันจะมีปริมาณแตกต่างกันมากขึ้นอยู่กับรายการของอาหาร ประกอบระยะเวลาในการกักเก็บน้ำเสียสั้นทำให้น้ำมันและไขมันส่วนที่มีความถ่วงจำเพาะมากยังปะปนอยู่ในน้ำจำนวนมาก สำหรับประสิทธิภาพในการลดความสกปรก (BOD) มีประสิทธิภาพเท่ากับร้อยละ 60.19 มีค่าการวิเคราะห์สูงกว่า Luangrungkiat [(9)] มีประสิทธิภาพอยู่ในช่วง

ร้อยละ 12 - 46 จึงส่งผลให้น้ำที่ผ่านระบบมีปริมาณน้ำมันและไขมันต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ดังรูปที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพถังดักไขมันของกรมควบคุมมลพิษ[10] ประสิทธิภาพของถังดักไขมันสำหรับร้านอาหารขนาดเล็กเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งค่าไขมันและน้ำมันจากบ้านเรือนและร้านก๋วยเตี๋ยวอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานส่วนร้านอาหารตามสั่งมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐาน[11] เมื่อเปรียบเทียบราคาถังดักไขมันจากงานวิจัยครั้งนี้มีราคาประมาณ 600-1,000 บาท ซึ่งถูกกว่าถังดักไขมันสำเร็จรูปประมาณ 3 เท่าและยังช่วยลดปริมาณขยะ เนื่องจากนำวัสดุเหลือใช้ที่หาได้ง่ายในชุมชนที่สามารถกำจัดไขมันและน้ำมันได้ร้อยละ 79.31 เมื่อเปรียบเทียบกับความสามารถในการกำจัดไขมันและน้ำมันของถังดักไขมันทั่วไปที่กำหนดประสิทธิภาพไม่ต่ำกว่าร้อยละ 60 พบว่าถังดักไขมันที่ศึกษามีประสิทธิภาพสูงกว่าเล็กน้อย หากต้องการให้การบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพมากขึ้นควรมีการตักไขมันและเศษอาหารออกทุกวัน เนื่องจากเศษอาหารและไขมันจะทำให้เกิดกลิ่นเหม็นที่เกิดจากย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์และแบคทีเรีย



ถังดักไขมันขนาดทำการทดลอง การทดลองค่าน้ำมันและไขมัน (FOG)

รูปที่ 3 การติดตั้งและการศึกษาประสิทธิภาพของระบบถังดักไขมันที่ประดิษฐ์ขึ้น

สรุป

การศึกษาประสิทธิภาพของระบบถังดักไขมันที่ประดิษฐ์ขึ้นดังรูปที่ 1 เพื่อเป็นการบำบัดน้ำเสียเบื้องต้น จากผลการทดลองการบำบัดน้ำเสีย จะเห็นว่าระบบถังดักไขมันแบบหลายขั้นตอน สามารถบำบัดลดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ได้จริง พารามิเตอร์ที่เป็นหัวใจหลักในการทำการทดลองครั้งนี้คือ ความเป็นกรด-ด่าง (pH), มีค่าความต้องการใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD), ของแข็งแขวนลอย (SS), และค่าน้ำมันละไขมัน (FOG) ซึ่งกำหนดไว้ในมาตรฐานน้ำทิ้งอาคารประเภท จ. ในส่วนของการบำบัดระบบที่ประดิษฐ์ขึ้นสามารถทำการบำบัดได้ดีมากก็ตาม แต่ค่าพารามิเตอร์หลายๆ อย่างยังคงเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ เช่น ในค่าไขมันและไขมันถึงแม้ว่าระบบจะสามารถบำบัดได้ถึงร้อยละ 79.31 ก็ตาม หากน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดเกินค่ามาตรฐานอาคารประเภท จ. ที่กำหนดให้ค่าน้ำมันและไขมันไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เช่นเดียวกับค่าของแข็งแขวนลอยซึ่งระบบสามารถบำบัดได้ถึงร้อยละ 82.50 แต่ก็ยังเกินค่ามาตรฐานอาคารประเภท จ. ที่กำหนดให้ค่าของแข็งแขวนลอยไม่เกิน 60 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่า BOD ระบบจะสามารถบำบัดได้ถึงร้อยละ 60.19 ที่ก็ยังเกินค่ามาตรฐานอยู่เช่นกัน คุณภาพน้ำเสียที่วิเคราะห์ในแต่ละครั้งแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ระบบบำบัดน้ำเสียดังกล่าวลดสภาพปัญหาของน้ำเสียได้เพียงเล็กน้อย ปัจจัยหลักมากจากปริมาณน้ำที่ทางโรงอาหารใช้ในแต่ละวันมีความไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับหลายสาเหตุ อาทิเช่น รายการอาหาร และกิจกรรมของโรงเรียน เป็นต้น ส่งผลให้ปริมาณน้ำเสียมีมากเกินที่ระบบสามารถรองรับได้ และการทำความสะอาดภายในโรงอาหารของร้านต่างๆ ยังมีเรื่องของเศษวัสดุอื่นที่ปะปนมากับน้ำตัวอย่างด้วยเช่น เศษใบไม้ กิ่งไม้ และเศษดิน ซึ่งเป็นปัญหาต่อ

ระบบที่ประดิษฐ์ขึ้น ดังนั้นหากต้องการบำบัดน้ำเสียให้มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ควรจัดทำระบบบำบัดนำเสียที่มีขนาดใหญ่ ควรมีการตักไขมันและเศษอาหารออกทุกวัน และโรงเรียนสาธิตควรสร้างระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพมากกว่านี้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการศึกษาวิจัยเรื่อง การวิจัยรูปแบบการจัดการน้ำเสียของมหาวิทยาลัยราชภัฏ กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี ผู้วิจัยขอขอบคุณอาจารย์ในหลักสูตรที่ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย ตลอดจนเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือด้านเก็บขนวัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ ในการดำเนินงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี และขอขอบคุณนายวัชรินทร์ แสนงาม และนายปิยะนัฐ พลมะศรี ผู้ช่วยนักวิจัย ท้ายสุดคณะผู้วิจัยขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัย วช. จากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปีงบประมาณ 2559 เป็นอย่างยิ่ง

เอกสารอ้างอิง

1. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2538.
2. พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. ความหมายของน้ำเสีย. กรมควบคุมมลพิษ; กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม 2535 (อินเตอร์เน็ท). 2559. (เข้าถึงเมื่อ 16 มีนาคม 2559) เข้าถึงได้จาก http://www.pcd.go.th.
3. กองจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม. ตำราน้ำชุมชนและระบบบำบัดน้ำเสีย. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ครุสภาลาดพร้าว; 2546.
4. Banchongsiri K. Approach to improve water quality from community and industry. Warasarn Rom Sai Thong 2004;13(4):14-20.
5. Pollution Control Department. Domestic wastewater and wastewater treatment. Bangkok: Khurusapha Lad Phrao; 2002.
6. ประสิทธิ์ เหลืองรุ่งเกียรติ. ความรู้ความเข้าใจและทัศนคติของผู้ประกอบการที่จำหน่ายอาหารและปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของบ่อดักไขมันใน เขตกรุงเทพมหานคร. วารสารการส่งเสริมสุขภาพ อนามัยและสิ่งแวดล้อม ปีที่ 25 ฉบับที่ 2 (เมษายน - มิถุนายน). 2545.
7. Thawikun P. A comparison study of the efficiency of grease traps made from recycled material with ready-made grease. Unpublished master's thesis, Chiangmai Rajabhat Univeristy; 2007.
8. Sisenphila K, Thongkham N. Monitoring the efficiency of grease traps in restaurant in Dusit district. Bangkok: Suan Sunandha Rajabhat University Press; 2001.
9. Luangrungkiat P. KAP of food establishment owners and factors affecting grease traps efficiency in Bangkok. Thailand journal of health promotion and environmental health 2002;25(2):54-64.
10. กรมควบคุมมลพิษ. คู่มือแนวทางการจักการน้ำมันและไขมันจากบ่อดักไขมันและการนำไปใช้ประโยชน์สำหรับบ้านเรือน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ทีคิวพีจำกัด; 2551.
11. บุญส่ง ไข่เกษ, สุธาสินี อั้งสูงเนิน, จิรา แก้วคำ, ปัญจ์ปพัชรภร บุญพร้อม. ประสิทธิภาพของถังดักไขมันที่ทำจากวัสดุเหลือใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากบ้านเรือน และแผงลอยจำหน่ายอาหารในชุมชนซอยโชดา เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร. วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม 2554;3(1):30-42.

[AS-P64] การเปรียบเทียบผลการตรวจวัดระดับความดังเสียง ด้วยโปรแกรม Sound Meter และ Decibel x กับอุปกรณ์ตรวจวัดเสียง

Comparison of Sound Level Measurement by Sound Meter, Decibel x Programs and Sound Level Meter

ณิฌารีย์ พวงเงิน และขนิษฐา ภมรพล*
Nicharee Puang-ngern and Kanittha Pamonpol*
หลักสูตรวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: kanittha@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงด้วยโปรแกรม Sound Meter และ Decibel x กับเครื่องวัดความดังเสียง โดยตัวแปรอิสระคือโปรแกรม Sound Meter และ Decibel x ตัวแปรตาม คือระดับความเข้มเสียงที่วัดได้ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยโทรศัพท์เคลื่อนที่จำนวน 12 เครื่อง ที่ลงโปรแกรม โดยลงโปรแกรม Sound Meter จำนวน 8 เครื่อง และโปรแกรม Decibel x จำนวน 12 เครื่อง และเครื่องวัดความดังเสียงมาตรฐาน IEC61672-1 Class 2 จำนวน 1 เครื่อง สถิติที่ใช้ในการวิจัย คือ T-test ผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยของระดับความดังเสียงที่ตรวจวัดด้วยโปรแกรม Sound Meter จากโทรศัพท์จำนวน 8 เครื่อง กับเครื่องวัดความดังเสียงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าเฉลี่ยของระดับความดังเสียงที่ตรวจวัดด้วยโปรแกรม Decibel x จากโทรศัพท์จำนวน 12 เครื่อง กับเครื่องวัดความดังเสียงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: *เสียงรบกวน โปรแกรมสำเร็จรูปในโทรศัพท์มือถือ อุปกรณ์ตรวจวัดเสียง*

Abstract

The objective of this research is to compare ability of noise monitoring between Sound Meter and Decibel x applications in mobile phone and sound level meter. The independent variable is Sound Meter and Decibel x. The dependent variable is sound level. The instrument used in the experiment consisted of 12 mobile phones that were installed Decibel x program 8 mobile phones and Decibel x 12 phones, and sound level meter IEC61672-1 Class 2. The statistical method is T-test. The results found average sound level measured by Sound Level Meter Program from 8 mobile phones has no significantly different from Sound Level Meter, and average sound level measured by Decibel x from 12 mobile phones also has no significantly different from Sound Level Meter.

Keywords: *noise, mobile phone applications, Sound Level Meter*

บทนำ

เสียงรบกวน[(1)] (Noise) เป็นเสียงที่จัดเป็นเสียงที่อันตรายส่งผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ รวมถึงก่อให้เกิดการรบกวนต่อกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ เช่น การเรียนการสอนในบริเวณสถานศึกษา การทำงานในสถานประกอบการ และการนอนหลับพักผ่อนในบ้าน โดยอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อผู้ที่เป็นโรคหัวใจ หรือผู้ที่เป็นโรคที่เกี่ยวกับสภาวะจิตใจ นอกจากนี้ยังทำให้ลดประสิทธิภาพการทำงาน ก่อให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญ และอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสังคม[(1)] ในกิจวัตรประจำวันของคนโดยส่วนมากมักจะได้รับเสียงรบกวนอยู่ตลอดเวลาโดยเฉพาะจากการจราจรที่มียานพาหนะสัญจรไปมา เช่น รถยนต์ รถจักรยานยนต์

รถบรรทุก เรือหางยาว เครื่องบิน ในระดับโลกมีหน่วยงานที่ให้ความสำคัญกับเสียงที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ คือ องค์การอนามัยโลก (World Health Organization, WHO) Occupational Safety and Health Act (OSHA) ประเทศสหรัฐอเมริกา และ Health and Safety Executive (HSE) ประเทศสหราชอาณาจักรอังกฤษ เป็นต้น โดยองค์การอนามัยโลก ได้กำหนดเกณฑ์ระดับความดังเสียงโดยระดับเสียงที่ดังเกินกว่า 85 เดซิเบล(เอ) (dBA) จัดเป็นระดับเสียงที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์[2] ส่วนในประเทศไทย กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน มีประกาศกำหนดเกณฑ์ระดับเสียงในสถานประกอบการที่มีการทำงานในแต่ละวันเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง ไม่ควรเกิน 85 dBA ซึ่งในการตรวจวัดต้องใช้อุปกรณ์ที่ได้มาตรฐาน IEC 61672 หรือ IEC 651 Type 2 โดยมีการปรับเทียบด้วยอุปกรณ์ตรวจสอบความถูกต้องที่ได้มาตรฐาน IEC 60942 หรือเทียบเท่า[3] เสียงรบกวนจัดเป็นมลพิษทางเสียงที่ก่อให้เกิดผลกระทบทั้งทางร่างกายและจิตใจ จึงมีความจำเป็นต้องทำการตรวจวัดเพื่อเป็นการป้องกันในเบื้องต้น การใช้อุปกรณ์ตรวจวัดเสียงที่มีมาตรฐานอาจมีความยุ่งยากในการจัดหาและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายเนื่องจากมีราคาแพง โดยในปัจจุบันมีการพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปที่มีความสามารถในการตรวจวัดระดับความดังเสียงซึ่งมีความสะดวกเนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน แต่ยังไม่มีผลการเปรียบเทียบจากผู้พัฒนาโปรแกรมโดยใช้โทรศัพท์มือถือที่มีจำหน่ายในประเทศไทย

อุปกรณ์ในการตรวจวัดเสียงที่ได้มาตรฐานตามที่กฎหมายกำหนดมีการเข้าถึงได้ยากเนื่องจากมีราคาแพง แต่มลพิษทางเสียงเป็นมลพิษที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันจึงมีความต้องการอุปกรณ์ที่สามารถเข้าถึงได้ง่ายในการตรวจวัดในระดับเบื้องต้นเพื่อเป็นการป้องกันสุขภาพของตนเองในการหลีกเลี่ยงสถานที่ที่มีระดับเสียงที่เกินมาตรฐานที่กำหนดซึ่งอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อการได้ยินทั้งในระยะสั้นแบบฉับพลัน และในระยะยาวที่เกิดจากผลกระทบที่มีการสะสม ทำให้เกิดผลกระทบทั้งทางร่างกาย เช่น โรคความดันสูง โรคหัวใจ และทางจิตใจ ซึ่งอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานเนื่องจากเสียงรบกวนทำให้พักผ่อนไม่เพียงพอ โดยในปัจจุบันมีการใช้โทรศัพท์มือถือในการตรวจวัดระดับความดังเสียง หน่วยงาน National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) ของประเทศสหรัฐอเมริกาทำการประเมินความถูกต้องในการตรวจวัดเสียงกว่า 130 โปรแกรม แต่มีเพียง 10 โปรแกรม ที่ผ่านเกณฑ์การประเมิน เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินคือมีความคลาดเคลื่อนบวกลบไม่เกิน 1.5 dB ได้แก่ Adv Decibel Meter 2.0, Decibel Meter Pro 2.0.5, iSPL Pro 1.1.4, Noise Hunter 1.0.1, NoiSec 1.0, Sound Level Meter 1.5, SoundMeter 3.3.1, (Real) SPL Meter 1.0, SPL Pro 3.6 และ SPLnFFT 4.0 โดยทำการประเมินทั้งในระบบ Apple iOS และ Google Android[4] และ มีงานวิจัยโดยการใช้โปรแกรมจำนวน 10 โปรแกรม ตรวจวัดโดยโทรศัพท์มือถือยี่ห้อ และรุ่นที่แตกต่างกัน เปรียบเทียบระหว่างเครื่องวัดระดับเสียงตามมาตรฐาน IEC61672-1 Class 2 กับการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในมือถือ พบว่า โปรแกรม Sound Meter/Noise detector db สามารถตรวจวัดค่าใกล้เคียงกับเครื่องวัดระดับเสียงตามมาตรฐานซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้กับ Google Android เท่านั้น[5] เนื่องจากโทรศัพท์มือถือในแต่ละเครื่องมีการติดตั้งอุปกรณ์ในการรับเสียงและตัดเสียงรบกวนที่แตกต่างกันจึงมีงานวิจัยที่ทำการตรวจวัดโดยใช้โปรแกรมเดียวกันด้วยโทรศัพท์มือถือยี่ห้อและรุ่นต่างกัน จำนวน 15 เครื่อง ประกอบด้วยยี่ห้อ AIS รุ่น Lavapro5.0 ยี่ห้อ Huawei รุ่น GR5 2017 รุ่น P8 ยี่ห้อ Iphone รุ่น 5s ยี่ห้อ Iris รุ่น 870 ยี่ห้อ OPPO รุ่น A51f ยี่ห้อ Samsung รุ่น A5 2016 รุ่น J2 prime รุ่น Galaxy J7 2016 รุ่น J5 รุ่น J7 และ ยี่ห้อVivo รุ่น V3 รุ่น xshot รุ่น Y51 รุ่น Y55 โดยทำการเปรียบเทียบโปรแกรมจำนวน 2 โปรแกรม ได้แก่ โปรแกรม SoundMeter และ Decibel10 พบว่า ความสามารถในการตรวจวัดระดับความดังเสียงของโทรศัพท์มือถือแต่ละรุ่นแตกต่างกัน[6] แต่ไม่มีการเปรียบเทียบกับเครื่องวัดระดับเสียงตามมาตรฐาน

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการทดลองเปรียบเทียบการใช้โปรแกรมการตรวจวัดเสียงในโทรศัพท์มือถือรุ่นต่างๆ เปรียบเทียบกับอุปกรณ์ตรวจวัดระดับเสียงตามมาตรฐาน เพื่อทดสอบความสามารถในการใช้โทรศัพท์มือถือตรวจวัดระดับเสียงสำหรับการใช้งานในการป้องกันตนเองในเบื้องต้นสำหรับผู้ที่ประสบปัญหามลพิษทางเสียงว่ามีระดับความดังเสียงในระดับใด สำหรับเป็นทางเลือกในการตรวจวัดระดับความดังเสียงด้วยตนเองโดยใช้เทคโนโลยีที่มีอยู่

วัตถุประสงค์

เพื่อเปรียบเทียบผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงด้วยโปรแกรม Sound Meter และ Decibel x กับอุปกรณ์ตรวจวัดเสียง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมโปรแกรม

โปรแกรมที่ใช้ ได้แก่ Sound Meter และ Decibel x

1.1 Sound Meter สามารถทำการติดตั้งโปรแกรมในโทรศัพท์มือถือระบบ Google Android

1.2 Decibel x สามารถทำการติดตั้งโปรแกรมในโทรศัพท์มือถือระบบ Apple iOS และ Google Android

2. โทรศัพท์มือถือ

โทรศัพท์มือถือที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีจำนวน 12 เครื่อง โดยโทรศัพท์ทั้งหมดเป็นโทรศัพท์ที่มีจำหน่ายในประเทศไทย ซึ่งมีหลายยี่ห้อและหลายรุ่น ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 โทรศัพท์มือถือที่ทำการติดตั้งโปรแกรมตรวจวัดระดับความดังเสียง

โปรแกรม	ยี่ห้อโทรศัพท์มือถือ (รุ่น)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sound Meter	Huawei (gr5 2017)	Huawei (Y7)	Oppo (F7)	Samsung Galaxy (J7) 2 เครื่อง	Samsung (J7 prime)	vivo (1609)	vivo (y51)	-	-	-
Decibel x	Huawei (gr5 2017)	Huawei (Y7)	Oppo (F7)	Samsung Galaxy (J7) 2 เครื่อง	Samsung (J7 prime)	vivo (1609)	vivo (y51)	iphone (5s) 2 เครื่อง	iphone 6	iphone 6s+

หมายเหตุ : โปรแกรม Sound Meter ไม่สามารถติดตั้งในระบบ Apple iOS ของโทรศัพท์ยี่ห้อ iphone

3. อุปกรณ์ตรวจวัดเสียง

อุปกรณ์ตรวจวัดเสียงที่ใช้เป็นอุปกรณ์ที่ได้รับมาตรฐาน IEC61672-1 Class 2

3.1 ทำการปรับเทียบด้วยอุปกรณ์ตรวจสอบความถูกต้อง

3.2 ติดตั้งอุปกรณ์บนขาตั้งกล้องที่ระดับความสูง 1.5 เมตร จากพื้น โดยห่างจากตัวอาคารประมาณ 3 เมตร

3.3 เปิดเครื่อง ตั้งค่าการตรวจวัดเสียงที่สเกลเอ การตอบสนองแบบเร็ว

4. สถานที่ตรวจวัดระดับความดังเสียง

4.1 ตรวจวัดระดับความดังเสียงในห้องเรียนขณะไม่เปิดเครื่องปรับอากาศเพื่อเป็นตัวแทนของเสียงพื้นฐาน โดยทำการตรวจวัดห่างจากผนังห้องอย่างน้อย 1 เมตร และตำแหน่งของโทรศัพท์มือถือกับอุปกรณ์ตรวจวัดอยู่ใกล้กัน

4.2 ตรวจวัดระดับความดังเสียงในห้องเรียนขณะเปิดเครื่องปรับอากาศเพื่อเป็นตัวแทนของเสียงขณะไม่มีการรบกวน โดยทำการตรวจวัดห่างจากผนังห้องอย่างน้อย 1 เมตร และตำแหน่งของโทรศัพท์มือถือกับอุปกรณ์ตรวจวัดอยู่ใกล้กัน

4.3 ตรวจวัดระดับความดังเสียงของรถมอเตอร์ไซด์ขณะเดินเครื่องเพื่อเป็นตัวแทนของเสียงขณะมีการรบกวนโดยทำการตรวจวัดห่างจากท่อไอเสียประมาณ 0.5 เมตร และตำแหน่งของโทรศัพท์มือถือกับอุปกรณ์ตรวจวัดอยู่ใกล้กัน

ทำการบันทึกผลการตรวจวัดโดยการใช้โทรศัพท์มือถือทั้งสองโปรแกรม และอุปกรณ์ตรวจวัด และทำการวิเคราะห์ค่าทางสถิติด้วยวิธี T-test โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยการจับคู่ระหว่างโทรศัพท์มือถือแต่ละรุ่นกับอุปกรณ์ตรวจวัด

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลจากการตรวจวัดระดับความดังเสียง

จากการตรวจวัดระดับความดังเสียง โดยวิธีการใช้โปรแกรม Sound Meter ด้วยโทรศัพท์มือถือ และการใช้อุปกรณ์ตรวจวัดที่ได้มาตรฐาน มีผลการตรวจวัด ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการตรวจวัดเสียงโดยใช้โปรแกรม Sound Meter ด้วยโทรศัพท์มือถือเทียบกับอุปกรณ์ตรวจวัด

สถานที่		ระดับความดังเสียง โปรแกรม Sound Meter โดยใช้โทรศัพท์มือถือ (dB)								อุปกรณ์
		1	2	3	4	5	6	7	8	ตรวจวัด
ห้องเรียนเปิดแอร์	ค่าเฉลี่ย	53.67	50.00	51.33	44.00	48.00	46.33	41.33	44.33	53.77
	SD	0.47	0.82	0.47	0.82	0.00	0.47	0.47	0.47	0.61
	ค่าสูงสุด	54.00	51.00	52.00	45.00	48.00	47.00	42.00	45.00	54.50
	ค่าต่ำสุด	53.00	49.00	51.00	43.00	48.00	46.00	41.00	44.00	53.00
ห้องเรียนไม่เปิดแอร์	ค่าเฉลี่ย	37.33	33.33	32.67	10.00	33.00	40.00	33.67	29.00	40.50
	SD	0.94	1.70	0.47	0.82	2.16	0.82	2.05	2.45	0.43
	ค่าสูงสุด	38.00	35.00	33.00	11.00	35.00	41.00	36.00	32.00	41.10
	ค่าต่ำสุด	36.00	31.00	32.00	9.00	30.00	39.00	31.00	26.00	40.10

สถานที่		ระดับความดังเสียง โปรแกรม Sound Meter โดยใช้โทรศัพท์มือถือ (dB)								อุปกรณ์
		1	2	3	4	5	6	7	8	ตรวจวัด
มอเตอร์ไซค์	ค่าเฉลี่ย	73.33	65.33	67.67	69.00	66.33	70.00	70.33	65.33	67.77
	SD	0.47	0.47	0.47	0.82	0.47	0.00	0.47	1.25	0.21
	ค่าสูงสุด	74.00	66.00	68.00	70.00	67.00	70.00	71.00	67.00	68.00
	ค่าต่ำสุด	73.00	65.00	67.00	68.00	66.00	70.00	70.00	64.00	67.50
เสียงภายนอกอาคาร	ค่าเฉลี่ย	51.67	48.33	48.33	47.00	46.00	44.33	43.33	46.00	50.97
	SD	0.94	0.94	0.47	1.41	0.82	0.94	0.47	0.82	0.85
	ค่าสูงสุด	53.00	49.00	49.00	48.00	47.00	45.00	44.00	47.00	51.80
	ค่าต่ำสุด	51.00	47.00	48.00	45.00	45.00	43.00	43.00	45.00	49.80

จากตารางที่ 2 ค่าการตรวจวัดเสียงในห้องเรียนขณะมีการเปิดเครื่องปรับอากาศมีค่าเฉลี่ย 41.33-53.67 dB ในขณะที่อุปกรณ์ตรวจวัดมีค่าการตรวจวัดโดยเฉลี่ย 53.77±0.61 dB ค่าการตรวจวัดเสียงในห้องเรียนขณะไม่มีการเปิดเครื่องปรับอากาศมีค่าเฉลี่ย 10.00-40.00 dB ในขณะที่อุปกรณ์ตรวจวัดมีค่าการตรวจวัดโดยเฉลี่ย 40.50±0.43 dB ค่าการตรวจวัดเสียงในห้องเรียนเป็นค่าของเสียงที่มีระดับเสียงเบา น้อยกว่า 30-40 dB ซึ่งพบว่า ค่าการตรวจวัดโดยโปรแกรม Sound Meter ด้วยโทรศัพท์มือถือมีค่าต่ำกว่าอุปกรณ์ตรวจวัดที่ได้มาตรฐาน ผลการตรวจวัดเสียงภายนอกอาคารในช่วงเวลากลางวันในเวลาราชการมีระดับความดังเสียงโดยเฉลี่ย 43.33-51.67 dB ในขณะที่อุปกรณ์ตรวจวัดมีค่าการตรวจวัดโดยเฉลี่ย 50.97±0.85 dB เสียงภายนอกอาคารในช่วงเวลากลางวันในเวลาราชการจัดเป็นเสียงในระดับเบาถึงปานกลาง พบว่า ค่าการตรวจวัดโดยโปรแกรม Sound Meter ด้วยโทรศัพท์มือถือ มีค่าต่ำกว่าจนถึงค่าใกล้เคียงกับอุปกรณ์ตรวจวัดที่ได้มาตรฐาน ผลการตรวจวัดเสียงมอเตอร์ไซค์มีค่าเฉลี่ยอยู่

ระหว่าง 65.33-73.33 dB ส่วนผลการตรวจวัดด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดเสียงมีค่าเฉลี่ย 67.77±0.21 dB ซึ่งเสียงอยู่ในระดับปานกลางถึงเสียงดัง พบว่า ค่าการตรวจวัดโดยโปรแกรม Sound Meter ด้วยโทรศัพท์มือถือ มีค่าค่อนข้างสูงกว่าอุปกรณ์ตรวจวัดที่ได้มาตรฐาน

จากการตรวจวัดระดับความดังเสียง โดยวิธีการใช้โปรแกรม Decibel x ด้วยโทรศัพท์มือถือ และการใช้อุปกรณ์ตรวจวัดที่ได้มาตรฐาน มีผลการตรวจวัด ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการตรวจวัดเสียงโดยใช้โปรแกรม Decibel x ด้วยโทรศัพท์มือถือเทียบกับอุปกรณ์ตรวจวัด

สถานที่		ระดับความดังเสียง โปรแกรม Decibel x โดยใช้โทรศัพท์มือถือ (dB)												อุปกรณ์ตรวจวัด
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
ห้องเรียนเปิดแอร์	ค่าเฉลี่ย	57.27	51.77	53.80	59.27	57.93	74.67	44.53	49.67	70.67	58.63	68.33	72.47	51.17
	SD	0.94	1.11	1.42	0.50	0.25	0.52	0.79	0.59	0.24	0.73	1.38	1.98	0.17
	ค่าสูงสุด	58.40	53.00	55.70	59.80	58.20	75.40	45.60	50.50	71.00	59.20	70.20	75.20	51.40
	ค่าต่ำสุด	56.10	50.30	52.30	58.60	57.60	74.20	43.70	49.20	70.50	57.60	66.90	70.60	51.00
ห้องเรียนไม่เปิดแอร์	ค่าเฉลี่ย	46.73	49.53	47.23	55.37	52.93	61.60	41.17	50.30	68.57	51.30	61.10	59.50	41.00
	SD	0.92	2.80	0.39	2.02	0.42	1.04	0.92	1.02	0.05	0.78	1.14	2.45	0.37
	ค่าสูงสุด	47.70	52.30	47.60	57.60	53.50	62.70	42.40	51.50	68.60	52.30	62.70	62.50	41.40
	ค่าต่ำสุด	45.50	45.70	46.70	52.70	52.50	60.20	40.20	49.00	68.50	50.40	60.10	56.50	40.50
มอเตอร์ไซค์	ค่าเฉลี่ย	78.90	70.67	82.53	82.77	78.97	91.27	64.93	67.37	93.73	81.00	92.93	91.33	66.30
	SD	0.93	0.85	0.05	0.62	0.25	0.31	1.43	0.33	0.54	0.65	0.82	0.73	0.45
	ค่าสูงสุด	80.20	71.50	82.60	83.60	79.30	91.70	66.70	67.80	94.30	81.90	93.90	91.90	66.80
	ค่าต่ำสุด	78.10	69.50	82.50	82.10	78.70	91.00	63.20	67.00	93.00	80.40	91.90	90.30	65.70
เสียงภายนอกอาคาร	ค่าเฉลี่ย	56.50	54.33	58.20	61.20	58.67	76.07	44.33	51.50	73.30	59.93	70.03	71.43	47.30
	SD	1.66	1.75	0.08	0.45	0.94	0.53	0.88	1.10	0.08	0.17	1.01	0.29	0.43
	ค่าสูงสุด	58.70	56.20	58.30	61.80	60.00	76.70	45.10	53.00	73.40	60.10	70.80	71.80	47.90
	ค่าต่ำสุด	54.70	52.00	58.10	60.70	58.00	75.40	43.10	50.40	73.20	59.70	68.60	71.10	46.90

จากตารางที่ 3 ค่าการตรวจวัดเสียงในห้องเรียนขณะมีการเปิดเครื่องปรับอากาศมีค่าเฉลี่ย 44.53-74.67 dB ในขณะที่อุปกรณ์ตรวจวัดมีค่าการตรวจวัดโดยเฉลี่ย 53.77±0.61 dB ค่าการตรวจวัดเสียงในห้องเรียนขณะไม่มีการเปิดเครื่องปรับอากาศมีค่าเฉลี่ย 10.00-40.00 dB ในขณะที่อุปกรณ์ตรวจวัดมีค่าการตรวจวัดโดยเฉลี่ย 40.50±0.43 dB

ค่าการตรวจวัดเสียงในห้องเรียนเป็นค่าของเสียงที่มีระดับเสียงเบา น้อยกว่า 30-40 dB ซึ่งพบว่า ค่าการตรวจวัดโดยโปรแกรม Decibel x ด้วยโทรศัพท์มือถือ มีค่าต่ำกว่าอุปกรณ์ตรวจวัดที่ได้มาตรฐาน ผลการตรวจวัดเสียงภายนอกอาคารในช่วงเวลากลางวันในเวลาราชการมีระดับความดังเสียงโดยเฉลี่ย 43.33-51.67 dB ในขณะที่อุปกรณ์ตรวจวัดมีค่าการตรวจวัดโดยเฉลี่ย 50.97±0.85 dB

เสียงภายนอกอาคารในช่วงเวลากลางวันในเวลาราชการจัดเป็นเสียงในระดับเบาถึงปานกลาง พบว่า ค่าการตรวจวัดโดยโปรแกรม Sound Meter ด้วยโทรศัพท์มือถือ มีค่าต่ำกว่าจนถึงค่าใกล้เคียงกับอุปกรณ์ตรวจวัดที่ได้มาตรฐาน

ผลการตรวจวัดเสียงมอเตอร์ไซค์มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 65.33-73.33 dB ส่วนผลการตรวจวัดด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดเสียงมีค่าเฉลี่ย 67.77±0.21 dB ซึ่งเสียงอยู่ในระดับปานกลางถึงเสียงดัง พบว่า ค่าการตรวจวัดโดยโปรแกรม Sound Meter ด้วยโทรศัพท์มือถือ มีค่าค่อนข้างสูงกว่าอุปกรณ์ตรวจวัดที่ได้มาตรฐาน

จากการเปรียบเทียบผลการตรวจวัดทั้งสองโปรแกรม พบว่า การตรวจวัดระดับเสียงที่มีความเบาผลการตรวจวัดโดยใช้โทรศัพท์มือถือจะเบากว่าการใช้อุปกรณ์ที่ได้มาตรฐานตรวจวัด ส่วนการตรวจวัดระดับเสียงดังผลการตรวจวัดโดยใช้โทรศัพท์มือถือส่วนมากจะดังกว่าการใช้อุปกรณ์ที่ได้มาตรฐานตรวจวัด ผลการตรวจวัดของงานวิจัยนี้มีค่าการตรวจวัดอยู่ในช่วง

เดียวกับผลงานวิจัยอื่นที่ใช้โปรแกรมในโทรศัพท์มือถือต่างๆ กัน โดยค่าการตรวจวัดในห้องเรียนขณะมีการเรียนการสอนอยู่ในช่วง 53.3-92.87 dB ค่าการตรวจวัดเสียงจราจรบริเวณถนนอยู่ในช่วง 65.85-85.77 dB[5]

2. ผลวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

จากการวิเคราะห์ผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงทางสถิติด้วยวิธี T-test เพื่อทดสอบว่าผลการตรวจวัดระหว่างใช้โทรศัพท์มือถือและอุปกรณ์ตรวจวัดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบผลตรวจวัดเสียงโดยใช้โปรแกรม Sound Meter และ Decibel x ด้วยโทรศัพท์มือถือ กับอุปกรณ์ตรวจวัดด้วยวิธีการทางสถิติ T-test

โปรแกรม	ค่าสถิติ T-test											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Sound Meter	0.88	0.39	0.50	0.14	0.30	0.51	0.25	0.16				
Decibel x	0.08	0.19	0.08	0.01	0.02	0.00001	0.51	0.37	0.000004	0.02	0.0001	0.0001

จากตารางที่ 4 การใช้สถิติเปรียบเทียบผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงระหว่างการใช้โปรแกรม Sound Meter กับการใช้อุปกรณ์ตรวจวัดที่ได้มาตรฐาน พบว่า ค่าทางสถิติจากการใช้โทรศัพท์มือถือทุกเครื่องมีค่ามากกว่า 0.05 จึงยอมรับสมมติฐานไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ระหว่างผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงโดยใช้โปรแกรม Sound Meter ในโทรศัพท์มือถือ กับการตรวจวัดระดับความดังเสียงโดยใช้อุปกรณ์ตรวจวัดที่ได้มาตรฐาน ส่วนการใช้สถิติเปรียบเทียบผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงระหว่างการใช้โปรแกรม Decibel x กับการใช้อุปกรณ์ตรวจวัดที่ได้มาตรฐาน พบว่า ค่าทางสถิติจากการใช้โทรศัพท์มือถือจำนวน 5 เครื่อง จากทั้งหมด 12 เครื่องมีค่ามากกว่า 0.05 จึงยอมรับสมมติฐานไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ระหว่างผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงโดยใช้โปรแกรม Decibel x ในโทรศัพท์มือถือจำนวน 5 เครื่อง กับการตรวจวัดระดับความดังเสียงโดยใช้อุปกรณ์ตรวจวัดที่ได้มาตรฐาน ส่วนโทรศัพท์มือถือจำนวน 7 เครื่อง มีค่าต่ำกว่า 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ระหว่าง ผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงโดยใช้โปรแกรม Decibel x ในโทรศัพท์มือถือ กับการตรวจวัดระดับความดังเสียงโดยใช้อุปกรณ์ตรวจวัดที่ได้มาตรฐาน

จากผลการทดลองที่ใช้โทรศัพท์มือถือต่างรุ่นและต่างยี่ห้อกันในการทดลอง พบว่า ยี่ห้อ รุ่น และระบบปฏิบัติการ มีผลต่อการตรวจวัดระดับความดังเสียงเนื่องจากในโทรศัพท์มือถือแต่ละเครื่องมีความสามารถในการรับเสียงที่แตกต่างกัน เช่น ในโทรศัพท์มือถือที่มีระบบตัดเสียงรบกวนจะทำให้ผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงต่ำลง ส่วนโทรศัพท์มือถือที่มีเสียงก้องจะส่งผลทำให้ผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงเพิ่มสูงขึ้น

สรุป

การเปรียบเทียบผลการตรวจวัดระดับความดังเสียงระหว่างการใช้โทรศัพท์มือถือและการใช้อุปกรณ์ตรวจวัดเสียงที่ได้มาตรฐาน พบว่า การตรวจวัดเสียงโดยใช้โปรแกรม Sound Meter มีค่าผลการตรวจวัดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วย T-test เมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์การตรวจวัดเสียงที่ได้มาตรฐาน โดยค่าเฉลี่ยผลการตรวจวัดเสียงในระดับเบาถึงปานกลาง เช่น เสียงในบรรยากาศทั่วไป เสียงในห้องเรียนขณะมีการเปิดเครื่องปรับอากาศ และขณะปิดเครื่องปรับอากาศ ผลการตรวจวัดด้วยโปรแกรม Sound Meter ต่ำกว่าผลการตรวจวัดโดยอุปกรณ์การตรวจวัดเสียงที่ได้มาตรฐานร้อยละ 14.35±6.41 ส่วนผลการตรวจวัดเสียงในระดับดัง เช่น เสียงรถมอเตอร์ไซค์ ผลการตรวจวัดด้วยโปรแกรม Sound Meter มีค่าใกล้เคียงอุปกรณ์การตรวจวัดเสียงที่ได้มาตรฐานโดยมีความแตกต่างกัน คือ ค่าที่ตรวจวัดด้วยโปรแกรม Sound Meter สูงกว่าอุปกรณ์การตรวจวัดเสียงที่ได้มาตรฐานร้อยละ 0.96±3.86 ดังนั้น โปรแกรม Sound Meter จึงมีความเหมาะสมในการตรวจวัด

เสียงรบกวนในระดับดังมากกว่าการใช้งานในการตรวจวัดเสียงในระดับเบาแต่มีข้อจำกัด คือ สามารถติดตั้งในระบบ Google Android เท่านั้น ไม่สามารถใช้งานในระบบ Apple iOS ส่วนผลการตรวจวัดของโปรแกรม Decibel x พบว่า มีความแตกต่างกับผลการตรวจวัดของอุปกรณ์ที่ได้มาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากมีผลการตรวจวัดในระดับเสียงเบาถึงเสียงปานกลางสูงกว่าอุปกรณ์ตรวจวัดที่ได้มาตรฐานร้อยละ 25.95±6.29 และผลการตรวจวัดในระดับเสียงดังมีค่าสูงกว่าอุปกรณ์ตรวจวัดที่ได้มาตรฐานร้อยละ 22.72±14.31 โดยผลการตรวจวัดมีค่าสูงส่วนมากพบในโทรศัพท์มือถือที่ใช้ระบบ Apple iOS มีค่าการตรวจวัดสูงกว่าอุปกรณ์มาตรฐานร้อยละ 21.69±7.22 ดังนั้น หากต้องการใช้โทรศัพท์มือถือในการตรวจวัดระดับความดังเสียงเพื่อป้องกันตนเองสามารถเลือกใช้โปรแกรมได้ตามความเหมาะสม แต่หากจะใช้ผลการตรวจวัดในทางกฎหมายแล้วควรใช้อุปกรณ์ตรวจวัดที่ได้มาตรฐานเนื่องจากผลการตรวจวัดโดยใช้โปรแกรมในโทรศัพท์มือถือมีความคลาดเคลื่อนในทางบวกค่าสูงกว่าความเป็นจริง

เอกสารอ้างอิง

1. World Health Organization. Noise [อินเตอร์เน็ท]. 2560 [เข้าถึงเมื่อ 24 ธันวาคม 2561] เข้าถึงได้จาก http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/noise/noise.
2. World Health Organization. Hearing loss due to recreational exposure to loud sounds: a review. Geneva: WHO Press. 2015. ISBN 978 92 4 150851 3.
3. กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน. ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง มาตรฐานระดับเสียงที่ยอมให้ลูกจ้างได้รับเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานในแต่ละวัน [อินเตอร์เน็ท]. 2561 [เข้าถึงเมื่อ 20 มกราคม 2562] เข้าถึงได้จาก http://legal.labour.go.th/2018/images/law/Safety2554/3/s_1015.pdf.
4. Kardous CA, Shaw PB. Evaluation of smartphone sound measurement applications. The Journal of the Acoustical Society of America 2014;135(4):186-192.
5. จิราภรณ์ หินชุย, ขนิษฐา ภมรพล. การตรวจวัดเสียงรบกวน ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ โดยใช้โทรศัพท์มือถือ. การประชุมวิชาการ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 5 (ASTC 2017); วันที่ 25 พฤษภาคม 2560; โรงแรมมิราเคิลแกรนด์คอนเวนชั่น. กรุงเทพมหานคร: 2560.
6. กลยุทธ์ อินทร์คำ, ขนิษฐา ภมรพล. การตรวจวัดระดับความดังเสียงโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเดียวกันในโทรศัพท์มือถือที่แตกต่างกัน. การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มศรีอยุธยา ครั้งที่ 9 (SRI-AYUTTHAYA CLUSTER 9th); วันที่ 18-19 ตุลาคม 2561; มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์. ปทุมธานี: 2561.

วิทยาศาสตร์พื้นฐาน
Basic Science (BS)

[BS-O01] การเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 และอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ Levene และ Bartlett

A Comparison of Type I Error and Power of Bartlett's test and Levene's test

ดวงพร หัชชะวณิช*
Doungporn Hatchavanich*
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: doungporn_hat@utcc.ac.th*

บทคัดย่อ

การทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน เป็นเรื่องที่มีความสำคัญและจำเป็นเนื่องจากเป็นข้อสมมติเบื้องต้นของสถิติทดสอบหลายชนิด เช่น การวิเคราะห์ความแปรปรวน การวิเคราะห์จำแนกประเภท เป็นต้น ในการศึกษาครั้งนี้ต้องการเปรียบเทียบค่าประมาณของการเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 และอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ Bartlett และ Levene โดยการจำลองประชากร 4 ชุด ให้มีการแจกแจงปกติ เอกรูป ที ไคกำลังสอง เลขชี้กำลัง โดยกำหนดให้มีอัตราส่วนความแปรปรวนเท่ากับ 1:1:2:2, 1:2:3:4, 1:1:1:4 กำหนดให้มีการสุ่มตัวอย่างจากประชากรแต่ละชุดจากการศึกษาพบว่าสถิติทดสอบ Bartlett มีความไวมากกว่าสถิติทดสอบ Levene ในข้อสมมติเกี่ยวกับการแจกแจงปกติ นอกจากนี้ยังพบว่าสถิติทดสอบ Leven สามารถใช้ได้ดีในกรณีที่ใช้ตัวอย่างขนาดเล็กและไม่แตกต่างกัน ในกรณีประชากรมีการแจกแจงไคกำลังสอง และขนาดตัวอย่างแตกต่างกัน สถิติทดสอบ Bartlett มีอำนาจการทดสอบมากที่สุด ในกรณีประชากรมีการแจกแจงเอกรูป สถิติทดสอบทั้งสองมีอำนาจการทดสอบมาก ในขณะที่เมื่อประชากรมีการแจกแจงที สถิติทดสอบทั้งสองมีอำนาจการทดสอบน้อย

คำสำคัญ: *สถิติทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของค่าความแปรปรวน สถิติทดสอบ Levene สถิติทดสอบ Bartlett ความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 อำนาจการทดสอบ*

Abstract

Testing hypotheses about variance is strongly important and interested because it is used as the preliminary assumption to primary analysis of variance (ANOVA) and the discriminant analysis, etc. Procedures that aim to compare the empirical type I errors and the power of Bartlett's and Levene's tests from the Monte Carlo Simulation under 4 populations. The different types that used for the simulated condition are normal, uniform, Student's t, chi-square, and exponential distribution, by the population ratio of variances of 1:1:2:2, 1:2:3:4, 1:1:1:4. The findings showed that Bartlett's test was more sensitive to the normality assumption than the Levene's test. Moreover, Levene's test was quite good for both equal and small sample sizes. For chi-square distribution with the different sample sizes, Bartlett's test had the highest power. For uniform distribution, the power of the test had high power for both, whereas both given low power for student's t distribution.

Keywords: *homogeneity of variance tests, Bartlett's test, Levene's test, Type I error, Power of the test*

บทนำ

สถิติทดสอบหลายๆ ตัวมักจะมีข้อกำหนดที่จะต้องทดสอบสมมุติฐานว่าตัวอย่างสุ่มมาจากประชากรที่มีค่าความแปรปรวนเท่ากันหรือไม่[1,2] เช่น ในการทดสอบสมมุติฐานเพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรหลายกลุ่มด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) นั้นมีข้อสมมติเบื้องต้นที่จำเป็นต้องตรวจสอบ 3 ประการได้แก่ ข้อมูลต้องสุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปกติ มีค่าความแปรปรวนของประชากรไม่แตกต่างกัน และค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน หากข้อสมมติเหล่านี้ไม่เป็นจริงจะทำให้ได้ข้อสรุปที่ผิดพลาดได้ ซึ่งมีวิธีการทางสถิติหลายวิธีที่สามารถใช้ในการทดสอบสมมุติฐานว่าตัวอย่างสุ่มจากประชากรที่มีค่าความแปรปรวนเท่ากันหรือไม่ เช่น สถิติทดสอบ Bartlett Cochran Levene Brown และ Forsythe เป็นต้น[3,4,5]

จากงานวิจัยของ Box[6] พบว่าสถิติทดสอบ Bartlett เป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ในการทดสอบสมมุติฐานว่าตัวอย่างสุ่มมาจากประชากรที่มีค่าความแปรปรวนเท่ากันหรือไม่ โดยมีข้อจำกัดว่าตัวอย่างต้องสุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปกติ โดยวิธีนี้ให้ค่าสถิติที่มีความไวหากประชากรไม่ได้แจกแจงปกติ ถึงกระนั้นก็มีผู้ที่นำสถิติทดสอบ Bartlett ไปใช้อย่างกว้างขวางแม้ว่าตัวอย่างจะไม่ได้ถูกสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปกติ Levene[7] ได้เสนอสถิติทดสอบซึ่งใช้ทดสอบสมมุติฐานว่าตัวอย่างสุ่มมาจากประชากรที่มีความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนหรือไม่ โดยใช้การแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปค่าความแตกต่างระหว่างค่าของข้อมูลกับค่าเฉลี่ยของตัวอย่างที่ถูกสุ่มมาจากประชากรแต่ละชุด ต่อมา Neuhauser[8] ได้เสนอว่าค่าสถิติทดสอบนี้มีความแกร่งเมื่อข้อมูลไม่ได้ถูกสุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปกติ และให้อำนาจการทดสอบสูง สถิติทดสอบ Levene จึงเป็นที่นิยมใช้มากขึ้นในทางสถิติและในการประยุกต์ใช้ในด้านอื่นๆ นอกจากนี้ Lim[3] ได้ศึกษาเปรียบเทียบการทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนโดยใช้ข้อมูลจากการจำลองให้มีตัวอย่างขนาดเล็กถึงขนาดปานกลาง โดยจำลองข้อมูลประชากร 4 ชุด กำหนดให้มีค่าความแปรปรวน (1,6,11,16), (16,11,6,1),(1,1,1,16) และกำหนดขนาดตัวอย่าง 5, 10, 15, 20 จากประชากรที่มีการแจกแจงสมมาตรและไม่สมมาตร พบว่าสถิติทดสอบ Levene ซึ่งประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี Bootstrap ให้อำนาจการทดสอบมากที่สุด

จากผลการศึกษาในงานวิจัย[9,10] ที่ได้ทบทวนมาพบว่า Levene และ Bartlett เป็นสถิติทดสอบที่ให้อำนาจการทดสอบที่น่าสนใจ และสะดวกในการนำมาวิเคราะห์เพราะในโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติที่ใช้กันแพร่หลายทั้ง SPSS และ SAS ได้มีการแสดงผลการทดสอบของสถิติทดสอบ Leven และBartlett ซึ่งในบางกรณีให้ผลการทดสอบไม่สอดคล้องกัน จึงมักจะมีคำถามว่าควรสรุปผลโดยใช้สถิติทดสอบใด

วัตถุประสงค์

เพื่อเปรียบเทียบค่าประมาณความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 และค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบที่ใช้ในการทดสอบการเท่ากันของความแปรปรวน โดยใช้สถิติทดสอบ Levene และ Bartlett

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาได้ใช้ข้อมูลที่ได้จากการจำลอง (simulation) โดยใช้โปรแกรม R โดยมีการกำหนดเงื่อนไขดังนี้

1) กำหนดให้ประชากรมีการแจกแจงดังนี้ (1) การแจกแจงปกติ (2) การแจกแจงที (3) การแจกแจงไคกำลังสอง (4) การแจกแจงเอกรูป และ (5) การแจกแจงเลขชี้กำลัง

2) กำหนดให้ประชากร 4 ชุด มีสัดส่วนของค่าความแปรปรวน ดังนี้

$$\sigma_1^2 : \sigma_2^2 : \sigma_3^2 : \sigma_4^2 = 1:1:2:2,\ \ 1:2:3:4,\ \ 1:1:1:4$$

3) กำหนดให้มีขนาดตัวอย่างมีจำนวนเท่ากันและแตกต่างกัน ดังนี้

ขนาดตัวอย่างเท่ากัน(n_1, n_2, n_3, n_4) = (16,16,16,16), (20,20,20,20), (30,30,30,30), (50,50,50,50), (60,60,60,60)

ขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน (n_1, n_2, n_3, n_4) =(10,15,20,25), (35,40,45,52), (35,50,65,80), (30,65,90,150)

4) ในการทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \ldots = \sigma_k^2$$

$H_1 : \sigma_i^2 \neq \sigma_{i'}^2$, อย่างน้อย 1 คู่ เมื่อ $i \neq i'$ (i , i'=1,2,...,k)

โดยมีสถิติทดสอบที่สนใจศึกษา ได้แก่ สถิติทดสอบ Levene และ Bartlett ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

(1) สถิติทดสอบ Levene

ให้ n = จำนวนข้อมูลทั้งหมด n_i = ขนาดตัวอย่างของกลุ่ม i $Z_{ij} = (X_{ij} - \overline{X}_i)^2$ โดย

$\overline{X}_i$ = ค่าเฉลี่ยของกลุ่ม i $\overline{Z}_i = \dfrac{\sum_{j=1}^{n_i} Z_{ij}}{n_i}$, $\overline{Z} = \dfrac{\sum_{i=1}^{k} n_i \overline{Z}_i}{n}$, k = จำนวนกลุ่มประชากร สถิติทดสอบ

$$L_{SQ} = \frac{(n-k)\sum_{i=1}^{k} n_i (\overline{Z}_i - \overline{Z})^2}{(k-1)\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n_j} (Z_{ij} - \overline{Z}_i)^2}$$ มีลักษณะการแจกแจงใกล้เคียงกับการแจกแจงเอฟ ซึ่งมีองศาเสรี

เท่ากับ k-1 และ n-k

(2) สถิติทดสอบ Bartlett (B_2)

ให้ i แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง $C = 1 + \left\{ \left[\sum_{i=1}^{k} (n_i - 1)^{-1} \right] - (N-k)^{-1} \right\} / \{3(k-1)\}$

$$M = (N-k)\log\left\{ \sum_{i=1}^{k} (n_i - 1) s_i^2 / (N-k)^{-1} \right\} - \sum_{i=1}^{k} (n_i - 1)\ \log s_i^2$$

จะได้สถิติทดสอบ $B_1 = \dfrac{M}{C}$ มีการแจกแจงไคกำลังสอง ซึ่งมีระดับขั้นเสรีเท่ากับ k-1 โดยจะปฏิเสธ H_0 ที่ระดับ

นัยสำคัญ α ถ้า B_1 มีค่ามากกว่า $\chi^2_{1-\alpha}(k-1)$ นอกจากนี้ยังพบว่า สถิติทดสอบ Bartlett (B_2) ซึ่งคำนวณได้จาก

$B_2 = dB_1$ โดย $d = 2/\left(\hat{\beta}_2 - 1\right)$; $\hat{\beta}_2 = \dfrac{N\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n_i}\left(x_{ij} - \bar{x}_{i.}\right)^4}{\left\{\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n_i}\left(x_{ij} - \bar{x}_{i.}\right)^2\right\}^2}$ มีค่าวิกฤตของ B_2 เหมือนกับ B_1

เนื่องจาก $B_1 \rightarrow \frac{1}{2}\left(\beta_2 - 1\right)\chi^2_{k-1}$ โดย $\beta_2 = E\left(x - \mu\right)^4/\sigma^4$ เป็นค่าความโด่ง[5]

5) ใช้ค่านอนเซนทรัลลิตี้ พารามิเตอร์ (Noncentrality Parameter : ϕ) ในการบ่งชี้ความแตกต่างของความแปรปรวน [11]โดยคำนวณได้ดังนี้

$\phi = \left[\dfrac{\sum\left(\sigma_i^2 - \bar{\sigma}^2\right)/k}{\sigma_1^2}\right]^{\frac{1}{2}}$ โดย k คือจำนวนกลุ่มประชากร σ_i^2 คือความแปรปรวนของประชากรกลุ่มที่ i σ_1^2 คือความแปรปรวนของประชากรกลุ่มที่มีค่าน้อยที่สุด $\bar{\sigma}^2$ คือค่าเฉลี่ยของความแปรปรวนของประชากร k กลุ่ม

ได้กำหนดช่วงของ ϕ ที่ระบุความแตกต่างของประชากรออกเป็น 3 ระดับดังนี้ (1) $0 < \phi < 1.5$ อธิบายได้ว่าความแปรปรวนของประชากรมีความแตกต่างกันน้อย (2) $1.5 \le \phi < 3$ อธิบายได้ว่าความแปรปรวนของประชากรมีความแตกต่างกันปานกลาง (3) $\phi \ge 3.0$ อธิบายได้ว่าความแปรปรวนของประชากรมีความแตกต่างกันมาก ในการศึกษาได้กำหนดค่าความแปรปรวนของประชากรให้มีความแตกต่างกันน้อย ($0 < \phi < 1.5$)

ตารางที่ 1 ค่านอนเซนทรัลลิตี้พารามิเตอร์ แสดงความแตกต่างของความแปรปรวนของประชากร

ความแปรปรวนของประชากร				$\bar{\sigma}^2$	$\phi = \left[\dfrac{\sum\left(\sigma_i^2 - \bar{\sigma}^2\right)/k}{\sigma_1^2}\right]^{\frac{1}{2}}$
ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	ชุดที่ 4		
1	1	2	2	1.5	0.500
1	2	3	4	2.5	1.118
1	1	1	4	1.75	1.299

6) วัดประสิทธิภาพของสถิติทดสอบโดยพิจารณาจากค่าประมาณความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 (ร้อยละของจำนวนครั้งที่ปฏิเสธ H_0 จากผลการทดสอบสมมุติฐาน เมื่อ H_0 เป็นจริง) และค่าประมาณอำนาจการทดสอบ (ร้อยละของจำนวนครั้งที่ปฏิเสธ H_0 จากผลการทดสอบสมมุติฐาน เมื่อ H_0 ไม่จริง) จากการทำซ้ำ 10,000 ครั้ง โดยสถิติทดสอบที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดคือสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมการเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 ให้มีค่าไม่เกินช่วงที่กำหนด (0.0625 ตามเกณฑ์ [12]โดยกำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05) หรืออาจกล่าวได้ว่าสถิติทดสอบมีความแกร่ง จากนั้นจึงเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของการเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 ได้

7) ในการเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบในกรณีที่สถิติทดสอบสามารถควบคุมการเกิดความคลาด เคลื่อนชนิดที่ 1 ได้ทั้งคู่ จะพิจารณาจากค่า $\%\text{Diff} = \left(\frac{\text{Power}_{\text{Levene}} - \text{Power}_{\text{Batlett}}}{\text{Power}_{\text{Levene}}} \right) \times 100$ โดยหาก %Diff มากกว่า 10 จะสรุปว่าสถิติทดสอบ Levene ให้ค่าประมาณอำนาจการทดสอบมากกว่าสถิติทดสอบ Bartlett แต่หาก %Diff น้อยกว่า -10 จะสรุปว่าสถิติทดสอบ Levene ให้ค่าประมาณอำนาจการทดสอบน้อยกว่าสถิติทดสอบ Bartlett แต่หาก %Diff มีค่าอยู่ระหว่าง -10 ถึง 10 จะสรุปว่า สถิติทดสอบทั้งสองให้ค่าประมาณอำนาจการทดสอบที่ไม่แตกต่างกัน

ผลการวิจัย

ค่าประมาณความน่าจะเป็นของการเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 จากการทำซ้ำ 10,000 ครั้งได้ผลดังนี้

ตารางที่ 2 ค่าประมาณความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 ของสถิติทดสอบ Levene และ Bartlett กรณีที่ประชากร 4 ชุดมีการแจกแจงปกติ ที ไคกำลังสอง เอกรูป และเลขชี้กำลัง

ขนาดตัวอย่างเฉลี่ย	ขนาดตัวอย่าง	ปกติ		ที		ไคกำลังสอง		เอกรูป		เลขชี้กำลัง	
		Levene	Bartlett	Levene	Bartlett	Levene	Bartlett	Levene	Bartlett	Levene	Bartlett
16	16,16,16,16	0.0429	0.0378	0.0429	0.0378	0.0693	0.0959	0.0497	0.0490	0.1950	0.2447
17.5	10,15,20,25	0.0460	0.0305	0.0460	0.0305	0.0656	0.0779	0.0524	0.0553	0.0984	0.2014
20	20,20,20,20	0.0375	0.0310	0.0377	0.0310	0.0559	0.0752	0.0487	0.0477	0.2073	0.2773
30	30,30,30,30	0.0387	0.0316	0.0387	0.0316	0.0509	0.0678	0.0536	0.0485	0.2843	0.3735
43	35,40,45,52	0.0385	0.0316	0.0385	0.0316	0.0463	0.0538	0.0519	0.0512	0.3222	0.4741
50	50,50,50,50	0.0377	0.0307	0.0377	0.0307	0.0489	0.0524	0.0467	0.0467	0.4538	0.5634
57.5	35,50,65,80	0.0390	0.0281	0.0390	0.0281	0.0515	0.0476	0.0518	0.0506	0.3063	0.5063
60	60,60,60,60	0.0377	0.0302	0.0344	0.0302	0.0444	0.0491	0.0483	0.0458	0.5290	0.6390
83.75	30,65,90,150	0.0491	0.0286	0.0491	0.0286	0.0527	0.0427	0.0496	0.0515	0.3055	0.5667

หมายเหตุ ช่องที่ระบายทึบคือกรณีที่มีค่าประมาณความน่าจะเป็นของการเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 ไม่เกิน 0.0625 (ระดับนัยสำคัญ 0.05)

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ Levene Bartlett และ %Diff ในกรณีที่สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 ได้ เมื่อมีอัตราส่วนความแปรปรวนเท่ากับ 1:1:2:2 1:2:3:4 และ 1:1:1:4 กรณีที่ประชากรมีการแจกแจงปกติ ที ไคกำลังสอง เอกรูป

การแจกแจง	ขนาดตัวอย่างเฉลี่ย	ขนาดตัวอย่าง	อัตราส่วนความแปรปรวน ; ϕ								
			1:1:2:2; 0.5			1:2:3:4; 1.118			1:1:1:4 ; 1.299		
			Levene	Bartlett	%Diff	Levene	Bartlett	%Diff	Levene	Bartlett	%Diff
ปกติ	16	16,16,16,16	0.7424	0.7703	-3.76	0.8982	0.9774	-8.82	0.9913	0.9752	1.62
	20	20,20,20,20	0.8726	0.8927	-2.30	0.9698	0.9964	-2.74	0.9992	0.9954	0.38

การแจกแจง	ขนาดตัวอย่างเฉลี่ย	ขนาดตัวอย่าง	อัตราส่วนความแปรปรวน ; ϕ								
			1:1:2:2; 0.5			1:2:3:4; 1.118			1:1:1:4 ; 1.299		
			Levene	Bartlett	%Diff	Levene	Bartlett	%Diff	Levene	Bartlett	%Diff
	30	30,30,30,30	0.9859	0.9878	-0.19	0.9996	0.9999	-0.03	1.0000	0.9999	0.01
	50	50,50,50,50	1.0000	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	0.00
	60	60,60,60,60	1.0000	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	0.00
	17.5	10,15,20,25	0.5812	0.7667	-31.92	0.7636	0.9625	-26.05	0.9907	0.9965	-0.59
	43	35,40,45,52	0.9993	0.9996	-0.03	1.0000	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	0.00
	57.5	35,50,65,80	0.9999	1.0000	-0.01	1.0000	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	0.00
	83.75	30,65,90,150	1.0000	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	0.00
ที	16	16,16,16,16	0.0453	0.0357	21.19	0.0392	0.0350	10.71	0.0534	0.0373	30.15
	20	20,20,20,20	0.0451	0.0368	18.40	0.0466	0.0384	17.60	0.0565	0.0395	30.09
	30	30,30,30,30	0.0483	0.0407	15.73	0.0414	0.0335	19.08	0.0707	0.0503	28.85
	50	50,50,50,50	0.0662	0.0539	18.58	0.0564	0.0485	14.01	0.1101	0.0757	31.24
	60	60,60,60,60	0.0720	0.0559	22.36	0.0579	0.0515	11.05	0.1337	0.0914	31.64
	17.5	10,15,20,25	0.0300	0.0254	15.33	0.0264	0.0267	-1.14	0.0322	0.0346	-7.45
	43	35,40,45,52	0.0390	0.0355	8.97	0.0332	0.0348	-4.82	0.0712	0.0639	10.25
	57.5	35,50,65,80	0.0381	0.0426	-11.81	0.0288	0.0359	-24.65	0.0757	0.0769	-1.59
	83.75	30,65,90,150	0.0289	0.0391	-35.29	0.0166	0.0219	-31.93	0.0760	0.1042	-37.11
ไคกำลังสอง	16	16,16,16,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	20	20,20,20,20	0.1641	-	-	0.3089	-	-	0.5378	-	-
	30	30,30,30,30	0.1895	-	-	0.4076	-	-	0.6701	-	-
	50	50,50,50,50	0.2763	0.3293	-19.18	0.5960	0.6914	-16.01	0.8400	0.8282	1.40
	60	60,60,60,60	0.3149	0.3670	-16.54	0.6738	0.7522	-11.64	0.8895	0.8752	1.61
	17.5	10,15,20,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	43	35,40,45,52	0.2060	0.2961	-43.74	0.4789	0.6434	-34.35	0.8057	0.8262	-2.54
	57.5	35,50,65,80	0.2157	0.3560	-65.04	0.5252	0.7122	-35.61	0.8965	0.9193	-2.54
	83.75	30,65,90,150	0.2216	0.4114	-85.65	0.5464	0.7623	-39.51	0.9695	0.9843	-1.53
เอกรูป	16	16,16,16,16	0.5258	0.4862	7.53	0.8011	0.8465	-5.67	0.9540	0.8962	6.06
	20	20,20,20,20	0.6710	0.6393	4.72	0.9199	0.9427	-2.48	0.9875	0.9707	1.70
	30	30,30,30,30	0.8941	0.8846	1.06	0.9946	0.9965	-0.19	0.9995	0.9991	0.04
	50	50,50,50,50	0.9922	0.9913	0.09	1.0000	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	0.00

การแจกแจง	ขนาดตัวอย่างเฉลี่ย	ขนาดตัวอย่าง	อัตราส่วนความแปรปรวน ; ϕ								
			1:1:2:2; 0.5			1:2:3:4; 1.118			1:1:1:4 ; 1.299		
			Levene	Bartlett	%Diff	Levene	Bartlett	%Diff	Levene	Bartlett	%Diff
	60	60,60,60,60	0.9990	0.9987	0.03	1.0000	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	0.00
	17.5	10,15,20,25	0.4886	0.4936	-1.02	0.7212	0.7945	-10.16	0.9873	0.9743	1.32
	43	35,40,45,52	0.9754	0.9747	0.07	1.0000	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	0.00
	57.5	35,50,65,80	0.9971	0.9968	0.03	1.0000	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	0.00
	83.75	30,65,90,150	0.9999	0.9999	0	1.0000	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	0.00

หมายเหตุ ช่องที่ระบายทึบเป็นค่าประมาณความน่าจะเป็นของการเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 ไม่เกิน 0.0625 (ระดับนัยสำคัญ 0.05)

กรณีประชากรมีการแจกแจงปกติ ที และเอกรูป สถิติทดสอบ Levene และ Bartlett สามารถควบคุมการเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 ได้ในทุกระดับของขนาดตัวอย่าง ในกรณีที่ประชากรมีการแจกแจงไคกำลังสองพบว่า สถิติทดสอบ Levene สามารถควบคุมการเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 ได้ในกรณีที่ใช้ขนาดตัวอย่างเฉลี่ยตั้งแต่ 20 ขึ้นไป ส่วนสถิติทดสอบ Bartlett สามารถควบคุมการเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 ได้ในกรณีที่ขาดตัวอย่างเฉลี่ยตั้งแต่ 43 ขึ้นไป ส่วนกรณีที่ประชากรมีการแจกแจงเลขชี้กำลัง สถิติทดสอบ Levene และ Bartlett ไม่สามารถควบคุมการเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 ได้

จากการเปรียบเทียบค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ Levene และ Bartlett ในกรณีที่สามารถควบคุมการเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 ได้ สามารถสรุปได้ดังนี้

1) ในกรณีประชากรมีการแจกแจงปกติ สถิติทดสอบ Levene และ Bartlett ให้ค่าประมาณอำนาจการทดสอบมากและใกล้เคียงกัน ในกรณีที่สุ่มตัวอย่างมาขนาดเล็กและแตกต่างกัน (ขนาดตัวอย่างเฉลี่ยเท่ากับ 17.5) สถิติทดสอบ Bartlett ให้อำนาจการทดสอบมากกว่า Levene

2) ในกรณีที่ประชากรมีการแจกแจงที สถิติทดสอบทั้งสองให้ค่าประมาณอำนาจการทดสอบค่อนข้างน้อย

3) ในกรณีประชากรมีการแจกแจงไคกำลังสอง สถิติทดสอบ Bartlett ให้ค่าประมาณอำนาจการทดสอบมากกว่า สถิติทดสอบ Levene และเมื่อความแปรปรวนของประชากรแตกต่างกันมากขึ้นสถิติทดสอบทั้งสองจะให้ค่าประมาณอำนาจการทดสอบที่ใกล้เคียงกันมากขึ้น

4) ในกรณีประชากรมีการแจกแจงเอกรูป สถิติทดสอบทั้งสองให้ค่าประมาณอำนาจการทดสอบมาก

อภิปรายผล

จากผลการศึกษาในงานวิจัยหลายๆเรื่องที่ได้ทบทวนมาพบว่า Levene และ Bartlett เป็นสถิติทดสอบที่ให้อำนาจการทดสอบที่น่าสนใจ และสะดวกในการนำมาวิเคราะห์เพราะในโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติที่ใช้กันแพร่หลายทั้ง SPSS และ SAS ได้มีการแสดงผลการทดสอบของสถิติทดสอบ Leven และBartlett ซึ่งในบางกรณีให้ผลการทดสอบไม่สอดคล้องกัน จึงมักจะมีคำถามว่าควรสรุปผลโดยใช้สถิติทดสอบใด จากการเปรียบเทียบค่าประมาณความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 และค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ Levene และ Bartlett ผลการศึกษาพบว่าสถิติทดสอบ Bartlett และ Levene มีความแกร่ง ในกรณีที่สุ่มตัวอย่างจากประชากรที่มีการแจกแจงปกติ ที และเอกรูป โดยส่วนมากสถิติทดสอบ Bartlett มีอำนาจการทดสอบมากกว่า Levene เล็กน้อย สำหรับกรณีที่สุ่มตัวอย่างขนาดไม่เกิน 30 จากประชากรที่มีการแจกแจงไคกำลังสองพบว่าสถิติทดสอบ Levene

มีความแกร่ง ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Neuhauser[8] ส่วนในกรณีที่สุ่มตัวอย่างจากประชากรที่มีการแจกแจงเลขชี้กำลัง พบว่าสถิติทดสอบทั้งสองไม่สามารถควบคุมการเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 ได้เลย ในกรณีที่สุ่มตัวอย่างจากประชากรที่มีการแจกแจงที ถึงแม้ว่าสถิติทดสอบทั้งสองจะมีความแกร่งแต่ก็มีอำนาจการทดสอบน้อยมาก

สรุปผล

ในการศึกษาได้จำลองข้อมูลประชากร 4 ชุด โดยกำหนดให้ความแปรปรวนของประชากรให้มีความแตกต่างกัน ซึ่งคำนวณค่านอนเซนทรัลลิตี้พารามิเตอร์ $0 < \phi < 1.5$ เมื่อสุ่มตัวอย่างจากประชากรทุกชุดโดย ทำซ้ำ 10,000 ครั้งพิจารณาจากค่าประมาณความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 และค่าประมาณอำนาจการทดสอบ ผลที่ได้จากการศึกษาอาจใช้เป็นแนวทางสำหรับเลือกสถิติทดสอบในกรณีที่ประชากรมีความแปรปรวนและสุ่มตัวอย่างมาในระดับเดียวกับที่กำหนดในงานวิจัยนี้ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

ในกรณีประชากรมีการแจกแจงปกติ สถิติทดสอบ Levene และ Bartlett ให้ค่าประมาณอำนาจการทดสอบที่มีค่ามากและใกล้เคียงกัน ในกรณีประชากรมีการแจกแจงไคกำลังสอง สถิติทดสอบ Bartlett ให้ค่าประมาณอำนาจการทดสอบมากกว่าสถิติทดสอบ Levene ในกรณีประชากรมีการแจกแจงเอกรูปสถิติทดสอบทั้งสองให้ค่าประมาณอำนาจการทดสอบที่ใกล้เคียงกัน ในกรณีที่ประชากรมีการแจกแจงที สถิติทดสอบทั้งสองให้ค่าประมาณอำนาจการทดสอบค่อนข้างน้อย นอกจากนี้ยังพบว่าในทุกกรณีเมื่อความแปรปรวนของประชากรแตกต่างกันมากขึ้น (ϕ มีค่ามากขึ้น) ค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้งสองจะใกล้เคียงกันมากขึ้น

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัย

ในการศึกษาครั้งต่อไป ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบค่าประมาณความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 และค่าประมาณอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ Levene และ Bartlett ในกรณีที่ประชากรมีการแจกแจงในรูปแบบต่างๆ โดยกำหนดให้ความแปรปรวนของประชากรแตกต่างกันในระดับปานกลาง ($1.5 \le \phi < 3$) และระดับมาก (ϕ>3) รวมทั้งการจำลองข้อมูลให้มีความสอดคล้องกับงานด้านการแพทย์ วิศวกรรม และการเกษตร เพื่อจะได้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์และสามารถนำไปใช้ได้อย่างกว้างขวางต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. Conover WJ, Johnson ME, Johnson MM. A comparative study of tests for homogeneity of variance with application to the Outer Continental Shelf bidding data. Technometrics 1981;23:351–361.
2. Underwood, A. J. Experiments in ecology: their logical design and interpretation using analysis of variance. Cambridge University Press, Cambridge; 1977.
3. Lim TS, Loh WY. 1996. Available from http: / / www. sciencedirect. com/ science/ article/ pii /0167947395000542.
4. Zhang S. Fourteen homogeneity of variance tests: when and how to use them. 1998. Available from https://eric.ed.gov/ ?id=ED422392.
5. Bhat BR, Badade MN, Aruna Rao K. A new test for equality of variances for K normal populations. Communications in Statistics: Simulation and Computation 2002;31:567-587.

6. Box GEP. Non-normality and tests on variances. Biometrika 1953: 40, 318–335.
7. Levene, H. Robust Testes for Equality of Variances, In Contributions to Probability and Statistics. California: Stanford University Press: 1960.
8. Neuhauser M. A comparative study of nonparametric two- sample tests after Levene' s transformation. Journal of Statistical Computation and Simulation 2007;77:517–526.
9. Sharma D, Kibria BMG. On some test statistics for testing homogeneity of variances: A comparative study. Journal of Statistical Computation and Simulation 2013;83:1944-1963.
10. Wang Yan. 2017. Available from https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5965542/
11. Games PA, Winkler HB, Probert DA. Robust tests for homogeneity of variance. Educational and Psychological Measurement 1972;32:887-909.
12. Cochran WG. The combination of estimates from different experiments. Biometrics 1954;10:101-129.

[BS-O02] การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย เมื่อค่าคงที่ปรับให้เรียบของแผนภูมิควบคุมเปลี่ยนแปลงไป

An Efficiency Comparison of Fraction Nonconforming Control Charts when the Smoothing Constants Changes

อภิญญา หิรัญวงษ์ จุฑาภรณ์ สินสมบูรณ์ทอง และอดิเทพ สวัสดิ์ไชย*
Apinya Hirunwong Juthaphorn Sinsomboonthong and Adithep Sawatchai*
ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: swmclover@gmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย 2 แบบ คือ แผนภูมิควบคุมไม่อิงพารามิเตอร์อาร์คไซน์แบบใช้เครื่องหมาย (Arcsine EWMA sign) และแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบเลขชี้กำลังสองชั้นแบบไม่อิงพารามิเตอร์ (NPDEWMA) ข้อมูลในงานวิจัยนี้เป็นข้อมูลจำลองที่มีการแจกแจงทวินาม โดยกำหนดปัจจัยที่ศึกษาดังนี้ ขนาดตัวอย่าง (n) เท่ากับ 100, 300 และ 500 สัดส่วนของเสียเมื่อกระบวนการอยู่ในการควบคุม (p_0) เท่ากับ 0.01, 0.02 และ 0.05 ค่าคงที่ปรับให้เรียบของแผนภูมิควบคุม (λ) เท่ากับ 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 และระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียในกระบวนการผลิต (δ) เท่ากับ 1.5, 2.0 และ 3.0 รวมสถานการณ์ที่ศึกษาทั้งหมด 162 สถานการณ์ เกณฑ์ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุม คือ ค่าความยาววิ่งเฉลี่ยเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม (ARL_1) ที่ต่ำที่สุด ซึ่งให้ค่าคงที่ปรับให้เรียบของแผนภูมิควบคุม (λ) ที่เหมาะสมในการนำไปใช้ ผลการวิจัยพบว่า ค่า λ ที่เหมาะที่สุดของแผนภูมิ Arcsine EWMA sign และแผนภูมิควบคุม NPDEWMA คือ 0.05 นอกจากนั้นจะเห็นว่า แผนภูมิควบคุม NPDEWMA จะมีประสิทธิภาพในการตรวจพบความผิดปกติของกระบวนการดีกว่าแผนภูมิควบคุม Arcsine EWMA sign เกือบทุกสถานการณ์

คำสำคัญ: *แผนภูมิควบคุม สัดส่วนของเสีย ความยาววิ่งเฉลี่ย*

Abstract

The objective of this research is to compare the efficiency of two fraction nonconforming control charts — Arcsine EWMA sign control chart and NPDEWMA control chart — when the data are binomially distributed with parameters n and p. The studied factors consist of three levels for sample size (n) which are 100, 300 and 500. The fraction nonconforming in the process (p_0) is defined at 0.01 0.02 and 0.05. The smoothing constants (λ) are defined at 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 and 0.5 and the shifts of fraction nonconforming (□) are defined at 1.5, 2.0 and 3.0. The criterion of this study is out of control average run length (ARL_1) which provide the most optimal smoothing constants (λ). The results are showed that the most optimal λ of NPDEWMA control chart and Arcsine EWMA sign control chart is 0.05. In addition, NPDEWMA control chart will be more effective than Arcsine EWMA sign control chart, when detecting failure in the process for almost all situations.

Keywords: *control chart, fraction nonconforming, average run length.*

บทนำ

หากกล่าวถึงการซื้อสินค้า หรือการได้รับบริการต่างๆ ในชีวิตประจำวันย่อมต้องการสินค้าหรือบริการที่มีคุณภาพ การมีคุณภาพนั้น ไม่ใช่ทำได้แค่ครั้งเดียวหรือทำได้ไม่คงที่ การที่จะทำให้สินค้ามีคุณภาพตรงตามความต้องการอย่างคงที่และสม่ำเสมอจึงควรมีการควบคุมคุณภาพ เพื่อให้สินค้าและการบริการดำเนินต่อไปได้ด้วยความเป็นมาตรฐาน และส่งผลต่อปัจจัยในด้านอื่นๆอาทิ เช่น ชื่อเสียงในสินค้านั้น ความปลอดภัยในการใช้บริการ การอุปโภค-บริโภค เป็นต้น ดังนั้นการควบคุมคุณภาพมีผลอย่างมากต่อการผลิต จึงมีการนำวิธีการควบคุมคุณภาพมาใช้ในการผลิต เพื่อช่วยลดความผิดพลาดในด้านต่างๆ ซึ่งเครื่องมือที่นิยมนำมาใช้อย่างแพร่หลายในกระบวนการผลิตคือ แผนภูมิควบคุมคุณภาพ (Control chart) โดยแผนภูมิควบคุมคุณภาพนั้นเกิดขึ้นโดยบุคคลผู้คิดค้นที่มีชื่อว่า Shewhart ใน ค.ศ. 1924 ได้ทำการแบ่งแผนภูมิควบคุมออกเป็น 2 ประเภท คือ แผนภูมิควบคุมสำหรับตัวแปร (Control chart for variables) และแผนภูมิควบคุมสำหรับคุณลักษณะ (Control chart for attributes) โดยงานวิจัยนี้สนใจศึกษาในส่วนของแผนภูมิควบคุมสำหรับคุณลักษณะ[1] ซึ่งแผนภูมิควบคุมประเภทนี้ใช้เมื่อต้องการวัดคุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นตัวแปรแบบไม่ต่อเนื่อง สามารถแบ่งได้อีก 2 กลุ่มคือ กลุ่มประเภทที่ 1 เป็นแผนภูมิสำหรับใช้เพื่อควบคุมจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ซึ่งจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงทวินาม และแผนภูมิควบคุมกลุ่มนี้ได้แก่ แผนภูมิควบคุมจำนวนของเสีย (np chart) แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียเมื่อกระบวนการอยู่ในการผลิต (p chart) เป็นต้น กลุ่มประเภทที่ 2 เป็นแผนภูมิที่ใช้เพื่อควบคุมจำนวนรอยตำหนิหรือสาเหตุที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เป็นของเสีย ซึ่งตัวแปรสุ่มแทนจำนวนรอยตำหนิสาเหตุที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เป็นของเสียดังกล่าวมีการแจกแจงเป็นแบบปัวซง แผนภูมิในกลุ่มนี้ได้แก่ แผนภูมิจำนวนรอยตำหนิต่อหน่วย (u chart) และแผนภูมิจำนวนรอยตำหนิ (c chart) เป็นต้น

แผนภูมิควบคุมสำหรับคุณลักษณะได้มีศึกษาค้นคว้า และพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยนักวิจัยหลายท่าน เช่น ในปี ค.ศ. 2004 เพ็ญนภา[3] ได้ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย 3 แผนภูมิ ได้แก่ แผนภูมิอาร์คไซน์ แผนภูมิเรขาคณิต แผนภูมิควบคุมสังเคราะห์ สรุปผลการวิจัยได้ว่า แผนภูมิอาร์คไซน์สามารถควบคุมค่า α ได้เมื่อ $np_0 \le 2$ เมื่อใช้เกณฑ์ค่า ARL_1 จะพบว่าแผนภูมิอาร์คไซน์ให้ค่า ARL_1 ต่ำที่สุดเมื่อ $0.005 \le np_0 < 0.1$ ต่อมาในปี ค.ศ. 2011 Su-Fen Yang[7] มีการเสนอแผนภูมิควบคุมไม่อิงพารามิเตอร์ใหม่ โดยให้ชื่อแผนภูมิควบคุมว่า แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักเอกซ์โพเนนเชียลแบบใช้เครื่องหมาย (EWMA sign Control Chart) สำหรับกระบวนการผลิตที่ไม่อิงการแจกแจงปรกติ โดยใช้การแจกแจงทวินามและปรับแก้โดยใช้ฟังก์ชัน Arcsine ทำให้ได้แผนภูมิใหม่ที่มีชื่อว่า แผนภูมิควบคุมไม่อิงพารามิเตอร์อาร์คไซน์แบบใช้เครื่องหมาย (Arcsine Exponentially Weighted Moving Average Sign Control Chart) ซึ่งพบว่ามีประสิทธิภาพดีกว่าแผนภูมิควบคุม EWMA sign ที่ค่าคงที่ปรับให้เรียบของแผนภูมิควบคุม (λ) ที่ 0.05 ต่อมา ค.ศ. 2012 Saddam Akber Abbasi[6] ได้ทำการปรับแก้ความแปรปรวนในค่าสถิติ EWMA ของ Su-Fen Yang ทำให้ได้ขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุม EWMA Sign ใหม่ แต่ผลที่ได้จากงานวิจัยของ Su-Fen Yang ยังคงถูกต้องตามที่ได้รายงานไว้ และใน ค.ศ. 2014 ณัฐชาและธรรณญพร[3] ได้ศึกษาเพิ่มเติมจากงานของ Su-Fen Yang โดยเพิ่มในกรณีค่า ARL_0 มีค่าเท่ากับ 500 ในระดับตัวอย่างขนาดอื่นๆ และ λ มีค่าน้อยๆและมีค่ามากๆ ผลการวิจัยพบว่า แผนภูมิควบคุม EWMA Sign และแผนภูมิควบคุม Arcsine EWMA Sign สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการผลิตได้ดีแตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับระดับค่าของ p_0 , n และ λ ในปี ค.ศ. 2016 Riaz และ Abbasi[5] ได้นำเสนอแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบเลขชี้กำลังสองชั้นแบบไม่อิงพารามิเตอร์ (Nonparametric Double Exponentially Weighted Moving Average Control Chart; NPDEWMA) โดยศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผนภูมิ 4 แบบคือ แผนภูมิ NPDEWMA, EWMA sign, Arcsine EWMA sign และCUSUM ได้ในการทำการเปรียบเทียบค่า ARL_1 กรณี ค่าคงที่ปรับให้เรียบของแผนภูมิควบคุม (λ) ที่ 0.05 ขนาดตัวอย่าง n เท่ากับ 5 ค่าสัดส่วนของเสีย

ในกระบวนการผลิตที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม (p_1) เท่ากับ 0.55 โดยกำหนด ARL_0 = 370 พบว่าแผนภูมิ NPDEWMA ให้ค่า ARL_1 ต่ำกว่า 3 แผนภูมิที่เหลือจึงสรุปว่าแผนภูมิ NPDEWMA มีประสิทธิภาพดีที่สุดในกรณีดังกล่าว

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียสำหรับข้อมูลที่มีการแจกแจงทวินามจำนวน 2 แผนภูมิ คือ แผนภูมิควบคุม Arcsine EWMA sign และแผนภูมิควบคุม NPDEWMA โดยใช้เกณฑ์ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพคือ ค่าคงที่ปรับให้เรียบของแผนภูมิควบคุม (λ) เหมาะสมในการนำไปใช้ และค่าความยาววิ่งเฉลี่ยเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม (Out of Control Average Run Length; ARL_1)

วัตถุประสงค์

เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมสำหรับคุณลักษณะ ที่เป็นแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย 2 แบบ ได้แก่ แผนภูมิควบคุม Arcsine EWMA sign และแผนภูมิควบคุม NPDEWMA สำหรับข้อมูลที่มีการแจกแจงทวินาม

วิธีดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยครั้งนี้มีการกำหนดรายละเอียดที่ใช้ในการศึกษา ดังนี้

1. แผนภูมิควบคุมคุณลักษณะที่เป็นแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย 2 แบบ ได้แก่ แผนภูมิควบคุม Arcsine EWMA sign และแผนภูมิควบคุม NPDEWMA
2. ข้อมูลในงานวิจัยนี้เป็นข้อมูลจำลองมีลักษณะข้อมูลเป็นการแจกแจงทวินาม (Binomial Distribution) โดยกำหนดพารามิเตอร์ดังนี้

2.1 กำหนดค่าสัดส่วนของเสียเมื่อกระบวนการอยู่ในการควบคุม (p_0) เท่ากับ 0.01, 0.02, 0.05

2.2 กำหนดขนาดตัวอย่าง (n) เท่ากับ 100, 300 และ 500

2.3 กำหนดระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียในกระบวนการผลิต (δ) มีดังนี้

2.3.1 ถ้ากระบวนการผลิตอยู่ในการควบคุม ระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียในกระบวนการผลิต (δ) เท่ากับ 1.0

2.3.2 ถ้ากระบวนการผลิตอยู่นอกการควบคุม ระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียในกระบวนการผลิต (δ) จะถูกปรับจาก 1.0 เป็น 1.5, 2.0 และ 3.0 เมื่อ $p_1 = p_0\delta$ โดยที่ p_1 คือ ค่าสัดส่วนของเสียในกระบวนการผลิตที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม

2.4 กำหนดค่าคงที่ปรับให้เรียบของแผนภูมิควบคุม (λ) Arcsine EWMA sign และแผนภูมิ NPDEWMA มีค่าเท่ากับ 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ0.5

2.5 จำนวนสถานการณ์เพื่อใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุม 2 แบบ มีทั้งหมด 162 สถานการณ์ โดยคำนวณจากการกำหนดพารามิเตอร์ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ จำนวนสัดส่วนของเสีย (p_0) มี 3 ค่าคือ 0.01, 0.02, 0.05 จำนวนขนาดตัวอย่าง (n) มี 3 ค่าคือ 100, 300 และ 500 จำนวนระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียในกระบวนการผลิต (δ) มี 3 ค่า 1.5, 2.0 และ 3.0 และจำนวนค่าคงที่ปรับให้เรียบ (λ) 6 ค่าคือ 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ0.5 ดังนั้นจำนวนสถานการณ์ทั้งหมดเท่ากับ 3*3*3*6 = 162 สถานการณ์

3. คำนวณค่าสถิติของแต่ละแผนภูมิควบคุม ดังนี้

3.1 แผนภูมิควบคุมไม่อิงพารามิเตอร์อาร์คไซน์แบบใช้เครื่องหมาย (Arcsine Exponentially Weighted Moving Average Sign Control Chart: Arcsine EWMA sign) เป็นแผนภูมิควบคุมที่ไม่อิงพารามิเตอร์ใหม่ที่ถูกนำเสนอขึ้นในปี ค.ศ.2011 โดย Su-Fen Yang และคณะ ใช้กับกระบวนการผลิตที่ไม่อิงการแจกแจงปรกติ โดยใช้การแจกแจงแบบทวินามและพัฒนามาจากแผนภูมิควบคุม EWMA sign

จะได้ค่าสถิติของแผนภูมิควบคุม Arcsine EWMA sign คือ

$$EWMA_{Y_i} = \lambda Y_i + (1-\lambda) EWMA_{Y_{i-1}} \quad ; i = 1, 2, 3, \ldots$$

เมื่อ λ แทน ค่าคงที่ปรับให้เรียบของแผนภูมิควบคุม ; $0 < \lambda \leq 1$

Y_i แทน ค่าของข้อมูลของตัวอย่างที่ i ที่ถูกแปลงโดยวิธี Arcsine โดย $Y_i = \sin^{-1}\sqrt{\frac{x_i}{n}}$

x_i แทน จำนวนของเสียในกลุ่มย่อยที่ i

$EWMA_{Y_{i-1}}$ แทน ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักเลขชี้กำลังที่มีค่าเริ่มต้นคือ $EWMA_{Y_0} = \sin^{-1}\sqrt{p_0}$

3.2 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบเลขชี้กำลังสองชั้นแบบไม่อิงพารามิเตอร์ (Nonparametric Double Exponentially Weighted Moving Average Control Chart: NPDEWMA) เป็นแผนภูมิควบคุมที่ไม่อิงพารามิเตอร์ใหม่ที่ถูกนำเสนอขึ้นในปี ค.ศ.2016 โดย Riaz and Abbasi พัฒนามาจากแผนภูมิควบคุม EWMA โดยใช้การถ่วงน้ำหนักสองชั้น ใช้กับกระบวนการผลิตที่ไม่อิงการแจกแจงปรกติ

จะได้ค่าสถิติของแผนภูมิควบคุม NPDEWMA คือ

$$D_i = \lambda W_i + (1-\lambda) D_{i-1} \quad ; i = 1, 2, 3, \ldots$$

เมื่อ λ แทน ค่าคงที่ปรับให้เรียบของแผนภูมิควบคุม ; $0 < \lambda \leq 1$

W_i แทน $\lambda Z_i + (1-\lambda) W_{i-1}$

Z_i แทน ค่าของข้อมูลของตัวอย่างที่ i ที่ถูกแปลงโดยวิธี Arcsine โดย $Z_i = \sin^{-1}\sqrt{\frac{x_i}{n}}$

n แทน ขนาดตัวอย่าง

x_i แทน จำนวนของเสียในกลุ่มย่อยที่ i

W_{i-1} แทน ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักเลขชี้กำลังที่มีค่าเริ่มต้นคือ $W_0 = \sin^{-1}\sqrt{p_0}$

D_{i-1} แทน ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักเลขชี้กำลังสองชั้นที่มีค่าเริ่มต้นคือ $D_0 = \sin^{-1}\sqrt{p_0}$

4. คำนวณค่าขีดจำกัดควบคุมในแต่ละแผนภูมิควบคุม ดังนี้

4.1 แผนภูมิควบคุม Arcsine EWMA sign

$$UCL_{EWMA_{Y_i}} = \sin^{-1}\sqrt{p_0} + L\sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda}\left(\frac{1}{4n}\right)}$$

$$CL_{EWMA_{Y_i}} = \sin^{-1}\sqrt{p_0}$$

$$LCL_{EWMA_{Y_i}} = \sin^{-1}\sqrt{p_0} - L\sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda}\left(\frac{1}{4n}\right)}$$

เมื่อ λ แทน ค่าคงที่ปรับให้เรียบของแผนภูมิควบคุม ; $0 < \lambda \leq 1$

L แทน สัมประสิทธิ์ความกว้างของขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุม Arcsine EWMA sign

n แทน ขนาดตัวอย่าง

p_0 แทน ค่าสัดส่วนของเสียเมื่อกระบวนการอยู่ในการควบคุม

4.2 แผนภูมิควบคุม NPDEWMA

$$UCL_{NPDEWMA} = \sin^{-1}\sqrt{p_0} + L_1 A$$

$$CL_{NPDEWMA} = \sin^{-1}\sqrt{p_0}$$

$$LCL_{NPDEWMA} = \sin^{-1}\sqrt{p_0} - L_1 A$$

เมื่อ A แทน $\sqrt{\frac{\lambda^4}{4n}\left[\frac{1+(1-\lambda)^2-(i+1)^2(1-\lambda)^{2i}+(2i^2+2i-1)(1-\lambda)^{2i+2}-i^2(1-\lambda)^{2i+4}}{\left(1-(1-\lambda)^2\right)^3}\right]}$

λ แทน ค่าคงที่ปรับให้เรียบของแผนภูมิควบคุม ; $0 < \lambda \leq 1$

L_1 แทน สัมประสิทธิ์ความกว้างของขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุม NPDEWMA

n แทน ขนาดตัวอย่าง

p_0 แทน ค่าสัดส่วนของเสียเมื่อกระบวนการอยู่ในการควบคุม

5. นำค่าสถิติของแต่ละแผนภูมิควบคุมที่คำนวณได้ในข้อ 3 มาเปรียบเทียบกับขีดจำกัดควบคุมของแต่ละแผนภูมิควบคุมคำนวณได้ในข้อ 4 เพื่อหาจำนวนของค่าสถิติที่ออกนอกขีดจำกัดการควบคุม

6. ทำซ้ำตั้งแต่ข้อ 2 ถึงข้อ 5 จำนวน 10,000 รอบ สำหรับแต่ละสถานการณ์ เพื่อนับผลรวมสะสมของค่าสถิติที่ออกนอกขีดจำกัดการควบคุมทั้งหมด

7. การคำนวณค่าความยาววิ่งเฉลี่ย ดังนี้

7.1 กรณีกระบวนการอยู่ในการควบคุม จะประมาณค่าความน่าจะเป็น α ได้โดยการนับจำนวนค่าสถิติที่ออกนอกขีดจำกัดควบคุมแล้วนำมาหารด้วยจำนวนรอบของการทำซ้ำ เพื่อนำมาคำนวณค่าประมาณค่าความยาววิ่งเฉลี่ย กรณีกระบวนการผลิตอยู่ในการควบคุม สามารถประมาณค่า ARL_0 ได้จาก $\frac{1}{\hat{\alpha}}$ เมื่อ $\hat{\alpha}$ คือ ค่าประมาณความน่าจะเป็นที่แผนภูมิควบคุมตรวจพบว่ากระบวนการผลิตออกการควบคุมเมื่อกระบวนการผลิตอยู่ในการควบคุม

7.2 กรณีกระบวนการออกนอกการควบคุม จะประมาณค่าความน่าจะเป็น $1-\beta$ ได้โดยการนับจำนวนค่าสถิติที่ออกนอกขีดจำกัดควบคุมแล้วนำมาหารด้วยจำนวนรอบของการทำซ้ำ เพื่อนำมาคำนวณค่าประมาณค่าความยาววิ่งเฉลี่ย กรณีกระบวนการออกนอกการควบคุม ARL_1 ได้จาก $\frac{1}{(1-\beta)}$ เมื่อ $1-\beta$ คือ ค่าประมาณความน่าจะเป็นที่แผนภูมิควบคุมตรวจพบว่ากระบวนการผลิตออกนอกการควบคุมซึ่งในสภาพความเป็นจริงพบว่ากระบวนการผลิตได้ออกนอกการควบคุมไปแล้ว

8. กำหนดค่าความยาววิ่งเฉลี่ยของกระบวนการกรณีสัดส่วนของเสียของกระบวนการอยู่ในการควบคุม $ARL_0 \approx 370$

9. เกณฑ์การพิจารณาเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละแผนภูมิคือ ค่าคงที่ปรับให้เรียบของแผนภูมิควบคุม (λ) เหมาะสมในการนำไปใช้ และค่าความยาววิ่งเฉลี่ย กรณีสัดส่วนของเสียของกระบวนการเปลี่ยนไป (ARL_1)

10. การจำลองข้อมูลในการวิจัยนี้ โดยใช้โปรแกรม R เวอร์ชัน 3.5.1

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาแผนภูมิควบคุม 2 แบบ ได้แก่ แผนภูมิควบคุม Arcsine EWMA sign และแผนภูมิควบคุม NPDEWMA เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผนภูมิดังกล่าว โดยพิจารณาจากค่าคงที่ปรับให้เรียบของแผนภูมิควบคุม (λ) ที่ให้ค่าความยาววิ่งเฉลี่ย กรณีสัดส่วนของเสียของกระบวนการเปลี่ยนไป (ARL_1) ต่ำกว่า แสดงว่าค่าคงที่ปรับให้เรียบของแผนภูมิควบคุมเหมาะสมกับการนำไปใช้ และแผนภูมิควบคุมนั้นมีประสิทธิภาพในการตรวจพบความผิดปกติของกระบวนการควบคุมคุณภาพในสถานการณ์นั้นๆได้ดีที่สุด เมื่อพิจารณาค่า ARL_1 ของแผนภูมิทั้ง 3 แบบจะสรุปผลได้ดัง ตารางที่ 1 - 3

ตารางที่ 1 ค่า ARL_1 ต่ำที่สุดสำหรับแผนภูมิควบคุมในสถานการณ์ต่างๆ เมื่อ p_0 =0.01, $ARL_0 \approx$ 370

n	δ	λ											
		0.05		0.1		0.2		0.3		0.4		0.5	
		A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D
100	1.5	Inf	714.29*	10000.00	2000.00	5000.00	2500.00	5000.00	5000.00	1250.00	10000.00	833.33	5000.00
	2.0	222.22	52.91*	384.62	185.19	500.00	357.14	370.37	434.78	181.82	416.67	93.46	454.55
	3.0	1.11	1.00*	2.08	1.13	5.15	2.31	7.28	4.69	7.84	7.11	7.25	9.37
300	1.5	9.42	2.81*	58.14	7.35	175.44	56.82	400.00	120.48	909.09	256.41	1250.00	416.67
	2.0	1.00*	1.00*	1.26	1.00	3.18	1.30	7.99	2.25	19.53	4.53	47.17	8.42
	3.0	1.00*	1.00*	1.00	1.00	1.00	1.00	1.08	1.00	1.38	1.02	2.05	1.10
500	1.5	1.11	1.00*	2.10	1.09	6.38	2.22	26.81	4.32	73.53	9.05	250.00	23.58
	2.0	1.00*	1.00*	1.00	1.00	1.08	1.00	1.65	1.03	3.12	1.17	7.09	1.68
	3.0	1.00*	1.00*	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.00	1.09	1.00

หมายเหตุ กำหนดให้ A คือ แผนภูมิควบคุม Arcsine EWMA sign, D คือ แผนภูมิควบคุม NPDEWMA, inf คือ แผนภูมินั้นไม่สามารถตรวจพบของเสียได้เมื่อกระบวนการเปลี่ยนแปลงไป และ * คือ แผนภูมิที่ให้ค่า ARL_1 ต่ำที่สุดในสถานการณ์นั้นๆ

ตารางที่ 1 พบว่า ถ้าค่าคงที่ปรับให้เรียบของแผนภูมิควบคุม (λ) เพิ่มขึ้น จะทำให้แนวโน้ม ARL_1 เพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้น λ ที่เหมาะสม คือ 0.05 เกือบทุกกรณี และถ้าพิจารณาระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียในกระบวนการผลิต (δ) และขนาดตัวอย่าง (n) มากขึ้น ส่งผลให้แนวโน้มของค่า ARL_1 ลดลง จะเห็นได้ว่าแผนภูมิควบคุม NPDEWMA มีประสิทธิภาพดีกว่าแผนภูมิควบคุม Arcsine EWMA sign เกือบทุกสถานการณ์ เนื่องจากให้ค่า ARL_1 ต่ำกว่า และในกรณี n= 300, 500 , δ =2.0, 3.0 แผนภูมิทั้ง 2 แบบมีประสิทธิภาพดีในการตรวจพบความผิดปกติของกระบวนการใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 2 ค่า ARL_1 ต่ำที่สุดสำหรับแผนภูมิควบคุมในสถานการณ์ต่างๆ เมื่อ p_0 =0.02, $ARL_0 \approx 370$

n	δ	λ											
		0.05		0.1		0.2		0.3		0.4		0.5	
		A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D
100	1.5	270.27	47.62*	769.23	192.31	2000.00	833.33	1666.67	1250.00	1666.67	1428.57	1666.67	2000.00
	2.0	1.29	1.01*	3.91	1.28	21.05	4.57	54.05	13.00	97.09	28.99	120.48	76.34
	3.0	1.00*	1.00*	1.00	1.00	1.16	1.00	1.78	1.07	2.90	1.32	4.25	2.03
300	1.5	1.01	1.00*	1.37	1.02	3.33	1.44	8.75	2.35	17.73	4.33	32.68	8.45
	2.0	1.00*	1.00*	1.00	1.00	1.02	1.00	1.18	1.00	1.60	1.04	2.35	1.20
	3.0	1.00*	1.00*	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.00
500	1.5	1.00*	1.00*	1.02	1.00	1.28	1.03	2.18	1.15	3.83	1.50	5.93	2.24
	2.0	1.00*	1.00*	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.04	1.00	1.15	1.01
	3.0	1.00*	1.00*	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

หมายเหตุ กำหนดให้ A คือ แผนภูมิควบคุม Arcsine EWMA sign, D คือ แผนภูมิควบคุม NPDEWMA และ * คือ แผนภูมิที่ให้ค่าคงที่ปรับให้เรียบของแผนภูมิควบคุม (λ) เหมาะสม และ ARL_1 ต่ำที่สุดในสถานการณ์นั้นๆ

ตารางที่ 2 พบว่า ถ้าค่าคงที่ปรับให้เรียบของแผนภูมิควบคุม (λ) เพิ่มขึ้น จะทำให้แนวโน้ม ARL_1 เพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้น λ ที่เหมาะสม คือ 0.05 เกือบทุกกรณี และถ้าพิจารณาระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียในกระบวนการผลิต (δ) และขนาดตัวอย่าง (n) มากขึ้น ส่งผลให้แนวโน้มของค่า ARL_1 ลดลง จะเห็นได้ว่าแผนภูมิควบคุม NPDEWMA มีประสิทธิภาพดีกว่าแผนภูมิควบคุม Arcsine EWMA sign เกือบทุกสถานการณ์ เนื่องจากให้ค่า ARL_1 ใกล้เคียงกัน และในกรณี n=100, δ = 3.0 กรณี n= 300, δ =2.0, 3.0 และกรณี n= 500 , $\delta \geq$ 1.5 แผนภูมิทั้ง 2 แบบมีประสิทธิภาพดีในการตรวจพบความผิดปกติของกระบวนการใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 3 ค่า ARL_1 ต่ำที่สุดสำหรับแผนภูมิควบคุมในสถานการณ์ต่างๆ เมื่อ p_0 =0.05, $ARL_0 \approx 370$

n	δ	λ											
		0.05		0.1		0.2		0.3		0.4		0.5	
		A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D
100	1.5	1.06	1.00*	1.63	1.05	5.29	1.74	20.04	2.99	59.17	6.81	144.93	19.34
	2.0	1.00*	1.00*	1.00	1.00	1.05	1.00	1.48	1.01	2.63	1.11	5.49	1.52
	3.0	1.00*	1.00*	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.05	1.00
300	1.5	1.00*	1.00*	1.00	1.00	1.03	1.00	1.26	1.01	1.72	1.08	2.79	1.28
	2.0	1.00*	1.00*	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.00
	3.0	1.00*	1.00*	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
500	1.5	1.00*	1.00*	1.00	1.00	1.00	1.00	1.02	1.00	1.10	1.00	1.26	1.02
	2.0	1.00*	1.00*	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	3.0	1.00*	1.00*	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

หมายเหตุ กำหนดให้ A คือ แผนภูมิควบคุม Arcsine EWMA sign, D คือ แผนภูมิควบคุม NPDEWMA และ * คือ แผนภูมิที่ให้ค่าคงที่ปรับให้เรียบของแผนภูมิควบคุม (λ) เหมาะสม และ ARL_1 ต่ำที่สุดในสถานการณ์นั้นๆ

ตารางที่ 3 พบว่า ถ้าค่าคงที่ปรับให้เรียบของแผนภูมิควบคุม (λ) เพิ่มขึ้น จะทำให้แนวโน้ม ARL_1 เพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้น λ ที่เหมาะสม คือ 0.05 เกือบทุกกรณี และถ้าพิจารณาระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียในกระบวนการผลิต (δ) และขนาดตัวอย่าง (n) มากขึ้น ส่งผลให้แนวโน้มของค่า ARL_1 ลดลง จะเห็นได้ว่าแผนภูมิควบคุม NPDEWMA มีประสิทธิภาพดีเทียบเท่าแผนภูมิควบคุม Arcsine EWMA sign เกือบทุกสถานการณ์ เนื่องจากให้ค่า ARL_1 ต่ำที่สุด ยกเว้นในกรณี n=100, δ =1.5 ที่ แผนภูมิควบคุม NPDEWMA มีประสิทธิภาพในการตรวจพบความผิดปกติของกระบวนการดีกว่าแผนภูมิควบคุม Arcsine EWMA sign

สรุป

ผลการวิจัยพบว่า เมื่อสัดส่วนของเสีย (p_0) เท่ากับ 0.01, 0.02, 0.05 ขนาดตัวอย่าง (n) เท่ากับ 100, 300, 500 และระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียในกระบวนการผลิต (δ) = 1.5, 2.0, 3.0 ค่าคงที่ปรับให้เรียบของแผนภูมิควบคุมที่เหมาะที่สุดในการนำไปใช้ของแผนภูมิ Arcsine EWMA sign และแผนภูมิควบคุม NPDEWMA คือ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับ Montgomery[4] นอกจากนั้นจะเห็นว่าเนื่องจากแผนภูมิควบคุม NPDEWMA ให้ค่า ARL_1 ต่ำที่สุดเกือบทุกสถานการณ์ จึงมีประสิทธิภาพในการตรวจพบความผิดปกติของกระบวนการดีกว่าแผนภูมิควบคุม Arcsine EWMA sign ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลสรุปแผนภูมิที่มีประสิทธิภาพในแต่ละสถานการณ์ เมื่อ λ = 0.05

		p_0		
n	δ	0.01	0.02	0.05
100	1.5	D	D	D
	2.0	D	D	A,D
	3.0	D	A,D	A,D
300	1.5	D	D	A,D
	2.0	A,D	A,D	A,D
	3.0	A,D	A,D	A,D
500	1.5	D	A,D	A,D
	2.0	A,D	A,D	A,D
	3.0	A,D	A,D	A,D

หมายเหตุ กำหนดให้ A คือ แผนภูมิควบคุม Arcsine EWMA sign และ D คือ แผนภูมิควบคุม NPDEWMA

เอกสารอ้างอิง

1. จุฑาภรณ์ สินสมบูรณ์ทอง. การควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: จามจุรีโปรดักส์จำกัด. 2558.
2. ณัฐชา แก้งทอง, ธรรณญพร น้อยพลับ. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุม Ewma Sign กับแผนภูมิควบคุม Arcsine Ewma Sign, ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสถิติ, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น; 2557.
3. เพ็ญนภา เจริญศิลป์. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมสำหรับการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงในสัดส่วนของเสีย. ปริญญาสถิติศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถิติ, คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ; 2547.
4. Montgomery DC. Statistical Quality Control A Modern Introduction. 7th Ed. New York: John Wiley Sons. 2013.
5. Riaz M, SA Abbasi. Nonparametric Double EWMA Control Chart for Process Monitoring. Colombian J. Statistics 2016; 39: 167-184.
6. Saddam AA. A New Nonparametric EWMA Sign Control Chart. Expert Systems with Applications. 2012; 39.
7. Yang SF. A New Nonparametric EWMA Sign Control Chart. Expert Systems with Applications 2011; 38: 6239-6243.

[BS-O03] พารามิเตอร์ในการทำให้เรียบที่เหมาะสมสำหรับแผนภูมิควบคุม DEWMA และแผนภูมิควบคุม MFIR-EWMA

Appropriate Smoothing Parameter for DEWMA and MFIR-EWMA Control Charts

จุฑาภรณ์ สินสมบูรณ์ทอง, ธิดาพร ศุภภากร, และเนตรทราย บัวพิมพ์*
Juthaphorn Sinsomboonthong, Thidaporn Supapakorn, and Netsai Buaphim*
ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: oil_nsbph@hotmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ในการทำให้เรียบ **(λ)** ที่เหมาะสมสำหรับแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบเลขชี้กำลังสองชั้น **(**DEWMA**)** และแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบเลขชี้กำลังตอบสนองขั้นต้นอย่างรวดเร็วปรับแก้ (MFIR-EWMA) และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของทั้ง 2 แผนภูมิ เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงปรกติ โดยจำลองข้อมูลที่ศึกษาทั้งหมด 120 สถานการณ์ด้วยวิธีมอนติคาร์โล ซึ่งในแต่ละสถานการณ์ทดลองซ้ำ 10,000 ครั้ง โดยกำหนดปัจจัยที่ศึกษา ดังนี้ ค่าพารามิเตอร์ในการทำให้เรียบ **(λ)** เท่ากับ 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 ขนาดตัวอย่าง (*n*) ในแต่ละกลุ่มย่อยเท่ากับ 3, 5, 10, 15, 20 และ 50 ขนาดการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยกระบวนการ (**δ**) เท่ากับ 0.1, 0.3, 1 และ 2 ซึ่งเกณฑ์ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมในงานวิจัยนี้ คือ ค่าความยาววิ่งเฉลี่ยเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม (ARL_1) ผลการวิจัยพบว่า **λ=**0.1 เป็นค่าที่เหมาะสมซึ่งทำให้แผนภูมิควบคุมทั้ง 2 ชนิด สามารถตรวจพบความผิดปรกติของกระบวนการได้ดีที่สุด นอกจากนี้แผนภูมิควบคุม DEWMA มีแนวโน้มให้ประสิทธิภาพในการตรวจพบการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการดีที่สุดในทุกสถานการณ์ และเมื่อขนาดการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยกระบวนการมีค่ามากขึ้น (**δ**=1, 2) แผนภูมิควบคุมทั้ง 2 ชนิด มีแนวโน้มให้ประสิทธิภาพในการตรวจพบการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการไม่แตกต่างกันในทุกขนาดตัวอย่าง

คำสำคัญ: *แผนภูมิควบคุม, การแจกแจงปรกติ, ความยาววิ่งเฉลี่ย, ขนาดตัวอย่าง, พารามิเตอร์ในการทำให้เรียบ*

Abstract

The objective of this research was to investigate the appropriate smoothing parameter (**λ**) and compare the efficiency for two control charts—double exponentially weighted moving average (DEWMA) and modified exponentially weighted moving average with the fast initial response (MFIR-EWMA) —when the data were normally distributed. A simulation study was conducted 120 situations by Monte Carlo technique with 10,000 repetitions for each situation. The studied factors were as follows: the smoothing parameter (**λ**) was equal to 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 and 0.5, the sample size (*n*) was equal to 3, 5, 10, 15, 20 and 50, and the size of process mean shift (**δ**) was equal to 0.1, 0.3, 1 and 2. The criterion for efficiency comparison was an out-of-control average run length (ARL_1). The results showed that the appropriate smoothing parameter (**λ**) of two control charts for detection of process mean shift was equal to 0.1. In addition, DEWMA control chart tended to be the best control chart for detection of process mean shift for all situations. When the size of the process mean shift was

large (δ= 1, 2), two control charts tended to have no difference efficiency for detection of process mean shift for all sample sizes.

Keywords: *control chart, normal distribution, average run length, sample size, smoothing parameter*

บทนำ

โดยทั่วไปในกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมต้องการให้สินค้าที่ผลิตมามีคุณภาพตรงตามที่ลูกค้าคาดหวังหรือสูงกว่าความคาดหวังของลูกค้าโดยมีเป้าหมายของการผลิตคือต้องสามารถควบคุมความแปรผันของคุณภาพสินค้าให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด แผนภูมิควบคุมเป็นเครื่องมือที่มีบทบาทสำคัญต่อการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติเพื่อใช้ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการผลิตทำให้สามารถช่วยป้องกันความเสียหายอันเกิดจากความผิดปกติของกระบวนการผลิตได้ การสร้างแผนภูมิควบคุมถูกเสนอครั้งแรกในปี ค.ศ. 1924 โดย Shewhart[9] และแผนภูมิควบคุมที่พัฒนาโดยใช้ทฤษฎีนี้มักเรียกว่าแผนภูมิควบคุมชิวฮาร์ท (Shewhart Control Chart) อย่างไรก็ตามแผนภูมิควบคุมชิวฮาร์ทมีข้อด้อย คือ สำหรับการตรวจสอบกระบวนการ ณ เวลาใดๆ จะใช้เฉพาะข้อมูลล่าสุดเท่านั้นมาพิจารณาว่ากระบวนการอยู่ภายในหรือออกนอกการควบคุมซึ่งไม่สนใจข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาในอดีตเลยทำให้มีประสิทธิภาพในการตรวจพบความผิดปกติของกระบวนการได้ช้าเมื่อค่าเฉลี่ยของกระบวนการมีการเปลี่ยนแปลงไปจากค่าเป้าหมายเพียงเล็กน้อยดังผลงานวิจัยของ ธันวา[1] และพนิดา[2] เป็นต้น ดังนั้นจึงมีนักวิจัยพัฒนาแผนภูมิควบคุมอื่นๆ ที่มีประสิทธิภาพดีกว่าแผนภูมิควบคุมชิวฮาร์ท เช่น ในปี ค.ศ. 1959 Roberts[7] ได้นำเสนอแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบเลขชี้กำลัง (Exponentially Weighted Moving Average Control Chart, EWMA) โดยค่าสถิติของแผนภูมิควบคุม EWMA จะนำเอาข้อมูลตลอดช่วงระยะเวลาของการเก็บรวบรวมมาใช้เพื่อประกอบการตัดสินใจโดยจะถ่วงน้ำหนักหรือให้ความสำคัญกับข้อมูลล่าสุดมากที่สุดและให้ความสำคัญกับข้อมูลในอดีตน้อยลงแบบเลขชี้กำลัง ซึ่งพบว่าแผนภูมิควบคุม EWMA มีประสิทธิภาพในการตรวจพบการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการเมื่อค่าเฉลี่ยมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยได้ดีกว่าแผนภูมิควบคุมชิวฮาร์ทและเป็นแผนภูมิควบคุมที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน และในปี ค.ศ. 1992 Shamma and Shamma[8] ได้นำเสนอแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบเลขชี้กำลังสองชั้น (Double Exponentially Weighted Moving Average Control Chart, DEWMA) ซึ่งพัฒนามาจากแผนภูมิควบคุม EWMA โดยมีการถ่วงน้ำหนักแบบเลขชี้กำลังซ้ำสองครั้งและพบว่ามีประสิทธิภาพดีกว่าแผนภูมิควบคุม EWMA ในปี ค.ศ. 1999 Steiner[10] ได้เสนอแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบเลขชี้กำลังตอบสนองขั้นต้นอย่างรวดเร็ว (Exponentially Weighted Moving Average Control Chart with Fast Initial Response, FIR-EWMA) โดยการเพิ่มค่าในการปรับ FIR เข้าไปในขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุม EWMA เพื่อให้ได้ขีดจำกัดควบคุมที่แคบลงเพื่อพัฒนาให้แผนภูมิควบคุม EWMA สามารถตรวจพบการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการได้เร็ว และในปี ค.ศ. 2014 Haq *et al.*[6] ได้พัฒนาค่าในการปรับ FIR ในแผนภูมิควบคุม FIR-EWMA และเรียกแผนภูมิที่เสนอขึ้นใหม่นี้ว่าแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบเลขชี้กำลังตอบสนองขั้นต้นอย่างรวดเร็วปรับแก้ (Modified Exponentially Weighted Moving Average Control Chart with Fast Initial Response , MFIR-EWMA) ซึ่งผลการวิจัยพบว่าแผนภูมิควบคุม MFIR-EWMA มีประสิทธิภาพดีกว่าแผนภูมิควบคุม EWMA และแผนภูมิควบคุม FIR-EWMA นอกจากนี้ในปี พ.ศ.2560 พิริยะและคณะ[3] ได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการตรวจพบการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการสำหรับข้อมูลที่มีการแจงแจงปรกติของแผนภูมิควบคุม EWMA แผนภูมิควบคุม FIR-EWMA และแผนภูมิควบคุม DEWMA ผลการวิจัยพบว่าแผนภูมิควบคุม DEWMA มีแนวโน้มให้ประสิทธิภาพในการตรวจพบการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการได้ดีที่สุดในทุกสถานการณ์

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าแผนภูมิควบคุม DEWMA และแผนภูมิควบคุม MFIR-EWMA มีประสิทธิภาพในการตรวจพบการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการได้ดี ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบเลขชี้กำลังสองชั้น (DEWMA) และแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบเลขชี้กำลังตอบสนองขั้นต้นอย่างรวดเร็วปรับแก้ (MFIR-EWMA) ภายใต้การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ในการทำให้เรียบ (λ) เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมซึ่งทำให้แผนภูมิควบคุมสามารถตรวจพบความผิดปกติของกระบวนการได้ดีที่สุดสำหรับแต่ละแผนภูมิ และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของทั้ง 2 แผนภูมิ โดยพิจารณาประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมจากค่าความยาววิ่งเฉลี่ยเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม (Out-of-Control Average Run Length : ARL_1) โดยแผนภูมิควบคุมที่ให้ค่า ARL_1 ต่ำที่สุดเป็นแผนภูมิที่มีประสิทธิภาพในการตรวจพบการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการได้ดีที่สุด ซึ่งผลการวิจัยจะเป็นแนวทางในการเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ในการทำให้เรียบสำหรับแผนภูมิควบคุม DEWMA และแผนภูมิควบคุม MFIR-EWMA ได้อย่างเหมาะสมและเกิดประสิทธิภาพมากที่สุดในแต่ละสถานการณ์และเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจศึกษาและพัฒนาแผนภูมิควบคุมอื่น ๆ ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ศึกษาประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุม DEWMA และแผนภูมิควบคุม MFIR-EWMA ภายใต้การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ในการทำให้เรียบ (λ) เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของทั้ง 2 แผนภูมิและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผนภูมิทั้ง 2 ชนิด โดยการวิจัยครั้งนี้ใช้โปรแกรม R เวอร์ชัน 3.5.1 ในการจำลองข้อมูลด้วยวิธีมอนติคาร์โล ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

1. กำหนดค่าพารามิเตอร์ในการทำให้เรียบ (λ) ของแผนภูมิควบคุม DEWMA และแผนภูมิควบคุม MFIR-EWMA มีค่าเท่ากับ 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5

2. สร้างข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์

2.1 สร้างข้อมูลเมื่อกระบวนการอยู่ในการควบคุมให้มีการแจกแจงปรกติที่มีค่าเฉลี่ย (μ_0) เท่ากับ 10 และความแปรปรวน (σ^2) เท่ากับ 2 โดยขนาดตัวอย่างในแต่ละกลุ่มย่อย (n) เท่ากับ 3, 5, 10, 15, 20 และ 50

2.2. สร้างข้อมูลเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุมให้มีการแจกแจงปรกติที่มีค่าเฉลี่ย μ_1 และความแปรปรวน (σ^2) เท่ากับ 2 โดยที่ $\mu_1 = \mu_0 + \delta\sigma$ โดยขนาดตัวอย่างในแต่ละกลุ่มย่อย (n) เท่ากับ 3, 5, 10, 15, 20 และ 50 กำหนดขนาดการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการ (δ) เท่ากับ 0.1, 0.3, 1 และ 2

3. คำนวณค่าสถิติของแต่ละแผนภูมิควบคุม ดังนี้

แผนภูมิควบคุม MFIR-EWMA สามารถคำนวณค่าสถิติ ได้ดังนี้ $Y_t = \lambda\overline{X}_t + (1-\lambda)Y_{t-1}$ และแผนภูมิควบคุม DEWMA สามารถคำนวณค่าสถิติ ได้ดังนี้ $Z_t = \lambda Y_t + (1-\lambda)Z_{t-1}$ เมื่อ $t = 1, 2, ..., m$ โดยค่าเริ่มต้น $Z_0 = Y_0 = \mu_0$; Y_t คือ ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบเลขชี้กำลัง ณ เวลา t; $\overline{X}_t$ คือ ค่าเฉลี่ยตัวอย่างของกลุ่มย่อย ณ เวลา t; λ คือ พารามิเตอร์ในการทำให้เรียบ โดยที่ $0 < \lambda \leq 1$, m คือ จำนวนรอบในการทำซ้ำ ในที่นี้กำหนดให้ m มีค่าเท่ากับ 10,000 รอบ จากงานวิจัยของพิริยะ และคณะ [3] พบว่าเมื่อ λ เพิ่มขึ้นแล้วค่า ARL_1 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ดังนั้น $0.1 \leq \lambda \leq 0.5$ จึงเป็นค่าพารามิเตอร์ที่ศึกษาในงานวิจัยนี้

4. คำนวณขีดจำกัดควบคุมของแต่ละแผนภูมิควบคุม ดังนี้

4.1 แผนภูมิควบคุม DEWMA มีขีดจำกัดควบคุมดังนี้

$$UCL = \mu_0 + L_1\sigma\sqrt{\frac{\lambda(2-2\lambda+\lambda^2)}{n(2-\lambda)^3}}$$

$$CL = \mu_0$$

$$LCL = \mu_0 - L_1\sigma\sqrt{\frac{\lambda(2-2\lambda+\lambda^2)}{n(2-\lambda)^3}}$$

เมื่อ L_1 คือ สัมประสิทธิ์ความกว้างของขีดจำกัดควบคุม DEWMA

4.2 แผนภูมิควบคุม MFIR-EWMA มีขีดจำกัดควบคุมดังนี้

$$UCL_t = \mu_0 + L_2\sigma\left\{\left(1-(1-f)^{1+a(t-1)}\right)^{1+\frac{1}{t}}\sqrt{\lambda\left(\frac{\left(1-(1-\lambda)^{2t}\right)}{n(2-\lambda)}\right)}\right\}$$

$$CL_t = \mu_0$$

$$LCL_t = \mu_0 - L_2\sigma\left\{\left(1-(1-f)^{1+a(t-1)}\right)^{1+\frac{1}{t}}\sqrt{\lambda\left(\frac{\left(1-(1-\lambda)^{2t}\right)}{n(2-\lambda)}\right)}\right\}$$

โดยที่ $a = \frac{-1}{19}\left\{1+\frac{2}{\log_{10}(1-f)}\right\}$; L_2 คือ สัมประสิทธิ์ความกว้างของขีดจำกัดควบคุม MFIR-EWMA; f คือ ค่าคงที่ในการปรับ, $0 < f \le 1$ ในที่นี้ให้ $f = 0.5$ เป็นค่าที่เหมาะสมที่ทำให้ขีดจำกัดควบคุมแคบเหมาะสำหรับการเริ่มต้นตรวจสอบความผิดปกติของกระบวนการได้ดี[10] และเมื่อค่าเฉลี่ยของกระบวนการอยู่ในการควบคุมจะเลือกค่า L_i เมื่อ $i = 1, 2$ ของแต่ละแผนภูมิที่ทำให้ค่า ARL_0 เท่ากับ 370 โดยประมาณมาใช้ในการคำนวณขีดจำกัดควบคุมในงานวิจัยนี้

5. นำค่าสถิติของแต่ละแผนภูมิควบคุมที่คำนวณได้ในข้อ 3 มาเปรียบเทียบกับขีดจำกัดควบคุมของแต่ละแผนภูมิควบคุมที่คำนวณได้ในข้อ 4 เพื่อหาค่าสถิติที่ออกนอกการควบคุม

6. ทำซ้ำข้อ 1 ถึง ข้อ 5 จำนวน 10,000 รอบสำหรับแต่ละสถานการณ์ แล้วหาผลรวมสะสมของสถิติที่ออกนอกการควบคุม

7. คำนวณค่าความยาววิ่งเฉลี่ย (ARL) ดังนี้

7.1 เมื่อกระบวนการอยู่ในการควบคุม นำค่าที่ได้จากข้อ 6 มาหารด้วยจำนวนรอบ คือ 10,000 เพื่อหาค่าประมาณของ α และหาค่าความยาววิ่งเฉลี่ย (ARL_0) โดยประมาณได้ดังนี้ $\frac{1}{\hat{\alpha}}$

เมื่อ $\hat{\alpha}$ คือ ค่าประมาณความน่าจะเป็นที่แผนภูมิควบคุมตรวจพบว่ากระบวนการออกนอกการควบคุมทั้งที่ค่าเฉลี่ยของกระบวนการไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลง

7.2 เมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม นำค่าที่ได้จากข้อ 6 มาหารด้วยจำนวนรอบ คือ 10,000 เพื่อหาค่าประมาณของ $1-\beta$ และหาค่าความยาววิ่งเฉลี่ย (ARL_1) โดยประมาณได้ดังนี้ $\frac{1}{\widehat{1-\beta}}$

เมื่อ $\widehat{1-\beta}$ คือ ค่าประมาณความน่าจะเป็นที่แผนภูมิควบคุมตรวจพบว่ากระบวนการออกนอกการควบคุม เมื่อค่าเฉลี่ยของกระบวนการได้เปลี่ยนไปแล้ว

8. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมจากค่าความยาววิ่งเฉลี่ยโดยประมาณที่หามาได้ในข้อ 7.2 กรณีกระบวนการออกนอกการควบคุม โดยแผนภูมิควบคุมที่ให้ค่าประมาณ ARL_1 ต่ำที่สุดแสดงว่าแผนภูมินั้นมีประสิทธิภาพในการตรวจพบการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการได้ดีที่สุด

9. สรุปผลการวิจัยในแต่ละสถานการณ์

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในการศึกษาค่าพารามิเตอร์ในการทำให้เรียบ (λ) ที่เหมาะสมซึ่งทำให้แผนภูมิควบคุมสามารถตรวจพบความผิดปกติของกระบวนการได้ดีที่สุด โดยวิเคราะห์ข้อมูลจากการจำลองในสถานการณ์ที่แตกต่างกันเพื่อเปรียบเทียบค่า ARL_1 ในกรณีที่ค่าเฉลี่ยของกระบวนการมีการเปลี่ยนแปลงไป ผลการวิจัยของแต่ละแผนภูมิ สามารถสรุปได้ดังนี้

จากตารางที่ 1 ในกรณีที่ $\delta = 0.1$ พบว่าถ้า λ เพิ่มขึ้นแล้วค่า ARL_1 ของแผนภูมิควบคุม DEWMA จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในเกือบทุกขนาดตัวอย่าง n ยกเว้นเมื่อ $n = 5$ เมื่อ $\lambda = 0.4$ ค่า ARL_1 มีค่ามากกว่าค่า ARL_1 เมื่อ $\lambda = 0.5$ และกรณีที่ $\delta = 0.3$ สำหรับ $n \le 20$ พบว่าถ้า λ เพิ่มขึ้นแล้วค่า ARL_1 ของแผนภูมิควบคุม DEWMA จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่เมื่อ n มีขนาดเพิ่มขึ้นเป็น $n = 50$ ค่า ARL_1 มีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ แต่เมื่อ $\delta = 2$ ถ้า λ เพิ่มขึ้น ค่า ARL_1 มีแนวโน้มคงที่ในทุกขนาดตัวอย่าง n กล่าวคือ ARL_1 เท่ากับ 1 นอกจากนี้ในทุกระดับของ λ ถ้า n เพิ่มขึ้น แล้วค่า ARL_1 จะมีแนวโน้มลดลงโดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีที่ $\delta \le 0.3$ แต่เมื่อ $\delta = 2$ พบว่าค่า ARL_1 มีแนวโน้มคงที่ สำหรับกรณีที่ $\delta \ge 1$ พบว่าค่า λ และขนาดตัวอย่าง n ค่อนข้างไม่มีผลต่อค่า ARL_1

จากตารางที่ 2 พบว่าถ้า λ เพิ่มขึ้นแล้วค่า ARL_1 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในกรณีดังนี้ กรณีที่ $\delta = 0.1$ ในเกือบทุกขนาดตัวอย่าง n ยกเว้นกรณี $n = 3$ เมื่อ $\lambda = 0.3$ ค่า ARL_1 มีค่ามากกว่าค่า ARL_1 เมื่อ $\lambda = 0.4$ และกรณีที่ $\delta = 0.3$ สำหรับทุกขนาดตัวอย่าง n แต่เมื่อ $\delta = 2$ ถ้า λ เพิ่มขึ้น ค่า ARL_1 มีแนวโน้มคงที่ในทุกขนาดตัวอย่าง n กล่าวคือ ARL_1 เท่ากับ 1 นอกจากนี้ในกรณีที่ขนาดตัวอย่างมีค่าน้อย ($n = 3, 5$) และ $\delta = 1$ พบว่าถ้า λ เพิ่มขึ้นแล้วค่า ARL_1 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย แต่เมื่อ n มีขนาดเพิ่มขึ้นเป็น $n = 10, 15, 20, 50$ ค่า ARL_1 มีค่าค่อนข้างคงที่และใกล้เคียงกันมาก กล่าวคือ ค่า ARL_1 ส่วนใหญ่มีค่าเท่ากับ 1 และในทุกระดับของ λ พบว่าถ้า n เพิ่มขึ้น แล้วค่า ARL_1 จะมีแนวโน้มลดลงโดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีที่ $\delta \le 1$ แต่เมื่อ $\delta = 2$ พบว่าค่า ARL_1 มีแนวโน้มคงที่ สรุปได้ว่ากรณีที่ $\delta = 2$ พบว่าค่า λ และขนาดตัวอย่าง n ค่อนข้างไม่มีผลต่อค่า ARL_1

ตารางที่ 1 ค่า ARL_1 ของแผนภูมิควบคุม DEWMA เมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม

δ	n	λ				
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
0.1	3	19.69*	54.05	114.94	178.57	212.77
	5	14.47*	38.61	98.04	140.85	126.58
	10	6.23*	13.50	26.74	50.76	97.09
	15	4.82*	11.59	17.39	32.57	48.78
	20	3.98*	10.41	15.97	27.70	40.49
	50	1.08*	1.94	3.63	6.44	9.79
0.3	3	1.43*	3.72	9.11	17.30	28.17
	5	1.10*	2.13	4.68	8.07	11.64
	10	1.00*	1.11	1.60	2.59	4.51
	15	1.00*	1.02	1.18	1.69	2.49
	20	1.00*	1.01	1.07	1.33	1.82
	50	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*	1.02
1	3	1.00*	1.00*	1.00*	1.04	1.20
	5	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*	1.01
	10	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*
	15	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*
	20	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*
	50	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*
2	3	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*
	5	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*
	10	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*
	15	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*
	20	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*
	50	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*

* หมายถึง ค่า ARL_1 ที่มีค่าต่ำที่สุดของแผนภูมิควบคุม DEWMA (พิจารณาตามแถว)

ตารางที่ 2 ค่า ARL_1 ของแผนภูมิควบคุม MFIR-EWMA เมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม

δ	n	λ				
		0.1	**0.2**	**0.3**	**0.4**	**0.5**
0.1	3	68.49*	133.33	192.31	178.57	208.33
	5	39.37*	107.53	147.06	161.29	178.57
	10	14.35*	43.48	72.46	95.24	129.87
	15	10.93*	23.75	52.08	71.43	96.15
	20	8.64*	20.28	37.74	67.11	84.75
	50	1.82*	4.63	9.98	17.04	24.69
0.3	3	3.98*	12.56	25.91	42.02	58.48
	5	2.07*	6.18	12.45	18.18	24.88
	10	1.10*	2.14	4.02	6.71	10.70
	15	1.02*	1.39	2.44	3.89	6.25
	20	1.00*	1.17	1.73	2.83	4.19
	50	1.00*	1.00*	1.02	1.11	1.32
1	3	1.00*	1.01	1.16	1.51	2.03
	5	1.00*	1.00*	1.01	1.08	1.22
	10	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*	1.01
	15	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*
	20	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*
	50	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*
2	3	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*
	5	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*
	10	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*
	15	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*
	20	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*
	50	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*

* หมายถึง ค่า ARL_1 ที่มีค่าต่ำที่สุดของแผนภูมิควบคุม MFIR-EWMA (พิจารณาตามแถว)

จากผลการวิจัยในตาราง 1 และ 2 จะได้ $\lambda = 0.1$ เป็นค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมซึ่งทำให้แผนภูมิควบคุมทั้ง 2 ชนิด สามารถตรวจพบการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการได้ดีกว่ากรณีใช้ λ เป็นค่าอื่นโดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณี δ มีค่าน้อยจะเห็นผลค่อนข้างชัดเจนแต่เมื่อ δ มีค่ามาก ไม่ว่าจะใช้ λ ค่าใดก็ตามจะได้ว่าแผนภูมิควบคุมทั้ง 2 ชนิดสามารถตรวจพบการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการไม่แตกต่างกัน จึงเลือกแผนภูมิควบคุมทั้ง 2 ชนิด ที่สอดคล้องกับพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดของแต่ละแผนภูมิมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพกันดังผลปรากฏในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบค่า ARL_1 ที่มีค่าต่ำที่สุดของแผนภูมิควบคุม DEWMA และแผนภูมิควบคุม MFIR-EWMA

δ	n	ARL_1 ของแผนภูมิควบคุม	
		DEWMA	MFIR-EWMA
0.1	3	19.69*	68.49
	5	14.47*	39.37
	10	6.23*	14.35
	15	4.82*	10.93
	20	3.98*	8.64
	50	1.08*	1.82
0.3	3	1.43*	3.98
	5	1.10*	2.07
	10	1.00*	1.10
	15	1.00*	1.02
	20	1.00*	1.00*
	50	1.00*	1.00*
1	3	1.00*	1.00*
	5	1.00*	1.00*
	10	1.00*	1.00*
	15	1.00*	1.00*
	20	1.00*	1.00*
	50	1.00*	1.00*
2	3	1.00*	1.00*
	5	1.00*	1.00*
	10	1.00*	1.00*
	15	1.00*	1.00*
	20	1.00*	1.00*
	50	1.00*	1.00*

* หมายถึงค่า ARL_1 มีค่าต่ำที่สุด (พิจารณาตามแถว)

ผลจากการศึกษาเปรียบเทียบค่า ARL_1 ที่มีค่าต่ำที่สุดของแผนภูมิควบคุมทั้ง 2 ชนิด จากตารางที่ 3 สรุปได้ดังนี้ แผนภูมิควบคุม DEWMA มีประสิทธิภาพดีกว่าแผนภูมิควบคุม MFIR-EWMA เมื่อ $\delta =$ 0.1 สำหรับทุกขนาดตัวอย่าง n และ $\delta = 0.3$ สำหรับ $n = 3, 5, 10, 15$ นอกจากนี้แผนภูมิควบคุมทั้ง 2 ชนิดมีประสิทธิภาพในการตรวจพบความผิดปกติของกระบวนการได้ไม่แตกต่างกัน เมื่อ $\delta = 0.3$ สำหรับ $n = 20, 50$ และในทุกขนาดตัวอย่าง n เมื่อ $\delta \geq 1$

ในงานวิจัยนี้พบว่าค่าพารามิเตอร์ในการทำให้เรียบที่เหมาะสมซึ่งทำให้แผนภูมิควบคุมสามารถตรวจพบการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการได้ดีที่สุดของแผนภูมิควบคุม DEWMA และแผนภูมิควบคุม MFIR-EWMA คือ $\lambda = 0.1$ และถ้าขนาดการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการมีค่าเพิ่มขึ้นแล้ว ค่า ARL_1 ของทั้งสองแผนภูมิจะมีแนวโน้มลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของพิริยะ และคณะ[3] และ Haq *et al.*[6] ตามลำดับ นอกจากนี้แผนภูมิควบคุม MFIR-EWMA มีค่าพารามิเตอร์ในการทำให้เรียบที่เหมาะสมสอดคล้องกับแผนภูมิควบคุม FIR-EWMA ในงานวิจัยของ Steiner[10] และสัญชัย[4]

ถ้าขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้นค่า ARL_1 ของแผนภูมิควบคุม DEWMA จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการมีขนาดเล็ก และค่า ARL_1 มีแนวโน้มคงที่เมื่อการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการมีขนาดใหญ่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของพิริยะ และคณะ[3]

สรุป

ในงานวิจัยนี้พบว่า $\lambda = 0.1$ เป็นค่าที่เหมาะสมซึ่งทำให้แผนภูมิควบคุม DEWMA และแผนภูมิควบคุม MFIR-EWMA สามารถตรวจพบความผิดปรกติของกระบวนการได้ดีที่สุด และพบว่าแผนภูมิควบคุม DEWMA มีแนวโน้มให้ประสิทธิภาพในการตรวจพบการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการดีที่สุดในทุกสถานการณ์ นอกจากนี้แผนภูมิควบคุมทั้ง 2 ชนิดมีประสิทธิภาพในการตรวจพบความผิดปกติของกระบวนการได้ไม่แตกต่างกัน เมื่อ $\delta = 0.3$ ($n = 20, 50$) และในทุกขนาดตัวอย่าง n เมื่อ $\delta \geq 1$ ดังผลสรุปในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แผนภูมิควบคุมที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดสำหรับสถานการณ์ต่าง ๆ

δ	ขนาดตัวอย่าง (n)					
	3	5	10	15	20	50
0.1	DEWMA	DEWMA	DEWMA	DEWMA	DEWMA	DEWMA
0.3	DEWMA	DEWMA	DEWMA	DEWMA	ALL	ALL
1	ALL	ALL	ALL	ALL	ALL	ALL
2	ALL	ALL	ALL	ALL	ALL	ALL

ALL คือ แผนภูมิควบคุม DEWMA และแผนภูมิควบคุม MFIR-EWMA

ข้อเสนอแนะ

สามารถใช้ข้อมูลคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในกรณีที่ข้อมูลไม่ได้มีการแจกแจงปรกติ เช่น การแจกแจงแกมมา การแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง การแจกแจงที เป็นต้น เพื่อทดสอบความแกร่งของแผนภูมิควบคุม DEWMA และแผนภูมิควบคุม MFIR-EWMA นอกจากนี้ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมชนิดอื่นๆ ต่อไป ได้แก่ และแผนภูมิควบคุม VGWMA[5] และแผนภูมิควบคุม FIR-II-CUSUM[6] เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

1. ธันวา เจริญศิริ. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการตรวจค้นพบการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการระหว่างแผนภูมิควบคุมชิวฮาร์ท $\overline{X}$ และแผนภูมิควบคุมไม่อิงพารามิเตอร์ Arcsine EWMA ที่ใช้เครื่องหมาย [ปัญหาพิเศษปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต]. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา; 2554.
2. พนิดา เกตุชาติ. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างแผนภูมิควบคุมชิวฮาร์ท $\overline{X}$ และแผนภูมิควบคุมไม่อิงพารามิเตอร์ EWMA ที่ใช้เครื่องหมาย [ปัญหาพิเศษปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต]. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา; 2554.
3. พิริยะ ไหมสมบุญ, จณิสตา หงษ์คำเมือง, จุฑาภรณ์ สินสมบูรณ์ทอง. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมในการตรวจพบการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการสำหรับการแจกแจงปรกติ. ว.วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2560; 25: 907-917.
4. สัญชัย ทองสุกใส. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมคุณภาพในการตรวจพบการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการ [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2558.
5. Chiu WC. Generally weighted moving average control charts with fast initial response features. J Appl Stat 2009; 36: 255-75. 10.1080/02664760802443970
6. Haq A, Brown J, Moltchanova E. Improved fast initial response features for reliability exponentially weighted moving average and cumulative sum control charts. Qual Reliab Engng Int 2014: 3: 697- 710. 10.1002/qre.1521
7. Roberts SW. Control chart tests based on geometric moving averages. Technometrics 1959: 42: 97-102. 10.1080/00401706.1959.10489860
8. Shamma SE, Shamma AK. Development and evaluation of control charts using double exponentially weighted moving averages. Int J Qual Reliabil Manage 1992**:** 9: 18-25. 10.1108/02656719210018570
9. Shewhart WA. Economic control of quality manufactured product**.** Princeton: Van Nostrand Reinhold; 1924.
10. Steiner SH. EWMA control charts with time-varying control limits and fast initial response. J Qual Technol 1999: 31: 75-86. 10.1080/00224065.1999.11979899

[BS-O05] การหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับแผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิ 2 แผนภูมิ
Investigation of the Appropriate Parameters of Two Control Charts for the Number of Defects

จุฑาภรณ์ สินสมบูรณ์ทอง, ธิดาพร ศุภภากร, และกนกกร เจริญสรรพกิจ*
Juthaphorn Sinsomboonthong, Thidaporn Supapakorn, and Kanokkorn Charoensappakit*
ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: bring_1232@hotmail.co.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของแผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิ 2 ชนิด คือ แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบทั่วไปปัวซง (Poisson Generally Weighted Moving Average (PGWMA) Control Chart) และแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบทั่วไปสองครั้งปัวซง (Poisson Double Generally Weighted Moving Average (PDGWMA) Control Chart) สำหรับข้อมูลที่มีการแจกแจงปัวซง โดยข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้มาจากการจำลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล จำนวน 420 สถานการณ์ และมีการทำซ้ำ 10,000 ครั้งในแต่ละสถานการณ์ กำหนดให้จำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยเมื่อกระบวนการอยู่ในการควบคุม (μ_0) เท่ากับ 4 และ 8 และกำหนดขนาดการเปลี่ยนแปลงจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยของกระบวนการ (δ) เท่ากับ 0.06, 0.10, 0.20, 0.40, 0.60, 1.00 และ 1.80 ซึ่งเกณฑ์การเปรียบเทียบประสิทธิภาพ จะพิจารณาจากค่าความยาววิ่งเฉลี่ยเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม (ARL_1) ผลการวิจัยพบว่าค่าพารามิเตอร์ q และ θ ที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจพบการเปลี่ยนแปลงจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยของกระบวนการของแผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิทั้ง 2 ชนิด คือค่า q=0.90 และ θ=0.50 ในทุกสถานการณ์ นอกจากนี้เมื่อจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยของกระบวนการมีการเปลี่ยนแปลงไปจากค่าเป้าหมายมาก ค่าพารามิเตอร์ q มีค่ามาก และค่าพารามิเตอร์ในการปรับ θ มีค่าน้อยเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจพบการเปลี่ยนแปลงจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยของกระบวนการของแผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิทั้ง 2 ชนิด
คำสำคัญ: *แผนภูมิควบคุม, ค่าพารามิเตอร์, แผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิ, การแจกแจงปัวซง*

Abstract

The objective of this research was to investigate the appropriate parameters of two control charts–Poisson Generally Weighted Moving Average (PGWMA) and the Poisson Double Generally Weighted Moving Average (PDGWMA)–for the number of defects when the data were Poisson distributed. A simulation study was conducted 420 situations using Monte Carlo techniques with 10,000 repetitions for each situation. The studied factors consisted of the average numbers of defects (μ_0) for in-control process which were 4 and 8, and the process mean shifts (δ) which were 0.06, 0.10, 0.20, 0.40, 0.60, 1.00 and 1.80. The criterion for efficiency comparison was an out-of-control average run length (ARL_1). In addition, the large parameter q and the small adjusted parameter θ were appropriate for a large number of defects mean a shift from the target.
Keywords: *control chart, parameter, control chart for the number of defects, poisson distribution*

บทนำ

การควบคุมคุณภาพของสินค้าในกระบวนการผลิตให้ได้มาตรฐานในทางอุตสาหกรรมเป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับผู้ผลิต เพื่อลดอัตราการเกิดของเสียในกระบวนการผลิต และให้ผู้บริโภคเกิดความพึงพอใจต่อสินค้า ซึ่งเครื่องมือที่นิยมนำมาใช้ในการควบคุมคุณภาพของกระบวนการผลิต คือ แผนภูมิควบคุม โดยแผนภูมิควบคุมแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ แผนภูมิควบคุมสำหรับตัวแปร เป็นแผนภูมิควบคุมที่ใช้สำหรับควบคุมกระบวนการผลิตเมื่อข้อมูลของกระบวนการผลิตเป็นแบบต่อเนื่อง และแผนภูมิควบคุมสำหรับคุณลักษณะ เป็นแผนภูมิควบคุมที่ใช้สำหรับควบคุมกระบวนการผลิตเมื่อข้อมูลของกระบวนการผลิตเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง[1] ซึ่งแผนภูมิควบคุมมีความแตกต่างกันในการเลือกใช้งานตามลักษณะของข้อมูลคุณภาพของกระบวนการผลิต ถ้าข้อมูลที่เก็บมาจากกระบวนการผลิต สามารถวัดหน่วยของผลิตภัณฑ์เป็นเชิงปริมาณ เช่น น้ำหนัก ความยาว การแจกแจงที่เหมาะสม คือ การแจกแจงปกติ ส่วนถ้าข้อมูลที่เก็บมาจากกระบวนการผลิต ที่สามารถวัดหน่วยของผลิตภัณฑ์เป็นเชิงคุณลักษณะ เช่น รอยตำหนิต่อหน่วยพื้นที่ของผลิตภัณฑ์ หรือต่อหน่วยของการตรวจสอบ คือ เมื่อค่าสังเกตที่เก็บรวบรวมมาเป็นจำนวนรอยตำหนิต่อหน่วยพื้นที่ของผลิตภัณฑ์ หรือต่อหน่วยการตรวจสอบ การแจกแจงที่เหมาะสม คือ การแจกแจงปัวซง[2]

งานวิจัยนี้จะศึกษาแผนภูมิควบคุมคุณลักษณะสำหรับข้อมูลของกระบวนการผลิตที่มีการแจกแจงปัวซง ในกระบวนการควบคุมคุณภาพทำโดยการนับจำนวนรอยตำหนิของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละชิ้นงาน เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของแผนภูมิควบคุม ซึ่งแผนภูมิควบคุมถูกคิดค้นครั้งแรก โดย Shewhart[6] แต่แผนภูมิควบคุม Shewhart จะตรวจพบความผิดปกติของกระบวนการได้ดีเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการมาก ซึ่งในการควบคุมคุณภาพที่ดีนั้นแผนภูมิควบคุมควรจะตรวจพบการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการได้ไว เมื่อกระบวนการมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย เพื่อลดการเกิดของเสียในกระบวนการผลิต จึงมีผู้พัฒนาแผนภูมิควบคุมมาอย่างแพร่หลายเพื่อให้แผนภูมิควบคุมมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น โดยในปี ค.ศ. 2007 Sheu และ Chiu[4] ได้นำเสนอแผนภูมิควบคุม PGWMA พร้อมทั้งเปรียบเทียบประสิทธิภาพแผนภูมิควบคุม PGWMA ที่ใช้ค่าพารามิเตอร์ $q = 0.95$ และค่าพารามิเตอร์ในการปรับ $0.70 \le \theta \le 0.90$ กับแผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิ และแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบเลขชี้กำลังสองครั้งปัวซง (Poisson Double Exponentially Weighted Moving Average (PDEWMA) Control Chart) ผลการวิจัยพบว่าแผนภูมิควบคุม PGWMA มีประสิทธิภาพดีกว่าแผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิ และในกรณีที่การเปลี่ยนแปลงจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยของกระบวนการมีค่าสูงกว่าจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยเมื่อกระบวนการอยู่ในการควบคุม แผนภูมิควบคุม PGWMA จะมีประสิทธิภาพดีกว่าแผนภูมิควบคุม PDEWMA ส่วนในกรณีที่การเปลี่ยนแปลงจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยของกระบวนการมีค่าต่ำกว่าจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยเมื่อกระบวนการอยู่ในการควบคุม แผนภูมิควบคุม PDEWMA จะมีประสิทธิภาพดีกว่าแผนภูมิควบคุม PGWMA ต่อมาในปี ค.ศ. 2015 Shin และ Chiu[7] ได้นำเสนอแผนภูมิควบคุม PDGWMA และทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพแผนภูมิควบคุม PDGWMA ที่ใช้ค่าพารามิเตอร์ $0.50 \le q \le 0.95$ และค่าพารามิเตอร์ในการปรับ $0.50 \le \theta \le 1.00$ กับแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบเลขชี้กำลังปัวซง (Poisson Exponentially Weighted Moving Average (PEWMA) Control Chart) แผนภูมิควบคุม PDEWMA และแผนภูมิควบคุม PGWMA ผลการวิจัยพบว่าแผนภูมิควบคุม PDGWMA มีประสิทธิภาพดีกว่าแผนภูมิควบคุม PDEWMA และดีกว่าแผนภูมิควบคุม PGWMA ถ้าการเปลี่ยนแปลงจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยของกระบวนการมีค่าต่ำกว่าจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยเมื่อกระบวนการอยู่ในการควบคุม ถ้าการเปลี่ยนแปลงจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยของกระบวนการมีค่าสูงกว่าจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยเมื่อกระบวนการอยู่ในการควบคุมเล็กน้อย พบว่าแผนภูมิควบคุม PGWMA จะมีประสิทธิภาพดีกว่าแผนภูมิควบคุม

PDGWMA แต่ถ้าการเปลี่ยนแปลงจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยของกระบวนการมีค่าสูงกว่าจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยเมื่อกระบวนการอยู่ในการควบคุมมาก พบว่าแผนภูมิควบคุม PDGWMA จะมีประสิทธิภาพดีกว่าแผนภูมิควบคุม PGWMA

เนื่องจากทั้งแผนภูมิควบคุม PGWMA และแผนภูมิควบคุม PDGWMA ต่างก็มีประสิทธิภาพดีเมื่อจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยของกระบวนการมีการเปลี่ยนแปลงไปจากค่าเป้าหมาย ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงสนใจหาค่าของพารามิเตอร์ (q) และพารามิเตอร์ในการปรับ (θ) ที่เหมาะสมสำหรับแผนภูมิควบคุม PGWMA และแผนภูมิควบคุม PDGWMA

วัตถุประสงค์

เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ (q) และค่าพารามิเตอร์การปรับ (θ) ที่เหมาะสมสำหรับแผนภูมิควบคุม PGWMA และแผนภูมิควบคุม PDGWMA ในการตรวจพบการเปลี่ยนแปลงจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยของกระบวนการในสถานการณ์ต่างๆ

วิธีดำเนินการวิจัย

การหาค่าพารามิเตอร์ (q) และค่าพารามิเตอร์ในการปรับ (θ) ที่เหมาะสมของแผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิ 2 ชนิด คือ แผนภูมิควบคุม PGWMA และแผนภูมิควบคุม PDGWMA มีวิธีดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

1. กำหนดให้ข้อมูลมีการแจกแจงปัวซง

1.1 กำหนดค่าจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยเมื่อกระบวนการอยู่ในการควบคุม (μ_0) เท่ากับ 4 และ 8[4, 7]

1.2 กำหนดค่าจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยเมื่อกระบวนการอยู่นอกเหนือการควบคุม คือ $\mu_1 = \mu_0 + \delta\sigma$ โดยกำหนดขนาดการเปลี่ยนแปลงจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยของกระบวนการ (δ) เท่ากับ 0.06, 0.10, 0.20, 0.40, 0.60, 1.00 และ 1.80[2]

1.3 กำหนดค่าพารามิเตอร์ (q) และค่าพารามิเตอร์ในการปรับ (θ) ของแผนภูมิควบคุม PGWMA และแผนภูมิควบคุม PDGWMA คือ q เท่ากับ 0.50, 0.60, 0.70, 0.80, 0.90 และ θ เท่ากับ 0.50, 0.60, 0.70, 0.80, 0.90 และ 1[5]

2. จำลองข้อมูลสถานการณ์ต่างๆ ด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล คือ การใช้เทคนิคสุ่มตัวอย่างซ้ำ ๆ กัน เพื่อสร้างข้อมูลที่จำลองตามงานวิจัย[3] ซึ่งในแต่ละสถานการณ์ทำซ้ำ 10,000 ครั้ง เนื่องจากในงานวิจัยนี้กำหนดค่า ARL_0 เท่ากับ 370 และ $\mathrm{ARL}_0 = \frac{1}{\hat{\alpha}}$ เพราะฉะนั้น $\hat{\alpha} = 0.0027$ ซึ่งจำนวนรอบที่เหมาะสมและน้อยที่สุด ที่ทำให้ $\hat{\alpha} = 0.0027$ คือ 10,000 รอบ โดยใช้โปรแกรม R เวอร์ชัน 3.5.1

3. นำข้อมูลที่ได้จากการจำลองข้อ 1 มาสร้างแผนภูมิควบคุม PGWMA และแผนภูมิควบคุม PDGWMA ดังนี้

3.1 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบทั่วไปปัวซง (PGWMA Control Chart)

ตัวสถิติของแผนภูมิควบคุม PGWMA คือ $Y_t = \sum_{j=1}^{t}\left(q^{(j-1)^\theta} - q^{j^\theta}\right)X_{t-j+1} + q^{t^\theta}\mu_0$ เมื่อกำหนดให้ $Y_0 = \mu_0$, μ_0 คือจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยเมื่อกระบวนการอยู่ในการควบคุม, X_t คือ จำนวนรอยตำหนิที่เกิดขึ้นของกลุ่มย่อยที่ t โดย $t = 1, 2, 3, \ldots$, q คือ ค่าพารามิเตอร์ โดยที่ $0 \le q < 1$, θ คือ ค่าพารามิเตอร์ในการปรับ โดยที่ $\theta > 0$ และขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุม PGWMA คือ $UCL_t = \mu_0 + L_1\sqrt{Q_t\mu_0}$, $CL_t = \mu_0$, $LCL_t = \max\left\{0, \mu_0 - L_1\sqrt{Q_t\mu_0}\right\}$ เมื่อ L_1 คือ ค่า

สัมประสิทธิ์ความกว้างของขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุม PGWMA และ $Q_t = \sum_{j=1}^{t}\left(q^{(j-1)^\theta} - q^{j^\theta}\right)^2$ โดย $t = 1, 2, 3, \ldots$

3.2 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบทั่วไปสองครั้งปัวซง (PDGWMA Control Chart)

ตัวสถิติของแผนภูมิควบคุม PDGWMA คือ $Z_t = \sum_{j=1}^{t} w_j X_{t-j+1} + \left(1 - \sum_{j=1}^{t} w_j\right)\mu_0$ เมื่อกำหนดให้ $Z_0 = \mu_0$, μ_0 คือ จำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยเมื่อกระบวนการอยู่ในการควบคุม, X_t คือ จำนวนรอยตำหนิที่เกิดขึ้นของกลุ่มย่อยที่ t, w_j คือ $\sum_{i=1}^{j} p_i p_{j-i+1}$ เมื่อ p คือ ค่าพารามิเตอร์ถ่วงน้ำหนักโดยที่ $p_i = q^{(i-1)^\theta} - q^{i^\theta}$ และ $p_{j-i+1} = q^{(j-i)^\theta} - q^{(j-i+1)^\theta}$ และขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุม PDGWMA คือ $UCL = \mu_0 + L_2\sqrt{Var(Z_t)}$, $CL = \mu_0$, $LCL = \max\left\{0, \mu_0 - L_2\sqrt{Var(Z_t)}\right\}$, L_2 คือ สัมประสิทธิ์ความกว้างของขีดจำกัดควบคุม PDGWMA และ $Var(Z_t) = \lim_{t\to\infty}\left(\sum_{j=1}^{t} w_j^2\sigma^2\right)$

จะเลือกค่า L_1 และ L_2 โดยจำลองข้อมูลภายใต้สถานการณ์ต่าง ๆ ถ้าค่า L_1 และ L_2 คือ ค่าคงที่ที่ทำให้ ARL_0 เท่ากับ 370 โดยประมาณ

4 หาผลรวมค่าสถิติของแผนภูมิควบคุมที่ออกนอกขีดจำกัดควบคุม

4.1 กรณีจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยเมื่อกระบวนการอยู่ในการควบคุม ทำซ้ำในข้อ 1(1.1) ถึง ข้อ 3 จำนวน 10,000 รอบ แล้วนับจำนวนค่าสถิติของแผนภูมิควบคุมที่ออกนอกขีดจำกัดควบคุมทั้งหมด

4.2 กรณีจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยเมื่อกระบวนการอยู่นอกเหนือการควบคุม ทำซ้ำในข้อ 1(1.2) ถึง ข้อ 3 จำนวน 10,000 รอบ แล้วนับจำนวนค่าสถิติของแผนภูมิควบคุมที่ออกนอกขีดจำกัดควบคุมทั้งหมด

5 คำนวณค่าความยาววิ่งเฉลี่ย (ARL) ดังนี้

5.1 การหาค่าความยาววิ่งเฉลี่ยเมื่อกระบวนการอยู่ในการควบคุม (ARL_0) นำค่าที่ได้จากข้อที่ 4.1 มาหารด้วย 10,000 รอบ จะได้ค่าประมาณความน่าจะเป็นที่ข้อมูลออกนอกขีดจำกัดควบคุม $(\hat{\alpha})$ เมื่อกระบวนการผลิตอยู่ในการควบคุม สามารถประมาณค่า ARL_0 ได้จาก $\frac{1}{\hat{\alpha}}$

5.2 การหาค่าความยาววิ่งเฉลี่ยเมื่อกระบวนการอยู่นอกเหนือการควบคุม $\left(\mathrm{ARL}_1\right)$ นำค่าที่ได้จากข้อที่ 4.2 มาหารด้วย 10,000 รอบจะได้ค่าประมาณความน่าจะเป็นที่แผนภูมิควบคุมตรวจพบว่ากระบวนการผลิตออกนอกการควบคุม $(1-\beta)$ เพื่อนำมาหาค่าประมาณความยาววิ่งเฉลี่ยเมื่อกระบวนการอยู่นอกเหนือการควบคุม ได้จาก $\frac{1}{(1-\beta)}$ โดยแผนภูมิควบคุมใดที่ให้ ค่า ARL_1 น้อยที่สุด จะถือว่าแผนภูมิควบคุมนั้นมีประสิทธิภาพดีที่สุด

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้หาค่าพารามิเตอร์ (q) และค่าพารามิเตอร์ในการปรับ (θ) ที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจพบการเปลี่ยนแปลงจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยของกระบวนการในสถานการณ์ต่าง ๆ ของแผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิ 2 ชนิด คือ แผนภูมิควบคุม PGWMA และแผนภูมิควบคุม PDGWMA โดยจำลองข้อมูลจากสถานการณ์ที่แตกต่างกันทั้งหมด 420 สถานการณ์ และทำการเปรียบเทียบค่าความยาววิ่งเฉลี่ย $\left(\mathrm{ARL}_1\right)$ ในกรณีที่เกิดการเปลี่ยนแปลงจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยของกระบวนการ

จากตารางที่ 1 พบว่าค่า $q=0.90$ และ $\theta=0.50$ เป็นค่าที่มีแนวโน้มให้ประสิทธิภาพในการตรวจพบการเปลี่ยนแปลงจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยของกระบวนการดีสำหรับแผนภูมิควบคุม PGWMA ในทุกสถานการณ์ และยังพบว่าเมื่อ $\delta=1.00$ ค่า $q=0.90$ และ θ มีค่าตั้งแต่ 0.50 ถึง 0.70 เป็นค่าที่มีแนวโน้มให้ประสิทธิภาพในการตรวจพบการเปลี่ยนแปลงจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยของกระบวนการดีสำหรับแผนภูมิควบคุม PGWMA และเมื่อ $\delta=1.80$ ค่า $q=0.80$ และ θ มีค่าตั้งแต่ 0.50 ถึง 0.70 และเมื่อค่า $q=0.90$ และ θ มีค่าตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.00 เป็นค่าที่มีแนวโน้มให้ประสิทธิภาพในการตรวจพบการเปลี่ยนแปลงของจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยของกระบวนการดีสำหรับแผนภูมิควบคุม PGWMA

ตารางที่ 1 ค่า ARL_1 ของแผนภูมิควบคุม PGWMA เมื่อ $\mu_0=8$

δ	q	θ					
		0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
0.06	0.50	263.16	238.09	238.09	238.09	227.27	238.09
	0.60	232.56	243.90	256.41	238.09	243.90	243.90
	0.70	256.41	243.90	238.09	217.39	217.39	232.56
	0.80	185.19	172.41	175.44	181.82	192.31	208.33
	0.90	99.01*	112.36	151.52	192.31	163.93	232.56
0.10	0.50	217.39	208.33	196.08	185.19	161.29	163.93
	0.60	196.08	172.41	178.57	185.19	185.19	178.57
	0.70	175.44	156.25	161.29	158.73	166.67	175.44
	0.80	114.94	107.53	121.95	126.58	129.87	161.29
	0.90	47.85*	57.14	82.64	107.53	97.09	138.89

0.20	0.50	131.58	133.33	128.21	113.64	103.09	105.26
	0.60	112.36	98.04	102.04	102.04	111.11	108.69
	0.70	90.09	85.47	81.97	77.52	85.47	97.09
	0.80	46.95	48.54	58.14	60.24	68.97	83.33
	0.90	11.33*	16.10	26.32	37.45	42.74	58.82
0.40	0.50	54.35	52.91	50.76	49.50	46.95	47.62
	0.60	37.74	35.97	39.06	40.82	42.37	42.55
	0.70	24.75	25.57	26.25	27.10	30.12	32.47
	0.80	10.11	11.38	14.16	15.65	18.69	24.27
	0.90	1.89*	2.55	3.95	5.76	7.18	10.53
0.60	0.50	24.09	24.39	24.09	24.57	23.87	24.63
	0.60	16.78	16.45	17.69	18.38	19.57	19.19
	0.70	9.51	10.00	10.56	11.25	12.61	14.25
	0.80	3.34	3.85	4.82	5.59	6.59	8.22
	0.90	1.06*	1.18	1.47	1.92	2.33	3.26
1.00	0.50	7.18	7.39	7.45	7.57	7.48	7.64
	0.60	4.43	4.44	4.82	5.13	5.49	5.63
	0.70	2.42	2.58	2.76	2.95	3.28	3.65
	0.80	1.19	1.29	1.46	1.62	1.85	2.19
	0.90	1.00*	1.00*	1.00*	1.02	1.07	1.18

δ	q	θ					
		0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
1.80	0.50	1.78	1.82	1.85	1.89	1.92	1.95
	0.60	1.29	1.32	1.38	1.43	1.48	1.53
	0.70	1.04	1.06	1.08	1.11	1.16	1.21
	0.80	1.00*	1.00*	1.00*	1.01	1.01	1.03
	0.90	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*

* ค่าตัวเลข = ค่า ARL_1 ต่ำที่สุดของแผนภูมิควบคุม PDGWMA (พิจารณาตาม δ ที่เปลี่ยนแปลง)

จากตารางที่ 2 พบว่า ค่า $q = 0.90$ และ $\theta = 0.50$ เป็นค่าที่มีแนวโน้มให้ประสิทธิภาพในการตรวจพบการเปลี่ยนแปลงจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยของกระบวนการดีสำหรับแผนภูมิควบคุม PDGWMA ในทุกสถานการณ์ เมื่อ $\delta = 0.40$ ค่า $q = 0.90$ และ θ มีค่าตั้งแต่ 0.50 ถึง 0.60 เป็นค่าที่มีแนวโน้มให้ประสิทธิภาพในการตรวจพบการเปลี่ยนแปลงจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยของกระบวนการดีสำหรับแผนภูมิควบคุม PDGWMA เมื่อ $\delta = 0.60$ ค่า $q = 0.80$ และ $\theta = 0.50$ ค่า $q = 0.90$ และ θ มีค่าตั้งแต่ 0.50 ถึง 0.70 เป็นค่าที่มีแนวโน้มให้ประสิทธิภาพในการตรวจพบการเปลี่ยนแปลงจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยของกระบวนการดีสำหรับแผนภูมิควบคุม PDGWMA เมื่อ $\delta = 1.00$ ค่า $q = 0.70$ และ $\theta = 0.50$, $q = 0.80$ และ

θ มีค่าตั้งแต่ 0.50 ถึง 0.70 และ $q = 0.90$ และ θ มีค่าตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.00 เป็นค่าที่มีแนวโน้มให้ประสิทธิภาพในการตรวจพบการเปลี่ยนแปลงจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยของกระบวนการดีสำหรับแผนภูมิควบคุม PDGWMA และเมื่อ $\delta = 1.80$ ค่า $q = 0.60$ และ θ มีค่าตั้งแต่ 0.50 ถึง 0.60 $q = 0.70$ และ θ มีค่าตั้งแต่ 0.50 ถึง 0.90 $q = 0.80, 0.90$ และ θ มีค่าตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.00 เป็นค่าที่มีแนวโน้มให้ประสิทธิภาพในการตรวจพบการเปลี่ยนแปลงจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยของกระบวนการดีสำหรับแผนภูมิควบคุม PDGWMA

ตารางที่ 2 ค่า ARL_1 ของแผนภูมิควบคุม PDGWMA เมื่อ $\mu_0 = 8$

δ	q	θ					
		0.50	**0.60**	**0.70**	**0.80**	**0.90**	**1.00**
0.06	0.50	188.68	204.08	208.33	263.16	250.00	250.00
	0.60	151.52	196.08	227.27	263.16	277.78	263.16
	0.70	192.31	172.41	227.27	208.33	232.56	238.09
	0.80	140.85	161.29	172.41	169.49	181.82	175.44
	0.90	20.79*	60.61	84.75	129.87	172.41	163.93
0.10	0.50	133.33	147.06	158.73	192.31	188.68	175.44
	0.60	89.29	125.00	138.89	169.49	217.39	212.77
	0.70	93.46	95.24	125.00	138.89	158.73	151.52
	0.80	66.67	104.17	108.69	120.48	126.58	125
	0.90	5.20*	22.68	49.26	96.15	108.69	94.34
δ	q	θ					
		0.50	**0.60**	**0.70**	**0.80**	**0.90**	**1.00**
0.20	0.50	63.29	68.97	78.13	101.01	104.17	106.38
	0.60	43.48	59.17	71.43	90.90	103.09	100.00
	0.70	30.03	38.17	54.35	68.49	89.29	90.09
	0.80	9.72	23.75	38.61	46.08	55.56	65.36
	0.90	1.09*	2.49	6.89	22.73	38.91	41.67
0.40	0.50	18.94	22.27	24.94	30.21	32.79	34.48
	0.60	8.94	13.04	16.98	24.21	29.33	29.49
	0.70	4.15	5.88	9.17	12.79	17.99	22.03
	0.80	1.37	2.49	4.18	5.89	8.27	11.31
	0.90	1.00*	1.00*	1.19	1.94	3.47	4.71

0.60	0.50	7.01	8.29	9.68	11.95	13.46	14.18
	0.60	2.98	4.29	5.66	7.72	9.98	10.68
	0.70	1.49	1.99	2.91	3.99	5.65	6.92
	0.80	1.00*	1.13	1.47	1.95	2.02	3.54
	0.90	1.00*	1.00*	1.00*	1.06	1.28	1.59
1.00	0.50	1.97	2.25	2.58	3.09	3.49	3.85
	0.60	1.16	1.38	1.62	2.00	2.43	2.68
	0.70	1.00*	1.03	1.13	1.29	1.57	1.83
	0.80	1.00*	1.00*	1.00*	1.02	1.09	1.22
	0.90	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*
1.80	0.50	1.02	1.04	1.07	1.13	1.18	1.23
	0.60	1.00*	1.00*	1.01	1.02	1.05	1.08
	0.70	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*	1.01
	0.80	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*
	0.90	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*	1.00*

* ค่าตัวเลข = ค่า ARL_1 ต่ำที่สุดของแผนภูมิควบคุม PDGWMA (พิจารณาตาม δ ที่เปลี่ยนแปลง)

จากตารางที่ 1 และตารางที่ 2 พบว่า เมื่อ q มีค่าคงที่ และ θ มีค่าเพิ่มขึ้น ค่า ARL_1 ของแผนภูมิควบคุม PGWMA ส่วนใหญ่จะมีแนวโน้มให้ค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้เมื่อ θ มีค่าคงที่ และ q มีค่าเพิ่มขึ้น จะพบว่าค่า ARL_1 ของแผนภูมิควบคุม PGWMA จะมีแนวโน้มลดลง เมื่อ $\delta = 1.80$ พบว่าที่ $q = 0.90$ ทุกค่า θ แผนภูมิควบคุม PGWMA และแผนภูมิควบคุม PDGWMA จะมีประสิทธิภาพในการตรวจพบการเปลี่ยนแปลงจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยของกระบวนการไม่แตกต่างกัน

จากตารางที่ 3 ในกรณีที่จำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยเมื่อกระบวนการอยู่ในการควบคุม (μ_0) เท่ากับ 4 พบว่าค่าพารามิเตอร์ (q) และค่าพารามิเตอร์ในการปรับ (θ) ที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจพบการเปลี่ยนแปลงของจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยของกระบวนการของแผนภูมิควบคุม PGWMA และแผนภูมิควบคุม PDGWMA มีแนวโน้มไปในทำนองเดียวกันกับกรณีที่จำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยเมื่อกระบวนการอยู่ในการควบคุม (μ_0) เท่ากับ 8 ในเกือบทุกสถานการณ์ ยกเว้นในกรณีที่ขนาดการเปลี่ยนแปลงจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยของกระบวนการมาก $(0.60 \le \delta \le 1.80)$ ของแผนภูมิควบคุม PDGWMA จะมีค่าพารามิเตอร์ (q) และค่าพารามิเตอร์ในการปรับ (θ) ที่เหมาะสมในการตรวจพบการเปลี่ยนแปลงของจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยของกระบวนการลดลงในบางสถานการณ์ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ จำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยเมื่อกระบวนการอยู่ในการควบคุม (μ_0) ไม่มีผลต่อค่าพารามิเตอร์ (q) และค่าพารามิเตอร์ในการปรับ (θ) ในการตรวจพบการเปลี่ยนแปลงของจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยของกระบวนการสำหรับแผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิทั้ง 2 ชนิด

ตารางที่ 3 ค่าพารามิเตอร์ (q) และค่าพารามิเตอร์ในการปรับ (θ) ของแผนภูมิควบคุม PGWMA และแผนภูมิควบคุม PDGWMA ที่ดีที่สุดในสถานการณ์ต่าง ๆ

δ	ค่าพารามิเตอร์ของแผนภูมิควบคุม			
	$\mu_0 = 4$		$\mu_0 = 8$	
	แผนภูมิควบคุม PGWMA	**แผนภูมิควบคุม PDGWMA**	**แผนภูมิควบคุม PGWMA**	**แผนภูมิควบคุม PDGWMA**
0.06	$q = 0.90(\theta = 0.50)$ [96.15]	$q = 0.90(\theta = 0.50)$ **[18.48]**	$q = 0.90(\theta = 0.50)$ [99.01]	$q = 0.90(\theta = 0.50)$ **[20.79]**
0.10	$q = 0.90(\theta = 0.50)$ [52.63]	$q = 0.90(\theta = 0.50)$ **[4.87]**	$q = 0.90(\theta = 0.50)$ [47.85]	$q = 0.90(\theta = 0.50)$ **[5.20]**
0.20	$q = 0.90(\theta = 0.50)$ [12.80]	$q = 0.90(\theta = 0.50)$ **[1.09]**	$q = 0.90(\theta = 0.50)$ [11.33]	$q = 0.90(\theta = 0.50)$ **[1.09]**
0.40	$q = 0.90(\theta = 0.50)$ [2.00]	$q = 0.90(0.50 \le \theta \le 0.60)$ **[1.00]**	$q = 0.90(\theta = 0.50)$ [1.89]	$q = 0.90(0.50 \le \theta \le 0.60)$ **[1.00]**
0.60	$q = 0.90(\theta = 0.50)$ [1.08]	$q = 0.80(\theta = 0.50)$ $q = 0.90(0.50 \le \theta \le 0.70)$ **[1.00]**	$q = 0.90(\theta = 0.50)$ [1.06]	$q = 0.80(\theta = 0.50)$ $q = 0.90(0.50 \le \theta \le 0.70)$ **[1.00]**
1.00	$q = 0.90(0.50 \le \theta \le 0.70)$ **[1.00]**	$q = 0.70(\theta = 0.50)$ $q = 0.80(0.50 \le \theta \le 0.70)$ $q = 0.90(0.50 \le \theta \le 0.90)$ **[1.00]**	$q = 0.90(0.50 \le \theta \le 0.70)$ **[1.00]**	$q = 0.70(\theta = 0.50)$ $q = 0.80(0.50 \le \theta \le 0.70)$ $q = 0.90(\theta = \text{ALL})$ **[1.00]**
1.80	$q = 0.80(0.50 \le \theta \le 0.70)$ $q = 0.90(\theta = \text{ALL})$ **[1.00]**	$q = 0.60(0.50 \le \theta \le 0.60)$ $q = 0.70(0.50 \le \theta \le 0.80)$ $q = 0.80(\theta = \text{ALL})$ $q = 0.90(\theta = \text{ALL})$ **[1.00]**	$q = 0.80(0.50 \le \theta \le 0.70)$ $q = 0.90(\theta = \text{ALL})$ **[1.00]**	$q = 0.60(0.50 \le \theta \le 0.60)$ $q = 0.70(0.50 \le \theta \le 0.90)$ $q = 0.80(\theta = \text{ALL})$ $q = 0.90(\theta = \text{ALL})$ **[1.00]**

***** ค่าใน [ ] = ค่า ARL_1 ของแผนภูมิควบคุมที่ดีที่สุดในสถานการณ์ต่าง ๆ

ALL = $0.50 \le \theta \le 1.00$

ในงานวิจัยนี้ พบว่าแผนภูมิควบคุม PGWMA และแผนภูมิควบคุม PDGWMA ที่ค่าพารามิเตอร์ $q = 0.90$ และค่าพารามิเตอร์การทำให้เรียบ $\theta = 0.50$ เป็นค่าที่มีประสิทธิภาพในการตรวจพบการเปลี่ยนแปลงจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยของกระบวนการได้ดีที่สุด และเมื่อขนาดการเปลี่ยนแปลงจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยของกระบวนการ (δ) มีค่าเพิ่มขึ้นแผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิทั้ง 2 ชนิด จะมีค่า ARL_1 ลดลง ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sheu และ Chiu[4] และงานวิจัยของ Shin และ Chiu[7]

เนื่องจากในงานวิจัยนี้ พบว่าแผนภูมิควบคุม PDGWMA มีประสิทธิภาพดีที่สุดในเกือบทุกสถานการณ์ ดังนั้นผู้สนใจสามารถนำแผนภูมิควบคุม PDGWMA ที่ค่าพารามิเตอร์ $(q = 0.90)$ และค่าพารามิเตอร์การทำให้เรียบ $(\theta = 0.50)$ ไปใช้ตรวจสอบคุณภาพของกระบวนการผลิตแทนแผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิ ซึ่งจะทำให้สามารถตรวจพบของเสียได้เร็วขึ้น เมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม ไม่ให้ผลิตภัณฑ์มีข้อบกพร่องหรือเสียหายจากกระบวนการส่งถึงมือผู้บริโภค

สรุป

ผลการศึกษาพบว่าค่าพารามิเตอร์ $q = 0.90$ และค่าพารามิเตอร์การทำให้เรียบ $\theta = 0.50$ เป็นค่าที่มีประสิทธิภาพในการตรวจพบการเปลี่ยนแปลงจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยของกระบวนการดีที่สุดสำหรับแผนภูมิควบคุม PGWMA และแผนภูมิควบคุม PDGWMA ในทุกสถานการณ์ และเมื่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยของกระบวนการมีขนาดมาก ค่าพารามิเตอร์ q มีค่ามาก และค่าพารามิเตอร์ในการปรับ θ มีค่าน้อยเป็นค่าที่มีประสิทธิภาพในการตรวจพบการเปลี่ยนแปลงจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยของกระบวนการดีที่สุด และพบว่าจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยของกระบวนการ (μ_0) ไม่มีผลต่อค่าพารามิเตอร์ (q) และค่าพารามิเตอร์ในการปรับ (θ) ในการตรวจพบการเปลี่ยนแปลงจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยของกระบวนการ และได้ว่าแผนภูมิควบคุม PDGWMA มีประสิทธิภาพในการตรวจพบการเปลี่ยนแปลงจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ยของกระบวนการดีกว่าแผนภูมิควบคุม PGWMA ในทุกสถานการณ์

เอกสารอ้างอิง

1. จุฑาภรณ์ สินสมบูรณ์ทอง. การควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: จามจุรี โปรดักส์; 2558.
2. มาริษา นาคใหม่. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมสำหรับจำนวนรอยตำหนิ [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: เกษตรศาสตร์; 2558.
3. Solutioncenter minitab. เข้าใจแบบจำลองมอนติคาร์โลผ่านตัวอย่าง (Understanding Monte Carlo Simulation with an Example) [Internet]. 2016 [cited19 May 16]. Available from: http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php?%20%20%20%20%20bookID=3223&read=true&count=true
4. Sheu SH, Chiu WC. Poisson GWMA control chart. Commun. Stat. Simul. Comp. 2007;36(5):1099-114. 10.1080/ 03610910701540037
5. Sheu SH, Lin TC. The generally weighted moving average control chart for detecting small shifts in the process mean. Qual. Eng. 2003;16(2):209-31. 10.1081/QEN-120024009
6. Shewhart, W.A. 1924. Economic control of quality manufactured product. Princeton: Van Nostrand Reinhold; 1924.
7. Shin LL, Chiu WC. On the steady-state performance of the poisson double GWMA control chart. Qual. Technol. Quant. Manage. 2015;12(2):195-208. 10.1080/16843703.2015.11673376

[BS-O06] ตัวแปรทำนายล่วงหน้าหลายคาบเวลาแบบบูตสแทร็ปอย่างง่ายโดยอิงการทดสอบรากหนึ่งหน่วยสำหรับกระบวนการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง

Simple Bootstrap Multi-step Ahead Predictor Based on a Unit Root Test for the First-Order Autoregressive Process

วราฤทธิ์ พานิชกิจโกศลกุล*
Wararit Panichkitkosolkul*
สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: wararit@mathstat.sci.tu.ac.th*

บทคัดย่อ

ตัวแปรทำนายโดยอิงแนวคิดของเกาส์เซียนสำหรับข้อมูลอนุกรมเวลามีความเหมาะสม เมื่อการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนสุ่มมีการแจกแจงปรกติ วิธีบูตสแทร็ปเป็นทางเลือกหนึ่งเมื่อความคลาดเคลื่อนสุ่มไม่มีการแจกแจงปรกติ งานวิจัยที่นำเสนอเมื่อไม่นานมานี้ได้นำเสนอวิธีบูตสแทร็ปอย่างง่ายซึ่งไม่ขึ้นกับตัวแบบของอนุกรมเวลา ยิ่งไปกว่านั้นยังมีหลักฐานเชิงจำลองหลายชิ้นที่สนับสนุนว่าการทดสอบรากหนึ่งหน่วยสามารถนำมาใช้และปรับปรุงประสิทธิภาพของตัวแปรทำนายและช่วงการทำนาย ในบทความวิจัยนี้ได้พัฒนาตัวแปรทำนายล่วงหน้าหลายคาบเวลาแบบบูตสแทร็ปอย่างง่ายสำหรับกระบวนการถดถอยในตัวอันดับที่หนึ่ง และเปรียบเทียบค่าประมาณของค่าสัมบูรณ์ของความเอนเอียง $(|bias|)$ และความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยเชิงทำนาย $(PMSE)$ ของตัวแปรทำนายล่วงหน้าหลายคาบเวลาแบบบูตสแทร็ปอย่างง่าย (SB) และตัวแปรทำนายล่วงหน้าหลายคาบเวลาแบบบูตสแทร็ปอย่างง่ายโดยอิงการทดสอบรากหนึ่งหน่วย (SBU) โดยใช้เทคนิคการจำลองแบบมอนติคาร์โล ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าค่าประมาณของ $|bias|$ และ $PMSE$ ของตัวแปรทำนายแบบ SBU มีค่าน้อยกว่าค่าเหล่านี้ของตัวแปรทำนาย SB เมื่อกระบวนการเกือบคงที่หรือคงที่

คำสำคัญ: *วิธีบูตสแทร็ป, การทำนาย, การจำลอง, อนุกรมเวลา, การทดสอบรากหนึ่งหน่วย*

Abstract

The Gaussian-based predictors for time series work reasonably well when the distribution of random errors is a normal distribution. An alternative method is the bootstrap approach when random errors are not normally distributed. Recent work has presented a simple and model-free bootstrap method for time series. Furthermore, there is a significant amount of simulation evidence showing that preliminary unit root tests may be used to improve the efficiency of a predictor and prediction interval. In this paper, new multi-step ahead predictors based on a unit root test using the simple bootstrap method for the first-order autoregressive model are discussed. The estimated absolute of bias $(|bias|)$ and prediction mean square error $(PMSE)$ of the simple bootstrap multi-step ahead predictor (SB) and simple bootstrap multi-step ahead predictor based on a unit root test (SBU) are compared via Monte Carlo simulation studies. Simulation results have shown that the estimated $|bias|$ and $PMSE$ of the SBU predictor are less than that of the SB predictor when the process is near non-stationary and non-stationary.

Keywords: *bootstrap approach, prediction, simulation, time series, unit root test*

Introduction

One of the main objectives in time series analysis is to forecast the future values and compute predictors based on past observations. The classical method for computing the predictor was proposed by Box and Jenkins[1]. This method is based on the normality assumption for random errors and it does not take into account the variability caused by the estimation of the model parameters[2]. There is some evidence shown by Thombs and Schucany[3] that the classical method performs poorly when the distribution of random errors is skewed bimodal. Chatfield[4] also provided a critique regarding the failure of the classical method when the errors depart from a normal distribution. Additionally, Stine[5], as well as Thombs and Schucany[6], showed how violations of this assumption adversely affect the coverage probability. Bootstrap approaches[6] have been proposed as an alternative in order to deal with this problem. Several authors have established the relative advantages of the bootstrap method over the classical method for calculating prediction intervals for stationary processes (see Masarotto[7], Kabaila[8], Breidt et al.[9], Grigoletto[2], Kim[10-13]). Recently, Cai and Davies[14] presented a simple bootstrap method for time series. This proposed method is model-free and easy to implement, and it can be applied to stationary and non-stationary time series. Based on a simple bootstrap method, the bootstrap confidence intervals of the model parameters are on average narrower than the confidence intervals obtained using the maximum likelihood estimation method.

We are interested in constructing predictors for the first-order autoregressive (AR(1)) process. The first-order autoregressive process is given by

$$Y_t = \mu + \phi(Y_{t-1} - \mu) + e_t, \tag{1}$$

where μ is the mean of the process, ϕ is the autoregressive parameter and e_t are a sequence of independent and identically distributed (i.i.d.) random variables from a distribution with zero mean and variance σ_e^2. Equation (1) is called a stationary AR(1) process if and only if $|\phi| < 1$, otherwise it is called a non-stationary process. If $\phi = 1$, then the Equation (1) is called a random walk process, which is non-stationary. The random walk process is given by $Y_t = Y_{t-1} + e_t$. In the case of a near non-stationary process, the mean and variance of this process change over time. In practice, a major problem is distinguishing between stationary and non-stationary process. A unit root test can be applied to select between these two processes[15]. A great deal of simulation evidence shows that a preliminary unit root test can help to improve the efficiency of a predictor and prediction interval from a near non-stationary and a non-stationary process. For example, Diebold and Kilian[16] used unit root tests as diagnostic tools for selecting forecasting models that give superior predictors. Additionally, Niwitpong[17-18] has also shown that a one-step-ahead predictor and a prediction interval for an AR(1) process with drift can be improved by using preliminary unit root tests in the case of a near non-stationary process. Panichkitkosolkul and Niwitpong[15] proposed three multi-step-ahead prediction intervals for the Gaussian autoregressive processes by considering the result of hypothesis testing for a unit root.

The Objective of the Study

In this paper, our main objective is to apply the ideas of the aforementioned authors so as to develop new multi-step-ahead bootstrap predictors for the first-order autoregressive process using the simple bootstrap method of Cai and Davies[14].

Dickey-Fuller Test[19]

The predictors for a near non-stationary AR(1) process; i.e. $|\phi| \to 1,$ are similar to those from a random walk process. However, there are many differences between the predictors from these two processes. Therefore, we apply testing for a unit root to select between a stationary process and a random walk process, which enables us to construct a predictor for (1) following the results of the hypothesis testing. The null hypothesis; H_0 and the alternative hypothesis; H_1 are as follows:

$$H_0 : \phi = 1$$

and

$$H_1 : \phi < 1.$$

In what follows, we shall briefly describe the contexts of the Dickey-Fuller test for testing the above hypothesis. Dickey and Fuller[19] proposed two test statistic for the unit root hypothesis. One of the two unit root tests uses the test statistic

$$\hat{\tau} = \frac{\hat{\phi} - 1}{SE(\hat{\phi})}, \tag{2}$$

where $\hat{\phi} = \dfrac{\sum_{t=1}^{n-1}(Y_t - \bar{Y})(Y_{t+1} - \bar{Y})}{\sum_{t=1}^{n-1}(Y_t - \bar{Y})^2}$, $SE(\hat{\phi}) = \dfrac{\hat{\sigma}_e}{\sqrt{\sum_{t=1}^{n-1}(Y_t - \bar{Y})^2}}$ and $\hat{\sigma}_e^2 = \dfrac{\sum_{t=2}^{n}(Y_t - \bar{Y} - \hat{\phi}(Y_{t-1} - \bar{Y}))^2}{n-2}$. The percentiles of the empirical of $\hat{\tau}$ given in (2) were estimated using simulation. They are tabulated in Table B.6 (Case 2) of Hamilton[20]. The null hypothesis H_0 is rejected if the $\hat{\tau}$ test statistic is less than the corresponding percentile in that table.

Simple Bootstrap Method for Time Series

The simple bootstrap method for time series proposed by Cai and Davies[14] can be summarized as follows:

Suppose an observed time series is given by $X_1, X_2, ..., X_n$. Let T_i $(i = 1, ..., m)$ be the thresholds such that $-\infty < T_1 < T_2 < \cdots < T_{m-1} < T_m < \infty$. The values of the thresholds can be decided as follows. Let $h = 1/m,$ then $T_i = (ih)^{\text{th}}$ quantile of $X_1, X_2, ..., X_n$ for $i = 1, ..., m-1,$ and $T_m = \infty.$

Let $Y_t = i$ if i is the smallest value such that $X_t \le T_i$. Then, this method consists of the following steps.

1. Turn the time series X_t into a process Y_t. For example, suppose X_t is given by

X_t : 11.14, 11.29, 10.41, 10.31, 11.95, 10.45, 9.65, 9.47, 10.50, 8.40, 9.31, 11.54, 9.97, 9.25, 8.41, 9.13, 10.64, 8.70, 10.22, 10.34.

Let $m = 3,$ then we have $T_1 = 9.53, T_2 = 10.44, T_3 = \infty.$ Thus, the corresponding Y_t process is given by

Y_t : 3, 3, 2, 2, 3, 3, 2, 1, 3, 1, 1, 3, 2, 1, 1, 1, 3, 1, 2, 2.

2. Break the series X_t and Y_t into a sequence of 1-runs, ..., m-runs.

$\tilde{X}_t$: (11.14, 11.29), (10.41, 10.31), (11.95, 10.45), (9.65), (9.47), (10.50), (8.40, 9.31), (11.54), (9.97), (9.25, 8.41, 9.13), (10.64), (8.70), (10.22, 10.34)

$\tilde{Y}_t$: (3, 3), (2, 2), (3, 3), (2), (1), (3), (1, 1), (3), (2), (1, 1, 1), (3), (1), (2, 2).

3. Create a bootstrap sample of $\tilde{Y}_t$ by sampling with replacement from the pools of 1-runs, 2-runs, ..., *m*-runs according to the order of runs defined by the second run process given, for example, in (1). Repeat this sampling procedure until the size of the bootstrap sample is at least the same as that of Y_t. In the previous example, we should sample with replacement from the pools of 2-runs, 3-runs, 1-runs, and so on, and repeat this procedure until the sample size is at least 20. One bootstrap sample from the run process $\tilde{Y}_t$ could be

$\tilde{Y}_t^*$: (2, 2), (2), (3), (3, 3), (2), (2), (1, 1), (1, 1), (1, 1, 1), (2), (2, 2), (3), (2, 2).

Two extra runs are required because after we have sampled all the runs given in $\tilde{Y}_t$ the size of the bootstrap sample of Y_t process is still less than 20. It is also worth mentioning that these extra runs do not have a significant effect on the bootstrap samples, as usually only several values at the end of a sample are required.

4. Convert the runs into the values of the original time series and truncate from the final run to ensure that the bootstrap sample size is the same as that of the original sample size. Note that the mapping between $\tilde{Y}_t$ and $\tilde{X}_t$ is one-to-one. Hence in the previous example, the corresponding bootstrap sample from the run process $\tilde{X}_t$ is

$\tilde{X}_t^*$: (10.41, 10.31), (9.97), (10.50), (11.14, 11.29), (9.65), (9.97), (8.40, 9.31), (8.40, 9.31), (9.25, 8.41, 9.13), (9.65), (10.41, 10.31), (10.64), (10.22, 10.34).

By truncating from the last run, a bootstrap sample of X_t is given by

10.41, 10.31, 9.97, 10.50, 11.14, 11.29, 9.65, 9.97, 8.40, 9.31, 8.40, 9.31, 9.25, 8.41, 9.13, 9.65, 10.41, 10.31, 10.64, 10.22.

5. Go to Step 3 until B bootstrap samples are obtained. After that, the bootstrap samples are used for calculating the bootstrap estimators and the bootstrap predictors for autoregressive processes.

Simple Bootstrap Multi-step Ahead **Predictor Based on a Unit Root Test for an AR(1) Process**

If the parameters μ and ϕ are known, then the optimal multi-step ahead predictor for $Y_n(\ell)$ of (1) is $\mu+\phi(Y_n(\ell-1)-\mu)$, where $Y_n(r)=Y_{n+r}$ if $r\le 0$. In practice, we do not know the parameters μ and ϕ. Therefore, we must estimate the unknown μ and ϕ by their estimators.

Five hundred bootstrap samples of size n, $Y_1^{(j)},...,Y_n^{(j)}$ $(j=1,2,...,500)$ were obtained using the simple bootstrap method developed by Cai and Davies[14] and then an AR(1) process was fitted to each of the bootstrap samples using the ordinary least squares (OLS) method. Let $\overline{Y}^{(j)}=n^{-1}\sum_{k=1}^{n}Y_k^{(j)}$ and $\hat{\phi}^{(j)}$ be the OLS estimator of ϕ, where $j=1,2,...,500$. Then, the average bootstrap estimates of μ and ϕ are given by

$$\hat{\mu}^*=\frac{1}{500}\sum_{j=1}^{500}\overline{Y}^{(j)},$$

and

$$\hat{\phi}^*=\frac{1}{500}\sum_{j=1}^{500}\hat{\phi}^{(j)}.$$

Therefore, the simple bootstrap multi-step ahead predictor for $Y_n(\ell)$ is

$$\hat{Y}_n^{SB}(\ell) = \hat{\mu}^* + \hat{\phi}^*(\hat{Y}_n(\ell-1) - \hat{\mu}^*), \tag{3}$$

and it is understood that $\hat{Y}_n(r) = Y_{n+r}$ if $r \le 0$. A near non-stationary AR(1) process will give a similar multi-step ahead predictor to that of a non-stationary process. However, the multi-step ahead predictors from these two models are quite different. Thus, we use the Dickey-Fuller test to select between these processes and then use the results of the hypothesis testing to construct a multi-step ahead predictor for (1).

If H_0 is rejected, then the predictor for $Y_n(\ell)$ given in (3) is used. On the other hand, when H_0 is not rejected, the predictor is constructed based on (1) having $\phi = 1$ satisfied

$$Y_t = Y_{t-1} + e_t. \tag{4}$$

The simple bootstrap multi-step ahead predictor for $Y_n(\ell)$ of (1) following the results of Dickey-Fuller test is therefore

$$\hat{Y}_n^{SBU}(\ell) = \begin{cases} \hat{Y}_n^{SB}(\ell) = \hat{\mu}^* + \hat{\phi}^*(\hat{Y}_n(\ell-1) - \hat{\mu}^*), \text{ if } H_0 \text{ is rejected} \\ \hat{Y}_n(\ell) = \hat{Y}_n(\ell-1), \qquad \text{if } H_0 \text{ is not rejected.} \end{cases}$$

Simulation Results

A Monte Carlo simulation study was carried out to compare the performance of the simple bootstrap multi-step ahead predictor, $\hat{Y}_n^{SB}(\ell)$, and simple bootstrap multi-step ahead predictor based on a unit root test, $\hat{Y}_n^{USB}(\ell)$, by considering the estimated absolute of bias $\left(|bias|\right)$ and prediction mean square error, $\left(PMSE\right)$. In terms of model (1), the values of the AR(1) process's parameters were $\phi \in \{0.25, 0.75, 0.95, 1.00\}$. Without loss of generality, we can assume that $\mu = 0$ in model (1). Three random error distributions were considered: a standard normal distribution, an exponential distribution with a mean of 0.5, and a mixed normal distribution $0.9N(-1,1) + 0.1N(9,1)$. The exponential distribution was skewed; while; the mixed normal distribution was bimodal and skewed. The sample sizes were 50 and 200 and the forecast horizon ℓ ranged from 1 to 3. The number of simulation trials M was set to 1,000 owing to the limit of computing for the bootstrap approach. The number of bootstrap iterations B was set to 500. In a simple bootstrap method of Cai and Davies[14], the number of thresholds m was equal to 2. The significance level for the unit root test was equal to 0.05. The simulation program was written using R statistical software[21-23].

As expected, the simulation results showed that the estimated $|bias|$ and $PMSE$ get smaller with increasing sample sizes n. This is intuitive because as n increases it is possible to estimate the autoregressive coefficients more accurately. A more interesting result is that the estimated $|bias|$ and $PMSE$ of $\hat{Y}_n^{SBU}(\ell)$ are less than those of $\hat{Y}_n^{SB}(\ell)$ for the near non-stationary and non-stationary processes. For example, when the underlying process is AR(1) with a standard normal error distribution (Table 1 and Figure 2), the estimated $PMSE$ attained by $\hat{Y}_n^{SBU}(1)$ is 0.9980 for $n = 50$ and $\phi = 1$ compared to 1.5698 for $\hat{Y}_n^{SB}(1)$. For a exponential error distribution, Table 2 shows that for the AR(1) process with an exponential error distribution, the estimated $PMSE$ attained by $\hat{Y}_n^{SBU}(2)$ is 1.7458 for $n = 200$ and $\phi = 1$ compared to 10.9244 for $\hat{Y}_n^{SB}(2)$. On the other hand, $\hat{Y}_n^{SB}(\ell)$ provides an estimated $|bias|$ and $PMSE$ that are lower than $\hat{Y}_n^{SBU}(\ell)$ when the process is stationary.

As shown in Tables 1 to 3, both the estimated $|bias|$ and $PMSE$ of predictors for non-stationary process $(\phi = 1)$ are higher than when the process is stationary $(|\phi| < 1)$. The simulation results also demonstrated that a unit root test can improve the accuracy of the multi-step ahead predictors for autoregressive processes in near non-stationary and non-stationary processes.

Table 1 The estimated absolute of bias $(|bias|)$ and prediction mean square error $(PMSE)$ of the multi-step ahead predictors $\hat{Y}_n^{SB}(\ell)$ and $\hat{Y}_n^{SBU}(\ell)$ when $e_t \sim N(0,1)$

ℓ	n	ϕ	$\lvert bias \rvert$		$PMSE$	
			SB	SBU	SB	SBU
1	50	0.25	0.8132	0.9374	1.0474	1.4050
		0.75	0.8134	0.8554	1.0603	1.1593
		0.95	0.8642	0.8161	1.1660	1.0421
		1.00	0.9774	0.7964	1.5698	0.9980
	200	0.25	0.8190	0.8190	1.0762	1.0762
		0.75	0.8432	0.8489	1.1061	1.1204
		0.95	0.8322	0.8284	1.0857	1.0832
		1.00	0.8548	0.7829	1.1451	0.9885
2	50	0.25	0.8412	1.0018	1.1249	1.5955
		0.75	1.0000	1.0866	1.5665	1.8133
		0.95	1.2883	1.1446	2.6389	2.0340
		1.00	1.6028	1.1831	3.9395	2.1460
	200	0.25	0.7940	0.7940	1.0017	1.0017
		0.75	1.0108	1.0224	1.5836	1.6102
		0.95	1.1754	1.1575	2.1026	2.0617
		1.00	1.3048	1.1096	2.5998	1.9065
3	50	0.25	0.8239	1.0103	1.0623	1.6294
		0.75	1.1112	1.2321	1.9710	2.3985
		0.95	1.6509	1.3729	4.2139	2.9203
		1.00	2.1013	1.4094	6.7061	3.0610
	200	0.25	0.8370	0.8370	1.0670	1.0670
		0.75	1.1341	1.1511	2.0525	2.1190
		0.95	1.2992	1.3274	2.6449	2.7803
		1.00	1.6910	1.4595	4.4808	3.3278

An Empirical Application

To illustrate an application of the simple bootstrap multi-step ahead predictor presented in the previous section, we use real economic data have been used from the monthly closings of the Dow-Jones industrial index from August 1968 to August 1981[24], when markets were stable with no major changes and no financial crises. There were 157 observations. The time series is plotted in Figure 3. The sample autocorrelation function (ACF) and sample partial autocorrelation function (PACF), shown in Figure 4 suggest that it is plausible to fit a first-order autoregressive model to the data. The best fitting autoregressive model based on Akaike's Information Criterion (AIC) is given by

$$\hat{Y}_t = 80.8908 + 0.9072\hat{Y}_{t-1} \text{ with } \hat{\sigma}_e = 36.42338.$$

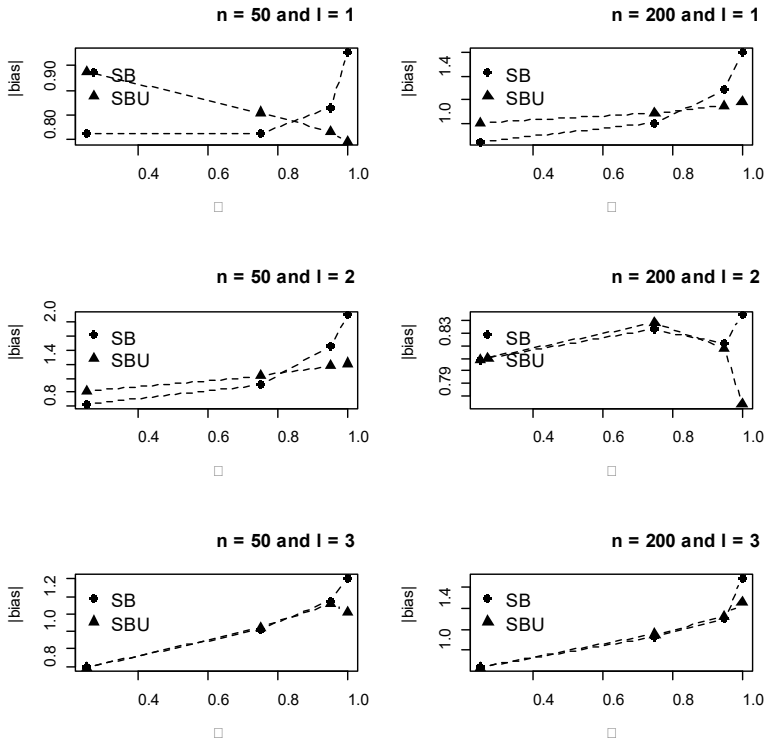


Figure 1 The estimated absolute bias $\left(\left|bias\right|\right)$ of the $\hat{Y}_n^{SB}(\ell)$ and $\hat{Y}_n^{SBU}(\ell)$ when $e_t \sim N(0,1)$.

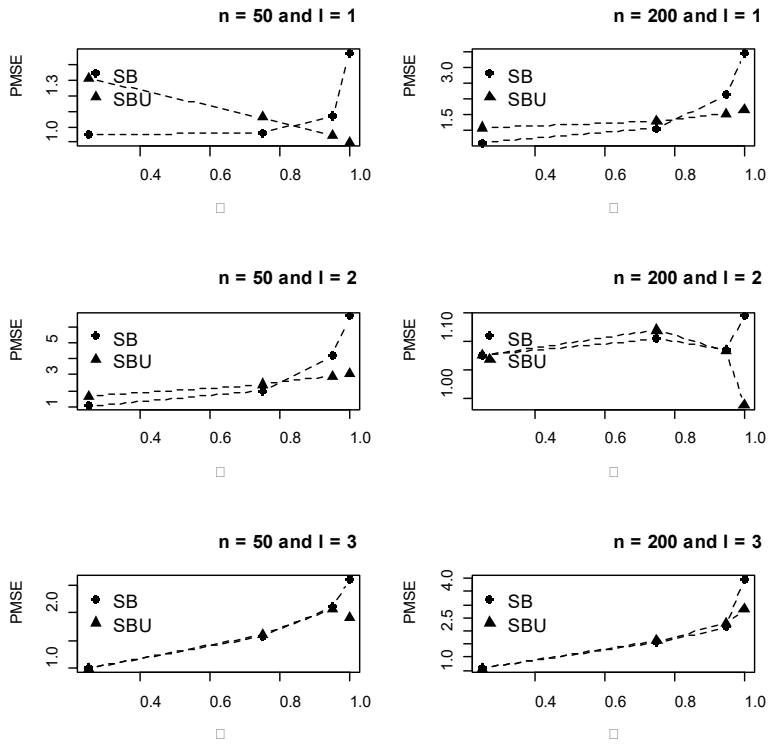


Figure 2 The estimated prediction mean square error $(PMSE)$ of the $\hat{Y}_n^{SB}(\ell)$ and $\hat{Y}_n^{SBU}(\ell)$ when $e_t \sim N(0,1)$.

The observed time series will be denoted by $Y_1,...,Y_{157}$. The first 50 observations were considered and simple bootstrap predictors for the 51st, 52nd and 53rd observations were constructed. Then $Y_2,...,Y_{51}$ was used and simple bootstrap predictors for the 52nd, 53rd and 54th value were obtained. In each run, the simple bootstrap predictors for the corresponding three lead times were calculated. The last iteration considered $Y_{105},...,Y_{154}$ and the determined simple bootstrap predictors of the 155th, 156th and 157th observations. The estimated absolute bias and prediction mean square error for forecast horizon ranges 1, 2 and 3 for all simple bootstrap predictors are given in Table 4. The information in Table 4 shows that the estimated absolute bias and prediction mean square error of the proposed simple bootstrap multi-step ahead predictor, $\hat{Y}_n^{SBU}(\ell)$ are lower than that of the existing simple bootstrap multi-step ahead predictor, $\hat{Y}_n^{SB}(\ell)$. To sum up, the proposed simple bootstrap multi-step ahead predictor works well for this data set.

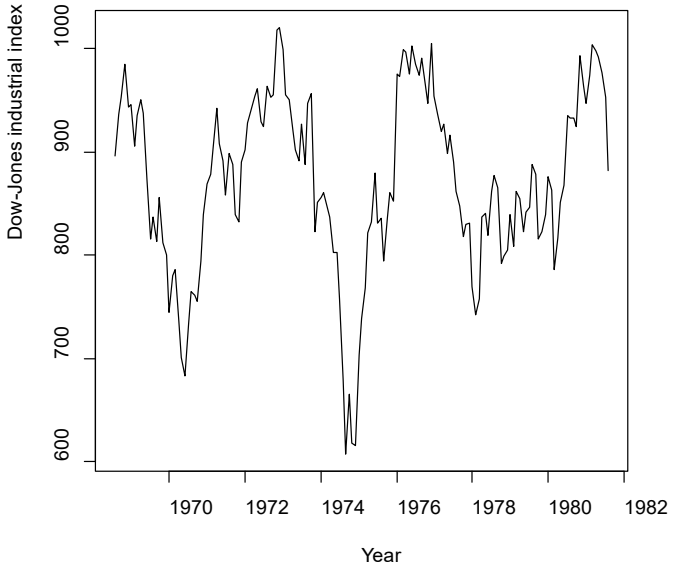


Figure 3 Monthly closings of the Dow-Jones industrial index.

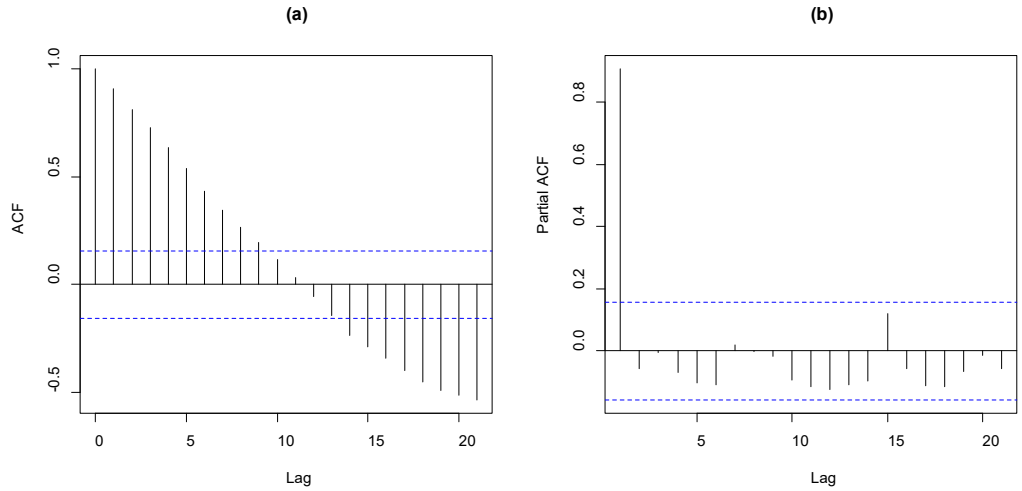


Figure 4 (a) The sample ACF and (b) the sample PACF for the monthly closings of the Dow-Jones industrial index.

Table 2 The estimated absolute of bias $(|bias|)$ and prediction mean square error $(PMSE)$ of the multi-step ahead predictors $\hat{Y}_n^{SB}(\ell)$ and $\hat{Y}_n^{SBU}(\ell)$ when $e_t \sim \exp(2)$

ℓ	n	ϕ	$\lvert bias \rvert$		$PMSE$	
			SB	SBU	SB	SBU
1	50	0.25	0.3668	0.4418	0.2453	0.3786
		0.75	0.3910	0.4005	0.2948	0.2965
		0.95	0.4067	0.3719	0.3258	0.2652
		1.00	1.6784	0.5339	3.0733	0.5683
	200	0.25	0.3600	0.3600	0.2256	0.2256
		0.75	0.3598	0.3652	0.2385	0.2466
		0.95	0.3684	0.3723	0.2479	0.2499
		1.00	1.6458	0.5635	2.9558	0.6246
2	50	0.25	0.3923	0.4500	0.2884	0.4055
		0.75	0.4973	0.5375	0.4567	0.5308
		0.95	0.6440	0.5571	0.7283	0.5558
		1.00	3.2810	1.1030	11.4639	1.9735
	200	0.25	0.3689	0.3689	0.2327	0.2327
		0.75	0.4710	0.4810	0.3770	0.3953
		0.95	0.5322	0.5318	0.4870	0.4715
		1.00	3.2325	1.0559	10.9244	1.7458
3	50	0.25	0.3880	0.4631	0.2763	0.4089
		0.75	0.5292	0.5980	0.4362	0.5929
		0.95	0.8006	0.6913	1.1183	0.8239
		1.00	4.7418	1.6406	23.5185	3.8124
	200	0.25	0.3857	0.3857	0.2658	0.2658
		0.75	0.5350	0.5490	0.4784	0.5002
		0.95	0.6778	0.6755	0.7690	0.7728
		1.00	4.8190	1.5999	24.0349	3.7548

Conclusion and Discussion

This paper proposes a simple bootstrap multi-step ahead predictor based on a unit root test using the simple bootstrap method for time series. The main concept used in this paper is the application of a preliminary unit root test in order to construct a bootstrap predictor under the results of the hypothesis testing for a unit root. By means of Monte Carlo simulation, we compare the performance of the existing simple bootstrap multi-step ahead predictor with the proposed simple bootstrap multi-step ahead predictor by means of their estimated absolute bias and prediction mean square error. Based on simulation studies, the simple bootstrap

predictor proposed in this paper achieves better absolute bias and prediction mean square error than the existing simple bootstrap multi-step ahead predictor when the process is near non-stationary or non-stationary. Moreover, the behavior of both simple bootstrap multi-step ahead predictors is illustrated with an analysis of a real time series data set. It is shown that our proposed simple bootstrap multi-step ahead predictor is more appropriate than other predictors. However, the proposed method is biased in the case of a stationary process. Therefore, the proposed simple bootstrap multi-step ahead predictor based on a unit root test is best used for near non-stationary and non-stationary time series.

Table 3 The estimated absolute of bias $(|bias|)$ and prediction mean square error $(PMSE)$ of the multi-step ahead predictors $\hat{Y}_n^{SB}(\ell)$ and $\hat{Y}_n^{SBU}(\ell)$ when $e_t \sim 0.9N(-1,1) + 0.1N(9,1)$

ℓ	n	ϕ	$\lvert bias \rvert$		$PMSE$	
			SB	SBU	SB	SBU
1	50	0.25	2.0947	2.3345	11.3441	13.9227
		0.75	2.0127	2.1545	10.0199	11.2324
		0.95	2.3485	1.9905	12.0328	10.1830
		1.00	2.7921	1.8665	14.3736	9.0235
	200	0.25	2.1986	2.2052	12.7041	12.7839
		0.75	1.9158	1.9484	9.4516	9.6670
		0.95	2.0790	2.0820	10.7769	10.7655
		1.00	2.2689	1.9534	11.5549	9.8857
2	50	0.25	2.0641	2.5989	9.9398	16.3974
		0.75	3.0235	3.1781	16.3082	18.2126
		0.95	4.0272	3.4054	27.1657	21.5246
		1.00	4.7886	3.3992	35.5873	20.3955
	200	0.25	2.0573	2.0573	10.0366	10.0366
		0.75	2.9580	3.0392	16.5826	17.4311
		0.95	3.2230	3.3028	18.4725	19.2234
		1.00	3.9907	3.3672	26.7969	20.4203
3	50	0.25	2.1971	2.6406	10.9999	16.4373
		0.75	3.4362	3.6980	19.8132	24.4917
		0.95	4.8255	4.2344	37.3290	28.2545
		1.00	6.2857	4.5369	59.0518	31.4957
	200	0.25	2.0324	2.0324	9.4236	9.4236
		0.75	3.4804	3.5458	19.8059	20.6969
		0.95	4.2285	4.2665	28.3882	28.9472
		1.00	5.2818	4.5920	46.6007	34.3217

Table 4 The estimated absolute bias $(|bias|)$ and prediction mean square error $(PMSE)$ of the simple bootstrap multi-step ahead predictors $\hat{Y}_n^{SB}(\ell)$ and $\hat{Y}_n^{SBU}(\ell)$ for the monthly closings of the Dow-Jones industrial index.

Method	$\lvert bias \rvert$			$PMSE$		
	$\ell = 1$	$\ell = 2$	$\ell = 3$	$\ell = 1$	$\ell = 2$	$\ell = 3$
SB	30.10	44.35	52.75	1,739.8	3,390.1	4,640.9
SBU	29.23	43.00	52.01	1,501.9	2,891.8	4,173.8

References

1. Box GEP, Jenkins GM. Time Series Analysis: Forecasting and Control. Holden-Day, San Francisco, 1976.
2. Grigoletto M. Bootstrap prediction intervals for autoregressions: some alternatives. Internat. J. Forecasting 1998;14:447-456.
3. Thombs LA, Schucany WR. Bootstrap prediction intervals for autoregression. J. Am. Stat. Assoc. 1990;95: 486-492.
4. Chatfield C. Time-Series Forecasting. Chapman & Hall, New York, 2001.
5. Stine RA. Estimating properties of autoregressive forecasts. J. Am. Stat. Assoc. 1987;82:1072-1078.
6. Efron B, Tibshirani RJ. An Introduction to the Bootstrap. Chapman & Hall, New York, 1993.
7. Masarotto G. Bootstrap prediction intervals for autoregression. Internat. J. Forecasting 1990;6:229-329.
8. Kabaila P. On bootstrap predictive inference for autoregressive processes. J. Time Ser. Anal. 1993;14:473-484.
9. Breidt FJ, Davis RA, Dunsmuir WTM. Improved bootstrap prediction intervals for autoregressions. J. Time Ser. Anal. 1995;16:177-200.
10. Kim JH. Asymptotic and bootstrap prediction regions for vector autoregression. Internat. J. Forecasting 1999;15:393-403.
11. Kim JH. Bootstrap-after-bootstrap prediction intervals for autoregressive models. J. Bus. Econ. Stat. 2001; 19:117-128.
12. Kim JH. Bootstrap prediction intervals for autoregressive models of unknown or infinite lag order. J. Forecasting 2002;21:265-280.
13. Kim JH. Forecasting autoregressive time series with bias-corrected parameter estimators. Internat. J. Forecasting, 2003;19:493-502.
14. Cai Y, Davies N. A simple bootstrap method for time series. Commun. Stat. Simulat. 2012;41:621-631.
15. Panichkitkosolkul W, Niwitpong S. Prediction intervals for the Gaussian autoregressive processes following the unit root tests. Model Assist. Stat. Appl. 2012;7:1-15.
16. Diebold FX, Kilian L. Unit root tests are useful for selecting forecasting models. J. Bus. Econ. Stat. 2000;18: 265-273.
17. Niwitpong S. Predictive inference for times series. Ph.D. Thesis, La Trobe University, 2007.
18. Niwitpong S. Effect of preliminary unit roots on predictors for an unknown mean AR(1) process. Thai. Stat. 2009;7:71-79.

19. Said SE, Dickey DA. Testing for unit root in autoregressive moving-average models with unknown order. Biometrika, 1984;71:599-607.
20. Hamilton JD. Time Series Analysis. Princeton University Press, New Jersey, 1994.
21. Ihaka R, Gentleman R. R: a language for data analysis and graphics. J. Comput. Graph. Stat. 1996;5:299-314.
22. The R Development Core Team, An Introduction to R. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, 2014(a).
23. The R Development Core Team, R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, 2014(b).
24. Hipel KW, McLeod AI. Time Series Modelling of Water Resources and Environmental Systems. Elsevier, Amsterdam, 1994.

[BS-O07] การพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยโดยใช้วิธี Holt-Winters ร่วมกับตัวแบบ ARIMA

Forecasting Electricity Consumption in Thailand Using Holt-Winters with ARIMA Model

นิฉา แก้วหาวงษ์, ภานุพงศ์ โภคากรณ์, ณัฐพงษ์ ศรีวิศร* และสโรชา ศิริศุภนนท์
Nicha Kaewhawong, Panupong Pokakorn, Nutthapong Sriwisorn* and Sarocha Sirisuppanon
สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: nutty.5809520058@gmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลา 3 วิธี คือ 1) วิธี Holt-Winters ซึ่งจะมีการใช้วิธีประมาณค่าเริ่มต้น 4 วิธี ได้แก่ วิธีของ NIST, วิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนักของ Hansun, วิธีของ Ledolter & Abraham และวิธีของ Ledolter & Abraham ร่วมกับวิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนัก 2) วิธี Holt-Winters ร่วมกับตัวแบบ ARIMA และ 3) ตัวแบบ ARIMA ในการศึกษาจะใช้ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายเดือนในประเทศไทย ซึ่งการพยากรณ์อนุกรมเวลาถูกแบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลาที่ 1 เป็นการพยากรณ์ข้อมูลในอดีตตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2545 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 จำนวน 192 เดือน เพื่อหาตัวแบบในแต่ละวิธีพยากรณ์ และช่วงที่ 2 ตั้งแต่มกราคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2561 จำนวน 12 เดือน เพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสม โดยเกณฑ์ที่ใช้เปรียบเทียบ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (MAPE) และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-Squared) จากการศึกษาพบว่าวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายเดือนในประเทศไทย คือ วิธี Holt-Winters ร่วมกับตัวแบบ ARIMA โดยค่าพยากรณ์ที่ได้มีค่า MAPE ต่ำที่สุดเท่ากับ 1.16% และมีค่า R-Squared มากที่สุดเท่ากับ 98.80%

คำสำคัญ: *วิธี Holt-Winters, วิธี Holt-Winters ร่วมกับตัวแบบ ARIMA, ตัวแบบ ARIMA*

Abstract

The objective of this research is to study and compare three methods of forecasting time series, namely 1) Holt-Winters method that has four Initial value estimation methods, namely NIST, Hansun's weighted moving average, Ledolter & Abraham and Ledolter & Abraham with weighted moving average methods, 2) Holt-Winters method with ARIMA model and 3) ARIMA model. In this study, we use the monthly time series data of electricity consumption in Thailand. The forecasting time series were separated into two duration times. The first is the forecasting time series data in previous time form January 2002 to December 2017 for 192 months. This data was used to create models in each forecasting methods. As the second is the lead forecasting data form January 2018 to December 2018 for 12 months, which used for selection the most suitable model. The Mean Absolute Percentage Error (MAPE) and R-Squared are used as the comparative criteria. It was found that the Holt-Winters method with the ARIMA model is the most suitable model for forecasting the monthly time series data of

electricity consumption in Thailand. Holt-Winters method with ARIMA model had the lowest MAPE of 1.16% with the highest R-Squared of 98.80%.

Keywords: *Holt-Winters method, Holt-Winters method with ARIMA model, ARIMA model*

บทนำ

พลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของภาคครัวเรือนทั้งนี้ยังเป็นปัจจัยสำคัญของการผลิตในภาคธุรกิจและอุตสาหกรรมซึ่งเป็นส่วนสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม นอกจากนี้ในยุคปัจจุบันจากปัญหาสิ่งแวดล้อม อย่างปัญหาฝุ่น PM 2.5 ทำให้ภาคอุตสาหกรรมและหน่วยงานต่างๆ เช่น อุสาหกรรมยานยนต์ พยายามผลักดัน นำพลังงานไฟฟ้ามาใช้แทนพลังงานอื่นๆ จึงทำให้พลังงานไฟฟ้ามีบทบาทสำคัญมากยิ่งขึ้น และในช่วงที่ผ่านมาการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยยังคงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดความกังวลว่าพลังงานไฟฟ้าจะมีเพียงพอเพื่อรองรับการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจหรือไม่ และเนื่องจากความต้องการใช้ไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาไม่เท่ากัน ดังนั้นการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อจะได้ทราบว่าช่วงเวลาใดที่มีความต้องการใช้ปริมาณไฟฟ้ามากและช่วงเวลาใดที่มีความต้องการใช้ปริมาณไฟฟ้าน้อย จากสถานการณ์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดในประเทศปี พ.ศ.2560 พบว่ามีอัตราการเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ.2555 ร้อยละ 12.65 เป็นข้อมูลสถิติของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน[1]

ดังนั้นการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยจึงเป็นเรื่องที่สำคัญ หากนำวิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลามาช่วยในการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศก็จะทำให้ทราบถึงความต้องการที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตได้และเพื่อความแม่นยำในการพยากรณ์จำเป็นที่จะต้องใช้วิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสม ซึ่งวิธีการพยากรณ์ที่เป็นที่ยอมรับและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายนั่นก็คือ วิธี Holt-Winters ซึ่งเป็นวิธีการที่เหมาะสมกับข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง ในการพยากรณ์ด้วยวิธี Holt-Winters มีส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ ค่าคงที่ในการปรับให้เรียบ (Smoothing Constant) ซึ่งสามารถหาค่าได้ด้วยวิธี Grid Search และอีกส่วนหนึ่งคือ ค่าเริ่มต้น (Initial Value) ซึ่งมีผู้นำเสนอวิธีการหาค่าเริ่มต้นไว้มากมาย ซึ่งค่าเริ่มต้นนี้จะส่งผลต่อความแม่นยำในการพยากรณ์ ในปี ค.ศ.2017 Hansun[2] ได้ศึกษาการพยากรณ์อนุกรมเวลาที่มีฤดูกาลโดยใช้วิธี Holt-Winters โดยนำเสนอค่าเริ่มต้นแบบใหม่โดยใช้วิธีของ NIST ร่วมกับวิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนัก โดยนำไปใช้กับข้อมูลจำนวน 10 ชุด ผลการศึกษาพบว่าวิธีการประมาณค่าเริ่มต้นแบบใหม่ในการหาค่าพยากรณ์ด้วยวิธี Holt-Winters จะทำให้ค่า MAPE และ MASE ที่ได้ลดลงเมื่อเทียบกับการหาค่าพยากรณ์ด้วยวิธี Holt-Winters ที่ใช้วิธีการประมาณค่าเริ่มต้นของ NIST[3] โดยมีค่าเฉลี่ยของค่า MAPE และ MASE ต่ำที่สุด เท่ากับ 0.69 และ 0.19 ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่าวิธีการประมาณค่าเริ่มต้นแบบใหม่จะช่วยทำให้การพยากรณ์ด้วยวิธี Holt-Winters มีความแม่นยำมากขึ้น และในปี พ.ศ.2560 ศศิประภา[4] ได้ศึกษาและเปรียบเทียบตัวแบบที่ใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าในภาคเหนือ, ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, ภาคใต้, ภาคกลาง และกรุงเทพมหานครและปริมณฑลของประเทศไทย 3 ตัวแบบ คือ ตัวแบบวินเทอร์ ตัวแบบอารีมา และตัวแบบวินเทอร์ที่มีความคลาดเคลื่อนเป็นตัวแบบอารีมา ผลการศึกษาพบว่าตัวแบบอารีมาเป็นตัวแบบที่ดีที่สุดในการพยากรณ์ เนื่องจากให้ค่า MAPE ต่ำที่สุด

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงสนใจนำแนวคิดวิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนักไปประยุกต์ร่วมกับการหาค่าเริ่มต้นโดยวิธีของ Ledolter & Abraham[5] ซึ่งเป็นวิธีหาค่าเริ่มต้นที่เป็นที่นิยมวิธีหนึ่งในการพยากรณ์ด้วยวิธี Holt-Winters โดยในการวิจัยนี้ได้ทำการเปรียบเทียบวิธีพยากรณ์ 3 วิธี คือ 1) วิธี Holt-Winters โดยจะใช้วิธีประมาณค่าเริ่มต้น 4 วิธี ได้แก่ วิธีของ NIST, วิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนักของ Hansun, วิธีของ Ledolter & Abraham และวิธีของ Ledolter & Abraham ร่วมกับวิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนัก, 2) วิธี Holt-Winters ร่วมกับตัวแบบ ARIMA และ 3) ตัวแบบ ARIMA เพื่อหาวิธีพยากรณ์ที่เหมาะสมใน

การพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายเดือนในประเทศไทย ซึ่งจะทำให้ทราบแนวโน้มในอนาคตและนำค่าพยากรณ์ที่ได้มาใช้เป็นแนวทางให้กับทั้งภาครัฐและเอกชนเพื่อใช้ในการวางแผนเพิ่มกำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้าและการนำเข้าพลังงานไฟฟ้าจากประเทศเพื่อนบ้านให้มีความเหมาะสมทั้งในช่วงเวลาที่มีความต้องการมากและเพียงพอต่อความต้องการโดยรวมของประเทศในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบวิธีพยากรณ์อนุกรมเวลา 3 วิธี คือ 1) วิธี Holt-Winters 2) วิธี Holt-Winters ร่วมกับตัวแบบ ARIMA และ 3) ตัวแบบ ARIMA และใช้วิธีที่เหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายเดือนในประเทศไทยในอนาคต ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2562 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2562

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล

งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเป็นเส้นตรงและมีฤดูกาลเชิงคูณ โดยใช้ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายเดือนในประเทศไทย มีหน่วยเป็นล้านกิโลวัตต์ ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2545 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2561 จำนวน 204 เดือน

2. ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลจะแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลาที่ 1 ใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2545 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2560 จำนวน 192 เดือน โดยนำข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายเดือนในประเทศไทยไปหาตัวแบบที่เหมาะสม ในแต่ละวิธีพยากรณ์ และช่วงเวลาที่ 2 ใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2561 จำนวน 12 เดือน เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าพยากรณ์ล่วงหน้าที่ได้ในแต่ละวิธีพยากรณ์

2.2 การประมวลผลข้อมูล ในงานวิจัยนี้จะทำการวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม Microsoft Excel และ SPSS for Windows

3. วิธีการทางสถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.1 วิธี Holt-Winters

วิธี Holt-Winters เป็นวิธีการพยากรณ์ที่ใช้กับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวทั้งจากแนวโน้มและมีส่วนประกอบของฤดูกาลเหมาะกับข้อมูลรายวัน รายเดือน และรายไตรมาส ถ้าข้อมูลที่เป็นรายเดือนต้องมีข้อมูลอย่างน้อย 36 เดือน และข้อมูลที่เป็นรายไตรมาสต้องมีข้อมูลอย่างน้อย 12 ไตรมาส หลักการของวิธีนี้คือจะต้องมีการกำหนดค่าเริ่มต้นและค่าปรับน้ำหนัก ซึ่งจะมีค่าปรับน้ำหนัก 3 ค่า คือ ค่าปรับน้ำหนักสำหรับระดับ, ค่าปรับน้ำหนักสำหรับความชัน และค่าปรับน้ำหนักสำหรับฤดูกาล ซึ่งค่าปรับน้ำหนักทั้ง 3 ค่า จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 โดยวิธี Holt-Winters สามารถใช้กับตัวแบบฤดูกาลเชิงคูณหรือตัวแบบฤดูกาลเชิงบวกได้ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะนำเสนอเฉพาะตัวแบบฤดูกาลเชิงคูณ

วิธี Holt-Winters สามารถใช้กับข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลที่มีสัดส่วนเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาของข้อมูล เช่น เมื่อเวลาของข้อมูลเพิ่มขึ้นการเปลี่ยนแปลงตามผลของฤดูกาลมีขนาดใหญ่ขึ้น หรือเมื่อเวลาของข้อมูลเพิ่มขึ้นแล้วการเปลี่ยนแปลงตามผลของฤดูกาลมีขนาดเล็กลง มีตัวแบบดังนี้

$$Y_t = (\beta_0 + \beta_1 t).S_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

ค่าพยากรณ์ ℓ หน่วยเวลาล่วงหน้าจากช่วงเวลาที่ t คือ

$$\hat{Y}_{t+\ell} = (\hat{\beta}_{0,t} + \hat{\beta}_{1,t}\ell).\hat{S}_{t+\ell-L} \quad (2)$$

โดยที่ $\hat{\beta}_{0,t} = \alpha\left(\frac{Y_t}{\hat{S}_{t-L}}\right) + (1-\alpha)[\hat{\beta}_{0,t-1} + \hat{\beta}_{1,t-1}]$ (3)

$$\hat{\beta}_{1,t} = \gamma[\hat{\beta}_{0,t} - \hat{\beta}_{0,t-1}] + (1-\gamma)\hat{\beta}_{1,t-1} \quad (4)$$

$$\hat{S}_t = \delta\left(\frac{Y_t}{\hat{\beta}_{0,t}}\right) + (1-\delta)\hat{S}_{t-L} \quad (5)$$

Y_t แทน ข้อมูล ณ เวลาที่ t

$\hat{Y}_{t+\ell}$ แทน ค่าพยากรณ์ของข้อมูล ณ เวลาที่ $t+\ell$

β_0 แทน พารามิเตอร์แสดงค่าในแนวระดับ

β_1 แทน พารามิเตอร์แสดงค่าความชันของแนวโน้ม

ε_t แทน ความคลาดเคลื่อนสุ่ม, $\varepsilon_t \sim \text{Nid}(\mu_\varepsilon = 0, \sigma_\varepsilon^2)$

$\hat{\beta}_{0,t}$ แทน ค่าประมาณในแนวระดับ ณ เวลาที่ t

$\hat{\beta}_{1,t}$ แทน ค่าประมาณความชันของแนวโน้ม ณ เวลาที่ t

$\hat{S}_t$ แทน ค่าประมาณของส่วนประกอบที่แสดงการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ณ เวลาที่ t

L แทน ความยาวของฤดูกาลใน 1 รอบ เช่น ข้อมูลอนุกรมเวลารายเดือน $L=12$

ℓ แทน จำนวนหน่วยเวลาล่วงหน้าจากคาบเวลาที่ t

การกำหนดค่าเริ่มต้น (Initial value)

วิธีการหาค่าเริ่มต้นในวิธีพยากรณ์ของ Holt-Winters มีผู้นำเสนอไว้หลายวิธี ในงานวิจัยนี้จะนำเสนอ 4 วิธี ดังนี้

1) วิธีการหาค่าเริ่มต้นของ NIST (National Institute of Standards and Technology) โดย NIST เป็นสถาบันมาตรฐานและเทคโนโลยีแห่งชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นหน่วยงานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์กายภาพ มีการกำหนดวิธีการในการหาค่าเริ่มต้นเพื่อใช้ในการวิจัยต่างๆ ของสถาบันและเพื่อเป็นแนวทางในการวิจัยอื่นต่อไป โดยมีสมการดังนี้

$$\hat{\beta}_{0,t=0} = \frac{y_L + y_{L-1} + \ldots + y_2 + y_1}{L} \quad (6)$$

$$\hat{\beta}_{1,t=0} = \frac{1}{L}\left(\frac{y_{L+1} - y_1}{L} + \frac{y_{L+2} - y_2}{L} + \cdots + \frac{y_{L+L} - y_L}{L}\right) \quad (7)$$

โดยที่ $\hat{\beta}_{0,t=0}$ แทน ค่าเริ่มต้น (Initial Value) ที่เป็นค่าประมาณในแนวระดับ

$\hat{\beta}_{1,t=0}$ แทน ค่าเริ่มต้น (Initial Value) ที่เป็นค่าประมาณความชันของแนวโน้ม

Y_t แทน ข้อมูล ณ เวลาที่ t

L แทน ความยาวของฤดูกาลใน 1 รอบ เช่น ข้อมูลอนุกรมเวลารายเดือน $L=12$

2) วิธีการหาค่าเริ่มต้นของ Hansun

ในปี ค.ศ.2017 Hansun[2] ได้นำเสนอค่าเริ่มต้นแบบใหม่ ซึ่งเป็นวิธีการที่พัฒนามาจากวิธีการหาค่าเริ่มต้นของ NIST โดยการนำวิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนักมาประยุกต์ร่วมกับวิธีของ NIST ซึ่งให้ความสำคัญกับข้อมูลที่อยู่ใกล้กับปัจจุบันมากกว่าข้อมูลที่อยู่ห่างจากข้อมูลปัจจุบันออกไป โดยมีสมการดังนี้

$$\hat{\beta}_{0,t=0} = \frac{Ly_L + (L-1)y_{(L-1)} + \ldots + (L-m+2)y_{(L-m+2)} + (L-m+1)y_{(L-m+1)}}{L + (L-1) + \ldots + (L-m+2) + (L-m+1)} \quad (8)$$

$$\hat{\beta}_{1,t=0} = \frac{1}{L^2}\left(\begin{array}{c} \dfrac{2Ly_{2L} + (2L-1)y_{(2L-1)} + \ldots + (L+2)y_{(L+2)} + (L+1)y_{(L+1)}}{2L + (2L-1) + \ldots + (L+2) + (L+1)} \\ - \dfrac{Ly_L + (L-1)y_{(L-1)} + \ldots + 2y_2 + y_1}{L + (L-1) + \ldots + 2 + 1} \end{array} \right) \quad (9)$$

โดยที่ $\hat{\beta}_{0,t=0}$ แทน ค่าเริ่มต้น (Initial Value) ที่เป็นค่าประมาณในแนวระดับ

$\hat{\beta}_{1,t=0}$ แทน ค่าเริ่มต้น (Initial Value) ที่เป็นค่าประมาณความชันของแนวโน้ม

Y_t แทน ข้อมูล ณ เวลาที่ t

L แทน ความยาวของฤดูกาลใน 1 รอบ เช่น ข้อมูลอนุกรมเวลารายเดือน $L = 12$

3) วิธีการหาค่าเริ่มต้นของ Ledolter & Abraham

ในปี ค.ศ.1983 Ledolter และ Abraham[5] ได้นำเสนอวิธีการหาค่าเริ่มต้นที่ให้ความสำคัญทั้งข้อมูลในปีล่าสุดและข้อมูลในปีแรก และง่ายต่อการคำนวณไม่ซับซ้อน นอกจากนี้ยังเป็นวิธีการหาค่าเริ่มต้นที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายและเป็นวิธีที่ใช้ในโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS for Windows อีกด้วย โดยมีสมการดังนี้

$$\hat{\beta}_{0,t=0} = \overline{Y}_1 - \frac{L}{2}\hat{\beta}_{1,t=0} \quad (10)$$

$$\hat{\beta}_{1,t=0} = \frac{\overline{Y}_k - \overline{Y}_1}{(k-1)L} \quad (11)$$

โดยที่ $\hat{\beta}_{0,t=0}$ แทน ค่าเริ่มต้น (Initial Value) ที่เป็นค่าประมาณในแนวระดับ

$\hat{\beta}_{1,t=0}$ แทน ค่าเริ่มต้น (Initial Value) ที่เป็นค่าประมาณความชันของแนวโน้ม

$\overline{Y}_1$ แทน ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจริงในปีที่ 1

$\overline{Y}_k$ แทน ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจริงในปีที่ k (ปีสุดท้าย)

L แทน ความยาวของฤดูกาลใน 1 รอบ เช่น ข้อมูลอนุกรมเวลารายเดือน $L = 12$

k แทน จำนวนปีทั้งหมด

4) วิธีการหาค่าเริ่มต้นของ Ledolter & Abraham ร่วมกับวิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนัก

วิธีการนี้เป็นการนำวิธีการหาค่าเริ่มต้นของ Ledolter & Abraham มาพัฒนาโดยนำแนวคิดของการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนักมาใช้ร่วมด้วย ซึ่งจะให้น้ำหนักกับข้อมูลที่อยู่ใกล้ปัจจุบันมากกว่าข้อมูลที่อยู่ห่างออกไปจากปัจจุบัน โดยแนวคิดนี้เป็นการต่อยอดจากการหาค่าเริ่มต้นที่นำเสนอโดย Hansun[2] มีสมการดังนี้

$$\hat{\beta}_{0,t=0} = \frac{Ly_L + (L-1)y_{(L-1)} + \ldots + (L-m+2)y_{(L-m+2)} + (L-m+1)y_{(L-m+1)}}{L + (L-1) + \ldots + (L-m+2) + (L-m+1)} - \frac{L}{2}\hat{\beta}_{1,t=0} \quad (12)$$

$$\hat{\beta}_{1,t=0} = \frac{1}{(k-1)L}\left(\begin{array}{c} \frac{ny_n + (n-1)y_{(n-1)} + \ldots + (n-L+2)y_{(n-L+2)} + (n-L+1)y_{(n-L+1)}}{n + (n-1) + \ldots + (n-L+2) + (n-L+1)} \\ - \frac{Ly_L + (L-1)y_{(L-1)} + \ldots + 2y_2 + y_1}{L + (L-1) + \ldots + 2 + 1} \end{array} \right) \quad (13)$$

โดยที่ $\hat{\beta}_{0,t=0}$ แทน ค่าเริ่มต้น (Initial Value) ที่เป็นค่าประมาณในแนวระดับ

$\hat{\beta}_{1,t=0}$ แทน ค่าเริ่มต้น (Initial Value) ที่เป็นค่าประมาณความชันของแนวโน้ม

Y_t แทน ข้อมูล ณ เวลาที่ t

L แทน ความยาวของฤดูกาลใน 1 รอบ เช่น ข้อมูลอนุกรมเวลารายเดือน $L = 12$

k แทน จำนวนปีทั้งหมด

m แทน จำนวนระยะของการเฉลี่ยเคลื่อนที่

n แทน จำนวนข้อมูลตัวอย่าง

3.2 วิธี Holt-Winters ร่วมกับตัวแบบ ARIMA

วิธี Holt-Winters ร่วมกับตัวแบบ ARIMA สร้างขึ้นเนื่องจากในการพยากรณ์ด้วยวิธี Holt-Winters พบว่าความคลาดเคลื่อนสุ่มของตัวแบบการพยากรณ์ไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นทางสถิติกล่าวคือความคลาดเคลื่อนสุ่มมีสหสัมพันธ์ในตัวเอง ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาความคลาดเคลื่อนสุ่มให้เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น จึงนำความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์ด้วย วิธี Holt-Winters มาทำการพยากรณ์ด้วยตัวแบบ ARIMA และนำค่าพยากรณ์ของความคลาดเคลื่อนที่ได้ไปบวกกับสมการพยากรณ์ของวิธี Holt-Winters โดยตัวแบบฤดูกาลเชิงคูณของ Holt-Winters มีสมการดังนี้

$$Y_t = (\beta_0 + \beta_1 t).S_t + \varepsilon_t \quad (14)$$

โดยที่ β_0 แทน พารามิเตอร์แสดงค่าในแนวระดับ

β_1 แทน พารามิเตอร์แสดงความชันของแนวโน้ม

S_t แทน ส่วนประกอบที่แสดงการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ณ เวลาที่ t

ε_t แทน ความคลาดเคลื่อนสุ่มที่เป็นตัวแบบ ARIMA

ตัวแบบ $\mathrm{ARIMA}(p,d,q)(P,D,Q)_S$ ของความคลาดเคลื่อนสุ่ม มีสมการดังนี้

$$(1-\phi_1 B - \phi_2 B^2 - \ldots - \phi_p B^p)(1-\Phi_1 B^S - \Phi_2 B^{2S} - \ldots - \Phi_P B^{PS})(1-B)^d (1-B^S)^D \varepsilon_t$$

$$= \theta_0 + (1-\theta_1 B - \theta_2 B^2 - \ldots - \theta_q B^q)(1-\Theta_1 B^S - \Theta_2 B^{2S} - \ldots - \Theta_Q B^{QS})a_t \quad (15)$$

จะได้ว่า $$\varepsilon_t = \frac{\theta_0 + \theta_q(B)\Theta_Q(B^S)a_t}{(1-B)^d(1-B^S)^D\phi_p(B)\Phi_P(B^S)} \quad (16)$$

แทนสมการที่ (16) ในสมการที่ (14) จะได้

$$Y_t = (\beta_0 + \beta_1 t).S_t + \frac{\theta_0 + \theta_q(B)\Theta_Q(B^S)a_t}{(1-B)^d(1-B^S)^D\phi_p(B)\Phi_P(B^S)} \quad (17)$$

โดยที่ Y_t แทน ข้อมูล ณ เวลาที่ t

β_0 แทน พารามิเตอร์แสดงค่าในแนวระดับ

β_1 แทน พารามิเตอร์แสดงความชันของแนวโน้ม

θ_0 แทน พารามิเตอร์แสดงค่าคงที่

S_t แทน ส่วนประกอบที่แสดงการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ณ เวลาที่ t

ε_t แทน ความคลาดเคลื่อนสุ่ม ณ เวลาที่ t, $\varepsilon_t \sim \text{Nid}(\mu_\varepsilon = 0, \sigma_\varepsilon^2)$

a_t แทน ความคลาดเคลื่อนสุ่มของ ε_t ณ เวลาที่ t

B แทน ตัวดำเนินการย้อนหลังเวลา (Backshift Operator)

p, P แทน อันดับของกระบวนการถดถอยในตัวเองแบบไม่มีฤดูกาล และแบบมีฤดูกาล ตามลำดับ

d, D แทน อันดับของการหาผลต่างแบบไม่มีฤดูกาล และแบบมีฤดูกาล ตามลำดับ

q, Q แทน อันดับของกระบวนการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบไม่มีฤดูกาล และแบบมีฤดูกาล ตามลำดับ

S แทน ความยาวของฤดูกาลใน 1 รอบ (ข้อมูลเป็นรายเดือน $S = 12$)

$\phi_p(B) = 1-\phi_1 B - \phi_2 B^2 - \ldots - \phi_p B^p$, $\Phi_P(B^S) = 1-\Phi_1 B^S - \Phi_2 B^{2S} - \ldots - \Phi_P B^{PS}$

$\theta_q(B) = 1-\theta_1 B - \theta_2 B^2 - \ldots - \theta_q B^q$, $\Theta_Q(B^S) = 1-\Theta_1 B^S - \Theta_2 B^{2S} - \ldots - \Theta_Q B^{QS}$

$\phi_1, \phi_2, \ldots, \phi_p$ แทน พารามิเตอร์แสดงสัมประสิทธิ์การถดถอยในตัวเองแบบไม่มีฤดูกาล อันดับที่ $1, 2, \ldots, p$

$\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_q$ แทน พารามิเตอร์แสดงสัมประสิทธิ์การเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบไม่มีฤดูกาล อันดับที่ $1, 2, \ldots, q$

$\Phi_1, \Phi_2, \ldots, \Phi_P$ แทน พารามิเตอร์แสดงสัมประสิทธิ์การถดถอยในตัวเองแบบมีฤดูกาล อันดับที่ $1, 2, \ldots, P$

$\Theta_1, \Theta_2, \ldots, \Theta_Q$ แทน พารามิเตอร์แสดงสัมประสิทธิ์การเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบมีฤดูกาล อันดับที่ $1, 2, \ldots, Q$

3.3 ตัวแบบ ARIMA

ในปี ค.ศ.1976 Box และ Jenkins[6] ได้นำเสนอตัวแบบ ARIMA ซึ่งมีชื่อเต็มว่า Autoregressive Integrated Moving Average เป็นวิธีพยากรณ์อนุกรมเวลาที่พิจารณาตัวแบบจากกราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง (Autocorrelation Function : ACF) และกราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อย (Partial Autocorrelation Function : PACF) ของอนุกรมเวลาที่สเตชันนารี (Stationary) โดยตัวแบบที่ได้อาจมีได้มากกว่า 1 ตัวแบบ อนุกรมเวลาที่สเตชันนารีเป็นอนุกรมเวลาที่มีค่าเฉลี่ยคงที่ และความแปรปรวนคงที่ หากอนุกรมเวลาไม่สเตชันนารี (Nonstationary) โดยข้อมูลที่มีแนวโน้มหรือมีฤดูกาลต้องปรับข้อมูลนั้นให้มีลักษณะสเตชันนารีก่อน โดยการหาผลต่างอันดับที่ d และ D และการแปลงโดยลอการิทึม หากอนุกรมเวลามีความแปรปรวนไม่คงที่ โดยตัวแบบ $\text{ARIMA}(p,d,q)(P,D,Q)_S$ มีสมการดังนี้

$$(1-\phi_1 B - \phi_2 B^2 - \ldots - \phi_p B^p)(1-\Phi_1 B^S - \Phi_2 B^{2S} - \ldots - \Phi_P B^{PS})(1-B)^d(1-B^S)^D Y_t$$

$$= \theta_0 + (1-\theta_1 B - \theta_2 B^2 - \ldots - \theta_q B^q)(1-\Theta_1 B^S - \Theta_2 B^{2S} - \ldots - \Theta_Q B^{QS})\varepsilon_t \quad (18)$$

โดยที่ Y_t แทน ข้อมูล ณ เวลาที่ t

θ_0 แทน พารามิเตอร์แสดงค่าคงที่

ε_t แทน ความคลาดเคลื่อนสุ่ม ณ เวลาที่ t, $\varepsilon_t \sim \text{Nid}(\mu_\varepsilon = 0, \sigma_\varepsilon^2)$

B แทน ตัวดำเนินการย้อนหลังเวลา (Backshift Operator)

p, P แทน อันดับของกระบวนการถดถอยในตัวเองแบบไม่มีฤดูกาล และแบบมีฤดูกาล ตามลำดับ

d, D แทน อันดับของการหาผลต่างแบบไม่มีฤดูกาล และแบบมีฤดูกาล ตามลำดับ

q, Q แทน อันดับของกระบวนการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบไม่มีฤดูกาล และแบบมีฤดูกาล ตามลำดับ

$\phi_1, \phi_2, \ldots, \phi_p$ แทน พารามิเตอร์แสดงสัมประสิทธิ์การถดถอยในตัวเองแบบไม่มีฤดูกาล อันดับที่ $1, 2, \ldots, p$

$\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_q$ แทน พารามิเตอร์แสดงสัมประสิทธิ์การเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบไม่มีฤดูกาล อันดับที่ $1, 2, \ldots, q$

$\Phi_1, \Phi_2, \ldots, \Phi_P$ แทน พารามิเตอร์แสดงสัมประสิทธิ์การถดถอยในตัวเองแบบมีฤดูกาล อันดับที่ $1, 2, \ldots, P$

$\Theta_1, \Theta_2, \ldots, \Theta_Q$ แทน พารามิเตอร์แสดงสัมประสิทธิ์การเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบมีฤดูกาล อันดับที่ $1, 2, \ldots, Q$

3.4 ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Mean Absolute Percentage Error : MAPE)

ในการวิจัยครั้งนี้จะเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์อนุกรมเวลาโดยใช้ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน โดยตัวแบบที่ดีที่สุดที่จะถูกนำไปใช้ในการพยากรณ์จะต้องมีค่า MAPE ต่ำที่สุด ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$MAPE\,(\%) = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}\left|\frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t}\right| \times 100 \quad (19)$$

โดยที่ Y_t แทน ข้อมูล ณ เวลาที่ t, $\hat{Y}_t$ แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลาที่ t, n แทน จำนวนข้อมูลตัวอย่าง

3.5 สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination)

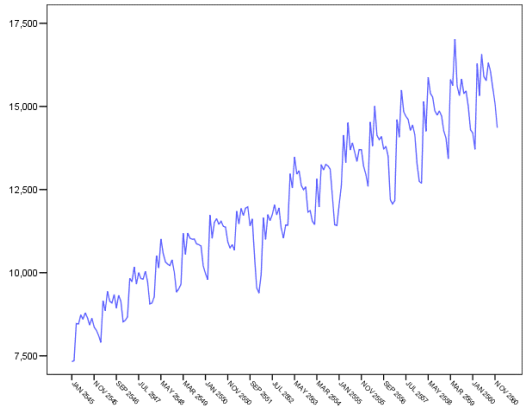
ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-Squared) เป็นค่าสถิติใช้วัดประสิทธิภาพของสมการพยากรณ์ โดยค่า R-Squared มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 นิยมวัดเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดจะต้องมีค่า R-Squared มากเข้าใกล้ 100% มีสูตรดังนี้

$$R-Squared\,(\%) = \left(1 - \frac{\sum_{t=1}^{n}(Y_t - \hat{Y}_t)^2}{\sum_{t=1}^{n}(Y_t - \bar{Y})^2}\right) \times 100 \quad (20)$$

โดยที่ Y_t แทน ข้อมูล ณ เวลาที่ t, $\hat{Y}_t$ แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลาที่ t, n แทน จำนวนข้อมูลตัวอย่าง

ผลการวิจัย

ในเบื้องต้นได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายเดือนในประเทศไทย ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2545 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2560 จำนวน 192 เดือน แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายเดือนในประเทศไทยตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2545 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2560

จากภาพที่ 1 ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายเดือนในประเทศไทย พบว่าข้อมูลมีฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้องโดยขนาดของฤดูกาลผันแปรไปตามเวลา นอกจากนี้ข้อมูลอนุกรมเวลาดังกล่าวยังมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ โดยข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายเดือนในประเทศไทยจะมีค่ามากที่สุดในเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2559 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 17,026.06 ล้านกิโลวัตต์ และเดือนที่มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยน้อยที่สุด คือ เดือนมกราคม พ.ศ.2545 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7,326.80 ล้านกิโลวัตต์ อาจมีสาเหตุมาจากสภาพอากาศตามฤดูกาลประจำปี เนื่องจากเดือนพฤษภาคมเป็นช่วงฤดูร้อนของประเทศไทยทำให้มีการใช้ปริมาณไฟฟ้าสูง เช่น การเปิดเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งวัน เป็นต้น และเดือนมกราคมเป็นช่วงฤดูหนาวของประเทศไทยซึ่งจะเป็นช่วงที่อุณหภูมิลดต่ำทำให้มีการใช้ไฟฟ้าต่ำกว่าปกติ และจะเห็นได้ว่าผลอันเนื่องมาจากภาวะเรือนกระจกทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยโดยทั่วไปสูงขึ้นเรื่อยๆ เป็นผลให้ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยเพิ่มขึ้นในทุกๆ ปี สังเกตได้จากภาพที่ 1

1. การพยากรณ์ด้วยวิธี Holt-Winters

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี Holt-Winters อนุกรมเวลาที่นำมาวิเคราะห์ต้องมีแนวโน้มเชิงเส้นตรงและมีฤดูกาลเชิงคูณ ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์ลักษณะข้อมูลเบื้องต้นของปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายเดือนของประเทศไทยด้วยกราฟ จากภาพที่ 1 พบว่าข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายเดือนของประเทศไทยมีแนวโน้มเชิงเส้นตรงและมีฤดูกาลเชิงคูณ ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายเดือนในประเทศไทยด้วยวิธี Holt-Winters โดยจะทำการเปรียบเทียบวิธีคำนวณค่าเริ่มต้น 4 วิธี คือ 1) วิธีของ NIST, 2) วิธีของ Hansun, 3) วิธีของ Ledolter & Abraham และ 4) วิธีของ Ledolter & Abraham ร่วมกับวิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนัก (WMA) โดยค่าเริ่มต้น ที่ได้แสดงดังตารางที่ 1 โดยงานวิจัยนี้ได้คำนวณค่าเริ่มต้นทั้ง 4 วิธี ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel และนำค่าเริ่มต้นมาใช้คำนวณค่าพยากรณ์ในวิธี Holt-Winters ด้วยโปรแกรม SPSS for Windows

จากตารางที่ 1 พบว่าการพยากรณ์ด้วยวิธี Holt-Winters ที่ใช้ค่าเริ่มต้นด้วยวิธีของ Ledolter & Abraham ร่วมกับวิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนัก (WMA) ที่มีระยะเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนักเท่ากับ 2 เดือน (m = 2) ให้ค่า MAPE ต่ำที่สุดเท่ากับ 1.7899% ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการประมวลผลด้วยวิธี Holt-Winters ที่ใช้ค่าเริ่มต้นโดยวิธีของ Ledolter & Abraham ร่วมกับวิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนัก (WMA) ที่มี m = 2 และหาค่าคงที่ในการทำให้เรียบด้วยวิธี Grid Search พบว่าค่าคงที่ในการทำให้เรียบในแนวระดับ (α) เท่ากับ 0.85, ค่าคงที่ในการทำให้เรียบในแนวโน้ม (γ) เท่ากับ 0.01 และค่าคงที่ในการทำให้เรียบในฤดูกาล (δ) เท่ากับ 0.01

โดยมีผลรวมกำลังสองของค่าความคลาดเคลื่อน (Sum Square Error : SSE) ต่ำที่สุด เท่ากับ 14,922,751.04436 โดยมีค่าเริ่มต้นที่เป็นค่าประมาณในแนวระดับ ($\hat{\beta}_{0,t=0}$) เท่ากับ 8,085.44649 ส่วนค่าเริ่มต้นที่เป็นค่าประมาณในแนวโน้ม ($\hat{\beta}_{1,t=0}$) เท่ากับ 38.6568163195 และค่าดัชนีฤดูกาลเชิงคูณเริ่มต้นแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ค่าเริ่มต้นที่คำนวณโดยใช้ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายเดือนในประเทศไทย

วิธีคำนวณค่าเริ่มต้น	ค่าเริ่มต้น		MAPE(%)
	$\hat{\beta}_{0,t=0}$	$\hat{\beta}_{1,t=0}$	
1. วิธีของ NIST	8,340.9183333333	47.8898611111	1.8039
2. วิธีของ Hansun			
m=2	8,317.3873913044	3.3501055142	1.8112
m=3	8,411.7609090909	3.3501055142	1.8170
m=4	8,415.2042857143	3.3501055142	1.8172
m=6	8,494.5621052632	3.3501055142	1.8221
m=12	8,471.3769230769	3.3501055142	1.8206
3. วิธีของ Ledolter	8,104.7154722222	39.3671435185	1.7909
4. วิธีของ Ledolter & Abraham ร่วมกับวิธี WMA			
m=2	8,085.4464933873	38.6568163195	1.7899*
m=3	8,179.8200111738	38.6568163195	1.7954
m=4	8,183.2633877972	38.6568163195	1.7956
m=6	8,262.6212073461	38.6568163195	1.8002
m=12	8,239.4360251598	38.6568163195	1.7989

หมายเหตุ : * หมายถึง ค่าเริ่มต้นที่ให้ค่า MAPE ต่ำที่สุด
m หมายถึง ระยะเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนัก

ตารางที่ 2 ค่าดัชนีฤดูกาลเชิงคูณเริ่มต้นที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Holt-Winters

เดือน	สัญลักษณ์	ค่าดัชนีฤดูกาลเริ่มต้น (%)	เดือน	สัญลักษณ์	ค่าดัชนีฤดูกาลเริ่มต้น (%)
มกราคม	$\hat{S}_{-11}$	92	กรกฎาคม	$\hat{S}_{-5}$	104
กุมภาพันธ์	$\hat{S}_{-10}$	91	สิงหาคม	$\hat{S}_{-4}$	103
มีนาคม	$\hat{S}_{-9}$	105	กันยายน	$\hat{S}_{-3}$	101
เมษายน	$\hat{S}_{-8}$	101	ตุลาคม	$\hat{S}_{-2}$	101
พฤษภาคม	$\hat{S}_{-7}$	108	พฤศจิกายน	$\hat{S}_{-1}$	98
มิถุนายน	$\hat{S}_{-6}$	104	ธันวาคม	$\hat{S}_{0}$	93

วิธี Holt-Winters มีสมการพยากรณ์ล่วงหน้าจากช่วงเวลาที่ t ไป ℓ หน่วย คือ

$$\hat{Y}_t = [\hat{\beta}_{0,t} + (\hat{\beta}_{1,t} \times \ell)] . \hat{S}_{t+\ell-12} \quad (21)$$

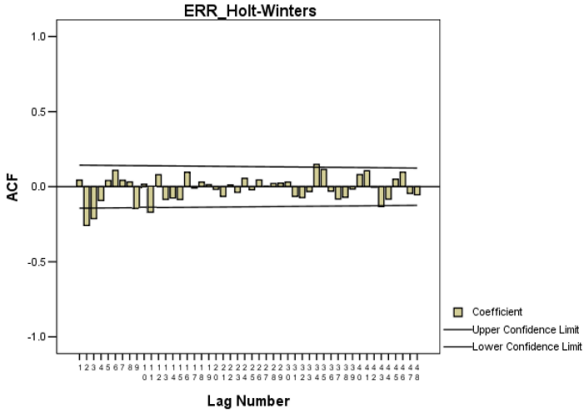
โดยที่

$$\hat{\beta}_{0,t} = 0.85\left(\frac{Y_t}{\hat{S}_{t-12}}\right) + 0.15(\hat{\beta}_{0,t-1} + \hat{\beta}_{1,t-1}) \quad (22)$$

$$\hat{\beta}_{1,t} = 0.01(\hat{\beta}_{0,t} - \hat{\beta}_{0,t-1}) + 0.99\hat{\beta}_{1,t-1} \quad (23)$$

$$\hat{S}_t = 0.01\left(\frac{Y_t}{\hat{\beta}_{0,t}}\right) + 0.99\hat{S}_{t-12} \quad (24)$$

สมการพยากรณ์ด้วยวิธี Holt-Winters ดังกล่าวมีค่า R-Squared เท่ากับ 98.50% และมีค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์เมื่อวัดด้วยค่า MAPE เท่ากับ 1.79% และเมื่อตรวจสอบสหสัมพันธ์ในตัวเองของค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้ พบว่ามีสหสัมพันธ์ในตัวเอง แสดงดังภาพที่ 2

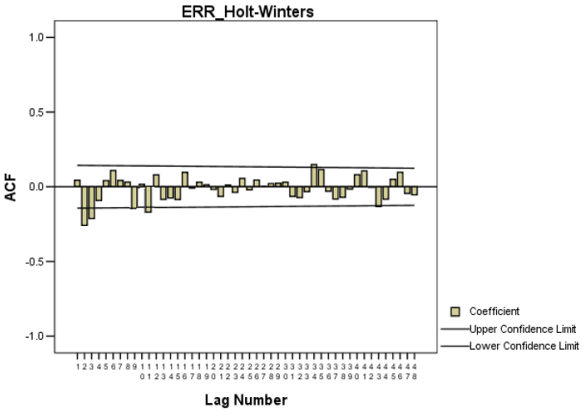


ภาพที่ 2 ACF ของความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยวิธี Holt-Winters

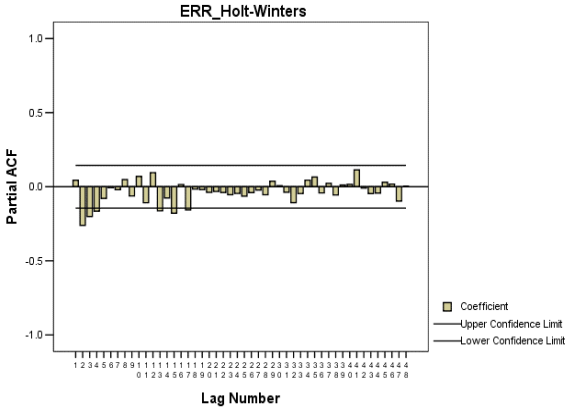
จากภาพที่ 2 พบว่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยวิธี Holt-Winters มีสหสัมพันธ์ในตัวเอง ณ Lag ที่ 2, 3, 9, 11 และ 34 ตามลำดับ โดยมีค่าสถิติ Q เท่ากับ 69.564 และมี p-value เท่ากับ 0.023 ดังนั้นวิธี Holt-Winters จึงไม่เหมาะสมที่จะใช้พยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายเดือนในประเทศไทย เนื่องจากความคลาดเคลื่อนมีสหสัมพันธ์ในตัวเอง

2. การพยากรณ์ด้วยวิธี Holt-Winters ร่วมกับตัวแบบ ARIMA

จากผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี Holt-Winters โดยใช้วิธีการประมาณค่าเริ่มต้นของ Ledolter & Abraham ร่วมกับวิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนักที่ใช้ระยะเฉลี่ยเคลื่อนที่เท่ากับ 2 พบว่า ความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการการพยากรณ์มีสหสัมพันธ์ในตัวเอง ณ Lag ที่ 2, 3, 9, 11 และ 34 ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อย ณ Lag ที่ 2, 3, 4, 13, 15 และ 17 ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 3 และภาพที่ 4



ภาพที่ 3 ACF ของ ERR_Holt-Winters



ภาพที่ 4 PACF ของ ERR_Holt-Winters

จากภาพที่ 3 และภาพที่ 4 สามารถกำหนดตัวแบบ ARIMA ที่เหมาะสมให้กับความคลาดเคลื่อนได้เป็น ARIMA(0,0,(2,3,9,11))(0,0,0) และนำค่าพยากรณ์ของความคลาดเคลื่อนจากตัวแบบ ARIMA ที่ได้ไปบวกกับค่าที่ได้จากสมการพยากรณ์ด้วยวิธี Holt-Winters จะได้สมการวิธี Holt-Winters ร่วมกับตัวแบบ ARIMA เป็นดังนี้

$$Y_t = (\beta_{0,t} + \beta_{1,t}).S_{t-12} + \varepsilon_t \quad (25)$$

$$Y_t = (\beta_{0,t} + \beta_{1,t}).S_{t-12} + [-\theta_2 a_{t-2} - \theta_3 a_{t-3} - \theta_9 a_{t-9} - \theta_{11} a_{t-11} + a_t] \quad (26)$$

และมีสมการพยากรณ์ล่วงหน้าจากช่วงเวลาที่ t ไป ℓ หน่วย คือ

$$\hat{Y}_t = [\hat{\beta}_{0,t} + (\hat{\beta}_{1,t} \times \ell)] . \hat{S}_{t+\ell-12} + [-\hat{\theta}_2 a_{t-2} - \hat{\theta}_3 a_{t-3} - \hat{\theta}_9 a_{t-9} - \hat{\theta}_{11} a_{t-11}] \quad (27)$$

โดยที่ $$\hat{\beta}_{0,t} = 0.85\left(\frac{Y_t}{\hat{S}_{t-12}}\right) + 0.15(\hat{\beta}_{0,t-1} + \hat{\beta}_{1,t-1}) \quad (28)$$

$$\hat{\beta}_{1,t} = 0.01(\hat{\beta}_{0,t} - \hat{\beta}_{0,t-1}) + 0.99\hat{\beta}_{1,t-1} \quad (29)$$

$$\hat{S}_t = 0.01\left(\frac{Y_t}{\hat{\beta}_{0,t}}\right) + 0.99\hat{S}_{t-12} \quad (30)$$

และทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ได้ค่าต่างๆ ดังนี้

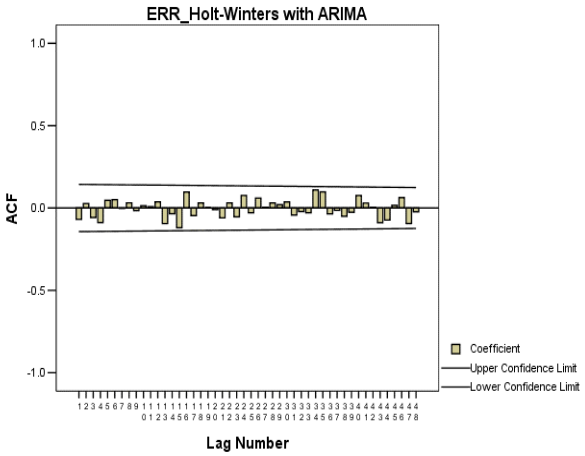
$\hat{\theta}_2$ = 0.43501 (t= 6.907, p-value = 0.00000)

$\hat{\theta}_3$ = 0.18583 (t= 3.055, p-value = 0.00257)

$\hat{\theta}_9$ = 0.14749 (t= 2.072, p-value = 0.03963)

$\hat{\theta}_{11}$ = 0.16631 (t= 2.269, p-value = 0.02438)

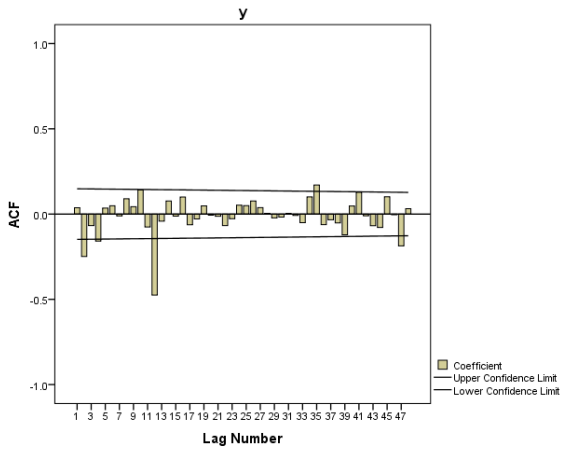
โดยวิธี Holt-Winters ร่วมกับตัวแบบ ARIMA มีความคลาดเคลื่อนสุ่มที่มีคุณสมบัติตามข้อตกลงทุกข้อกล่าวคือ มีการแจกแจงปกติ (Z_{KS} = 0.880, p-value = 0.422) ไม่มีสหสัมพันธ์ในตัวเองตั้งแต่ Lag ที่ 1 ถึง Lag ที่ 48 (Q = 32.501, p-value = 0.958) แสดงดังภาพที่ 5 ความคลาดเคลื่อนสุ่มมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างจากศูนย์ (t = -0.592, p-value = 0.554) และมีความแปรปรวนคงที่ (W = 0.467, p-value = 0.921) ซึ่งสมการพยากรณ์ด้วยวิธี Holt-Winters ร่วมกับตัวแบบ ARIMA ดังกล่าวมีค่า R-Squared เท่ากับ 98.80% และมีความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์เมื่อวัดด้วยค่า MAPE เท่ากับ 1.59% สำหรับข้อมูลในอดีต และค่า MAPE เท่ากับ 1.16% สำหรับข้อมูล 12 เดือนล่วงหน้า โดยผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 3



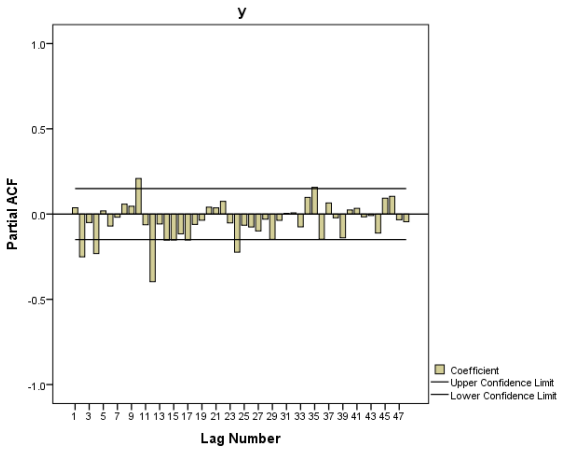
ภาพที่ 5 ค่าฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง (ACF) ของความคลาดเคลื่อนที่ได้จากวิธี Holt-Winters ร่วมกับตัวแบบ ARIMA

3. การพยากรณ์ด้วยตัวแบบ ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average)

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยตัวแบบ ARIMA อนุกรมเวลาที่จะนำมาวิเคราะห์ต้องมีคุณสมบัติ Stationary กล่าวคืออนุกรมเวลาจะต้องมีค่าเฉลี่ยคงที่และความแปรปรวนคงที่ ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์ลักษณะข้อมูลเบื้องต้นของข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายเดือนในประเทศไทยด้วยกราฟ จากภาพที่ 1 พบว่าข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายเดือนในประเทศไทยมีความแปรปรวนและมีฤดูกาลไม่คงที่ ดังนั้นจึงต้องทำการปรับข้อมูลโดยการ Take Natural Logarithms ให้กับข้อมูลดังกล่าว เพื่อให้ข้อมูลมีความแปรปรวนคงที่ และทำการหาผลต่างอันดับที่ 1 ทั้งแบบ Nonseasonal (d=1) และ Seasonal (D=1) จากนั้นนำข้อมูลไปเขียนกราฟแสดงค่าฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง (ACF) และค่าฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อย (PACF) ตามลำดับ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดอันดับที่ p, P, q และ Q ในตัวแบบ ARIMA แสดงดังภาพที่ 6 และภาพที่ 7



ภาพที่ 6 ACF ของ ln Y ที่มี d=1 และ D=1



ภาพที่ 7 PACF ของ ln Y ที่มี d=1 และ D=1

จากภาพที่ 6 และภาพที่ 7 พบว่าอนุกรมเวลา ln Y มีสหสัมพันธ์ในตัวเอง ณ Lag ที่ 2, 4, 12, 35 และ 47 และมีสหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อย ณ Lag ที่ 2, 4, 10, 12, 14, 15, 17, 24, 29 และ 35 โดยตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดคือ ARIMA(0,1,(2))(0,1,1) และมีสมการตัวแบบ คือ

$$(1-B)(1-B^{12})Y'_t = (1-\theta_2 B^2)(1-\Theta_1 B^{12})\varepsilon_t \quad (31)$$

$$Y'_t = Y'_{t-1} + Y'_{t-12} - Y'_{t-13} - \theta_2\varepsilon_{t-2} - \Theta_1\varepsilon_{t-12} + \theta_2\Theta_1\varepsilon_{t-14} + \varepsilon_t \quad (32)$$

โดยที่ $Y'_t = \ln Y_t$ และมีสมการพยากรณ์ คือ

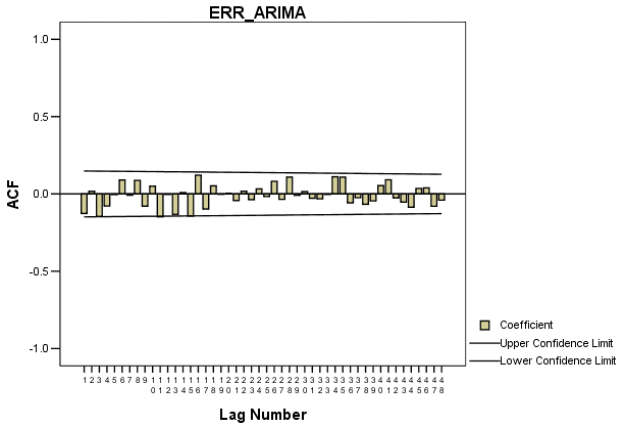
$$\hat{Y}'_t = Y'_{t-1} + Y'_{t-12} - Y'_{t-13} - \hat{\theta}_2 e_{t-2} - \hat{\Theta}_1 e_{t-12} + \hat{\theta}_2\hat{\Theta}_1 e_{t-14} \quad (33)$$

และทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบด้วยวิธีกำลังน้อยที่สุด ได้ค่าต่างๆ ดังนี้

$\hat{\theta}_2$ = 0.30354 (t = 4.31537, p-value = 0.00003)

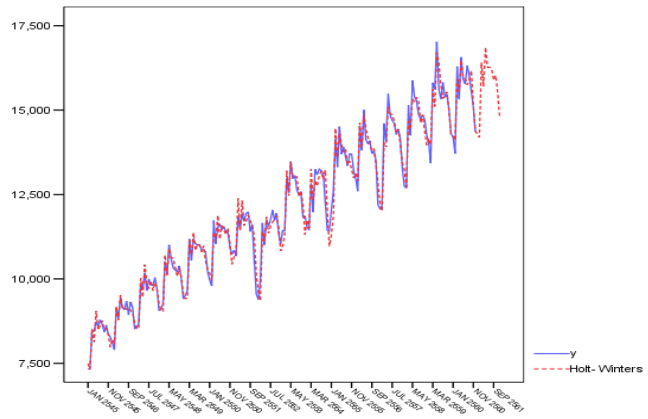
Θ_1 = 0.74681 (t = 11.68934, p-value = 0.00000)

สมการตัวแบบ ARIMA(0,1,(2))(0,1,1) ดังกล่าวมีความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์เมื่อวัดด้วยค่า MAPE เท่ากับ 1.91% และค่า R-Squared เท่ากับ 98.00% และเมื่อตรวจสอบสหสัมพันธ์ในตัวเองของค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้ พบว่าไม่มีสหสัมพันธ์ในตัวเองตั้งแต่ Lag ที่ 1 ถึง Lag ที่ 48 แสดงดังภาพที่ 8 โดยมีค่าสถิติ Q เท่ากับ 51.012 (p-value = 0.356) ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยผลวิเคราะห์แสดงตารางที่ 3

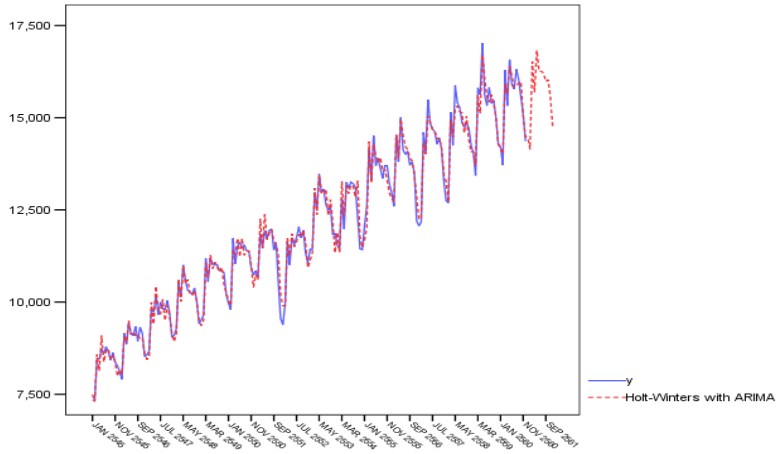


ภาพที่ 8 ค่าฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง (ACF) ของความคลาดเคลื่อนที่ได้จากตัวแบบ ARIMA(0,1,(2))(0,1,1)

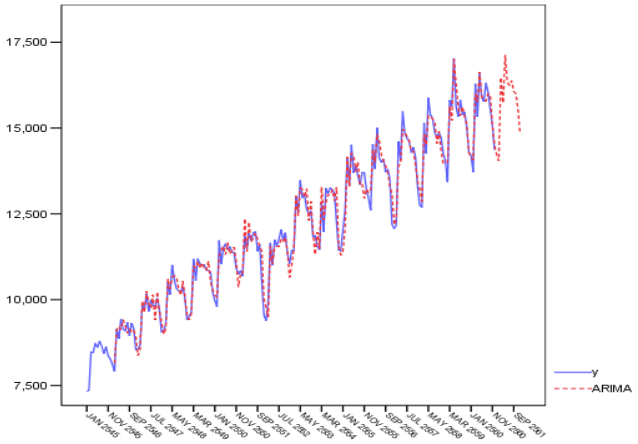
เมื่อได้วิธีพยากรณ์ที่เหมาะสมในแต่ละวิธีพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี และทำการพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยล่วงหน้าตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2561 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2561 จำนวน 12 เดือน แล้วคำนวณค่า MAPE และ R-Squared ของวิธีพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี แสดงดังตารางที่ 3 ส่วนกราฟเปรียบเทียบค่าที่แท้จริงและค่าพยากรณ์โดยวิธี Holt-Winters, วิธี Holt-Winters ร่วมกับตัวแบบ ARIMA และตัวแบบ ARIMA แสดงดังภาพที่ 9 ถึง ภาพที่ 11



ภาพที่ 9 ค่าที่แท้จริงและค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยด้วยวิธี Holt-Winters



ภาพที่ 10 ค่าที่แท้จริงและค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยด้วยวิธี Holt-Winters ร่วมกับตัวแบบ ARIMA



ภาพที่ 11 ค่าที่แท้จริงและค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยด้วยตัวแบบ ARIMA

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายเดือนในประเทศไทยด้วยวิธีพยากรณ์ 3 วิธี

ผลการวิเคราะห์ส่วนเหลือ	1) วิธี Holt-Winters ร่วมกับตัวแบบ ARIMA	2) ตัวแบบ ARIMA(0,1,(2))(0,1,1)
ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล	$\hat{Y}_{t+\ell} = [\hat{\beta}_{0,t} + (\hat{\beta}_{1,t} \times \ell)]\hat{S}_{t+\ell-12} - 0.43501a_{t-2} - 0.18583a_{t-3} - 0.14749a_{t-9} - 0.16631a_{t-11}$	$\hat{Y}'_t = Y'_{t-1} + Y'_{t-12} - Y'_{t-13} - 0.30354e_{t-2} - 0.74681e_{t-12} + 0.22669e_{t-14}$
1. ความเป็นอิสระ	ไม่มีสหสัมพันธ์ในตัวเอง ตั้งแต่ Lag ที่ 1 ถึง 48	ไม่มีสหสัมพันธ์ในตัวเอง ตั้งแต่ Lag ที่ 1 ถึง 48
2. การแจกแจงปกติ	มีการแจกแจงปกติ Z_{KS} = 0.880 p-value = 0.422	มีการแจกแจงปกติ Z_{KS} = 0.731 p-value = 0.658
3. ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างจากศูนย์	ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างจากศูนย์ t = -0.592 p-value = 0.554	ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างจากศูนย์ t = -0.902 p-value = 0.368
4. ความแปรปรวนคงที่	ความแปรปรวนคงที่ W = 0.467 p-value = 0.921	ความแปรปรวนคงที่ W = 0.879 p-value = 0.562
5. ความเหมาะสมของตัวแบบ	ตัวแบบเหมาะสม Q = 32.501 p-value = 0.958	ตัวแบบเหมาะสม Q = 51.012 p-value = 0.356
6. R-Squared(%)	98.80%**	98.00%
7. MAPE (%) **- คิดจากข้อมูลในอดีต 192 เดือน**	1.59%*	1.91%
- คิดจากข้อมูลล่วงหน้า 12 เดือน	1.16%*	1.44%

หมายเหตุ * หมายถึง วิธีพยากรณ์ที่ให้ค่า MAPE ต่ำที่สุด
** หมายถึง วิธีพยากรณ์ที่ให้ค่า R-Squared มากที่สุด

จากตารางที่ 3 เมื่อตรวจสอบความเหมาะสมของวิธี Holt-Winters ร่วมกับตัวแบบ ARIMA พบว่าความคลาดเคลื่อนสุ่มไม่มีสหสัมพันธ์ในตัวเองตั้งแต่ Lag ที่ 1 ถึง 48 เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองของความคลาดเคลื่อนอยู่ภายใต้ขอบเขต $\pm\frac{2}{\sqrt{n}} = \pm 0.144$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, ความคลาดเคลื่อนสุ่มมีการแจกแจงปกติ โดยทำการทดสอบด้วยสถิติทดสอบของ Kolmogorov-Smirnov (Z_{KS} = 0.880, p-value = 0.422), ความคลาดเคลื่อนสุ่มมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างจากศูนย์ โดยทำการทดสอบด้วยสถิติทดสอบ t (t = -0.592, p-value = 0.554) และความคลาดเคลื่อนสุ่มมีความแปรปรวนคงที่โดยทำการทดสอบ

ด้วยสถิติทดสอบของ Levene (W = 0.467, p-value = 0.921) นอกจากนี้วิธี Holt-Winters ร่วมกับตัวแบบ ARIMA มีความเหมาะสม เมื่อทำการทดสอบด้วยสถิติทดสอบ Q ของ Box-Ljung (Q = 32.501, p-value = 0.958) ซึ่งสมการพยากรณ์ด้วยวิธี Holt-Winters ร่วมกับตัวแบบ ARIMA ดังกล่าวมีค่า R-Squared เท่ากับ 98.80% และมีความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์เมื่อวัดด้วยค่า MAPE เท่ากับ 1.59% สำหรับข้อมูลในอดีต 192 เดือน และค่า MAPE เท่ากับ 1.16% สำหรับข้อมูล 12 เดือนล่วงหน้า และเมื่อตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ ARIMA พบว่าความคลาดเคลื่อนสุ่มไม่มีสหสัมพันธ์ในตัวเองตั้งแต่ Lag ที่ 1 ถึง 48, ความคลาดเคลื่อนสุ่มมีการแจกแจงปกติ (Z_{KS} = 0.731, p-value = 0.658), ความคลาดเคลื่อนสุ่มมีค่าเฉลี่ย ไม่แตกต่างจากศูนย์ (t = -0.902, p-value = 0.368) และความคลาดเคลื่อนสุ่มมีความแปรปรวนคงที่ (W = 0.879, p-value = 0.562) นอกจากนี้วิธี Holt-Winters ร่วมกับตัวแบบ ARIMA มีความเหมาะสม เมื่อทำการทดสอบด้วยสถิติทดสอบ Q (Q = 51.012, p-value = 0.356) ซึ่งสมการพยากรณ์ด้วยวิธี Holt-Winters ร่วมกับตัวแบบ ARIMA ดังกล่าวมีค่า R-Squared เท่ากับ 98.00% และมีความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์เมื่อวัดด้วยค่า MAPE เท่ากับ 1.91% สำหรับข้อมูลในอดีต 192 เดือน และค่า MAPE เท่ากับ 1.44% สำหรับข้อมูล 12 เดือนล่วงหน้า

ตารางที่ 4 ค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายเดือนในประเทศไทย ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2562 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2562 โดยใช้วิธี Holt-Winters ร่วมกับตัวแบบ ARIMA

เดือน	ค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้า พ.ศ.2562	เดือน	ค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้า พ.ศ.2562
มกราคม	15,104.82282	**กรกฎาคม**	17,009.83935
กุมภาพันธ์	14,772.92720	**สิงหาคม**	17,138.67480
มีนาคม	17,251.13055	**กันยายน**	16,623.52301
เมษายน	16,485.88711	**ตุลาคม**	16,869.59683
พฤษภาคม	17,656.91224	**พฤศจิกายน**	16,258.17808
มิถุนายน	17,144.21792	**ธันวาคม**	15,531.83856

อภิปรายผล

จากตารางที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายเดือนของประเทศไทยด้วยวิธีพยากรณ์ 3 วิธี พบว่าการพยากรณ์ด้วยวิธี Holt-Winters ร่วมกับตัวแบบ ARIMA ให้ความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ (MAPE) ต่ำที่สุดทั้งจากข้อมูลในอดีต 192 เดือน และจากการพยากรณ์ข้อมูลล่วงหน้า 12 เดือน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.59% และ 1.16% ตามลำดับ และยังมีค่า R-squared มากที่สุดเท่ากับ 98.80% ต่อมาเมื่อพิจารณาภาพที่ 10 จะเห็นได้ว่าค่าที่แท้จริงตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2545 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2561 ของข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายเดือนในประเทศไทย (เส้นทึบสีน้ำเงิน) กับค่าพยากรณ์ที่ได้จาก

วิธี Holt-Winters ร่วมกับตัวแบบ ARIMA (เส้นประสีแดง) ก็มีค่าใกล้เคียงกันมากด้วย ที่เป็นเช่นนี้เพราะวิธีการพยากรณ์ดังกล่าวเป็นการนำวิธีการพยากรณ์ที่ให้ค่าพยากรณ์ที่มีความแม่นยำสูง 2 วิธีมาใช้พยากรณ์ร่วมกัน นั่นคือวิธี Holt-Winters ที่ใช้ การประมาณค่าเริ่มต้นด้วยวิธีของ Ledolter & Abraham ร่วมกับวิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนักซึ่งเป็นวิธีที่ให้ค่าพยากรณ์แม่นยำที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีหาค่าเริ่มต้นอีก 3 วิธี ดังที่ได้แสดงในตารางที่ 1 มาร่วมกับตัวแบบ ARIMA โดยจะนำค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยวิธี Holt-Winters มาพยากรณ์ต่อ แล้วนำค่าพยากรณ์ของความคลาดเคลื่อนที่ได้จากตัวแบบ ARIMA ไปรวมกับค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธี Holt-Winters เหตุที่ต้องนำตัวแบบ ARIMA เข้ามาใช้ร่วมด้วยเป็นเพราะค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการใช้วิธี Holt-Winters ไม่เป็นไปตามข้อตกลงเพราะค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้มีสหสัมพันธ์ในตัวเอง ทำให้ตัวแบบไม่เหมาะสม การนำตัวแบบ ARIMA เข้ามาใช้พยากรณ์ร่วมด้วยจะสามารถแก้ไขปัญหาการมีสหสัมพันธ์ในตัวเองได้ และทำให้ ตัวแบบที่ได้มีความเหมาะสม ดังที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3 ซึ่งอธิบายได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มที่ได้มีคุณสมบัติตรงตามข้อตกลงครบทุกข้อกล่าวคือ ความคลาดเคลื่อนสุ่มมีการแจกแจงปกติ, ไม่มีสหสัมพันธ์ในตัวเอง, มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างจากศูนย์, มีความแปรปรวนคงที่ และตัวแบบดังกล่าวมีความเหมาะสม ดังนั้นการพยากรณ์ด้วยวิธี Holt-Winters ร่วมกับตัวแบบ ARIMA มีความแม่นยำในการพยากรณ์มากกว่าตัวแบบอื่นๆ ที่ศึกษาในครั้งนี้ และเป็นตัวแบบที่เหมาะสมที่สุด เมื่อนำวิธีการพยากรณ์ที่แม่นยำที่สุดที่ได้ไปใช้พยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายเดือนในประเทศไทยปี พ.ศ.2562 ดังตารางที่ 4 ซึ่งพบว่าในปี พ.ศ.2562 จะมีปริมาณการใช้ไฟฟ้ามากกว่าปี พ.ศ.2561 ทุกเดือน ในทำนองเดียวกันปริมาณการใช้ไฟฟ้ารวมทั้งปีพบว่าในปี พ.ศ.2562 จะมีปริมาณการใช้ไฟฟ้ามากถึง 197,847.54846 ล้านกิโลวัตต์ ซึ่งมากกว่าปี พ.ศ.2561 ที่มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าเพียง 187,831.87000 ล้านกิโลวัตต์ แสดงว่าปริมาณการใช้ไฟฟ้ามีแนวโน้มที่จะเพิ่มมากขึ้นในอนาคต หากไม่มีมาตรการรับมือที่ดีอาจจะส่งผลกระทบ ทำให้ในอนาคตประเทศไทยจะเข้าสู่สภาวะขาดแคลนพลังงานไฟฟ้าซึ่งเป็นพลังงานหลักที่ใช้ในการพัฒนาเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม นอกจากนี้ยังอาจส่งผลกระทบกับการอุปโภคบริโภคในประเทศได้ ดังนั้นเพื่อให้เกิดความมั่นคงทางด้านพลังงานของประเทศประชาชนทุกคนควรช่วยกันประหยัดไฟฟ้าและใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในเดือนพฤษภาคมซึ่งเป็นเดือนที่มีค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้ามากที่สุดถึง 17,656.91224 ล้านกิโลวัตต์ และในส่วนของภาครัฐ ควรจะมีมาตรการเตรียมพร้อมสำหรับการผลิตและจัดหาพลังงานไฟฟ้าให้เพียงพอกับความต้องการใช้ไฟฟ้าในประเทศ เช่น การนำพลังงานทดแทนมาใช้หรือ การจัดซื้อไฟฟ้าจากประเทศเพื่อนบ้าน เป็นต้น โดยใช้ค่าพยากรณ์ที่ได้จากงานวิจัยนี้เป็นแนวทางในการวางแผนของกระทรวงพลังงานและหน่วยงานต่างๆ เพื่อให้สอดคล้องกับการพัฒนาประเทศและความเป็นอยู่ที่ดีของประชาชนในประเทศต่อไป

สรุป

การพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายเดือนในประเทศไทย โดยการเปรียบเทียบวิธีพยากรณ์อนุกรมเวลา 3 วิธี คือ 1) วิธี Holt-Winters 2) วิธี Holt-Winters ร่วมกับตัวแบบ ARIMA และ 3) ตัวแบบ ARIMA ซึ่งจะพิจารณาจากความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ (MAPE) ข้อมูลล่วงหน้าจำนวน 12 เดือน และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-Squared) สรุปได้ว่าการพยากรณ์ด้วยวิธี Holt-Winters ร่วมกับตัวแบบ ARIMA เป็นวิธีพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายเดือนในประเทศไทย โดยมีค่า MAPE ต่ำที่สุดเท่ากับ 1.16% และมีค่า R-Squared มากที่สุดเท่ากับ 98.80%

เอกสารอ้างอิง

1. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. ข้อมูลสถิติปริมาณการใช้ไฟฟ้า. [อินเทอร์เน็ต]. 2561 [เข้าถึงเมื่อ 21 ส.ค. 2561]. เข้าถึงได้จาก: http://www.eppo.go.th/index.php/th/energy-information/static-energy/static-electricity?orders[publishUp]=publishUp&issearch=1
2. Hansun S. New Estimation Rules for Unknown Parameters on Holt-Winters Multiplicative Method. J. Math. Fund. Sci 2017;49(2):127-35.
3. NIST/SEMATECH. e-Handbook of Statistical Medthod, Triple Exponential Smoothing. [อินเทอร์เน็ต]. 2561 [เข้าถึงเมื่อ 12 กย. 2561]. เข้าถึงได้จาก:https://www.itl.nist.gov/div898/handbook/pmc/section4/pmc435.htm
4. ศศิประภา ตาลยงค์. การเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยโดยใช้ตัวแบบวินเทอร์ตัวแบบอารีมาและวินเทอร์ที่มีความคลาดเคลื่อนเป็นตัวแบบอารีมา. [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2560.
5. Ledolter J, Abraham B. Statistical Methods for Forecasting. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.; 1983.
6. Box GEP, Jenkins GM. Time series analysis, forecasting and control. San Francisco: Holden Day; 1976.

[BS-O10] การจัดการความเสี่ยงสำหรับบริษัทกรณีศึกษาชนิดรับเหมาก่อสร้างแบบครบวงจร
Risk Management for case study Integrated EPC. Company

ณณฐ์ธรัช เอกะกุลานันต์*
Nontharat Akakulananta*
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: Akakulananta_n@su.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาปัจจัยความเสี่ยงและแนวทางการตอบสนองต่อความเสี่ยงของโครงการจากทีมผู้รับเหมาก่อสร้างแบบครบวงจร (EPC) โดยใช้โครงสร้างงาน WBS (Work Breakdown Structure) และโครงสร้างความเสี่ยง RBS (Risk Breakdown Structure) และการบูรณการประยุกต์ด้วยเทคนิค COSO's ERM Framework ประกอบการสัมภาษณ์และใช้แบบสอบถามในการศึกษากับบุคลากรผู้มีหน้าที่รับผิดชอบในโครงการก่อสร้างของผู้รับเหมาประกอบด้วย ผู้จัดการโครงการ วิศวกรโครงการ วิศวกรสนาม โฟร์แมน ในโครงการก่อสร้างตัวอย่าง 3 โครงการ คือ โครงการ D-188, F-044 , และ F-049 ได้จัดกลุ่มรูปแบบความเสี่ยงออกเป็น 9 ประเภทด้วยกันดังนี้ 1.ภายนอกควบคุมหรือคาดการณ์ไม่ได้, 2.การออกแบบและรายละเอียดประกอบแบบ, 3.การก่อสร้าง, 4.บุคลากร, 5.การขนส่งหรือโลจิกติกส์, 6.การเงินและงบประมาณ, 7.กฎหมายและสัญญาก่อสร้าง, 8.นโยบายและการเมือง และ 9.สังคมและสิ่งแวดล้อม จากการศึกษาพบว่ามีจำนวนเหตุการณ์รายการความเสี่ยงทั้งหมดที่สามารถจะเกิดขึ้นได้กับทุกๆโครงการมีทั้งหมดคือ 177 เหตุการณ์ โดยโครงการที่ 1 คือ D-188 ประกอบด้วยความเสี่ยงระดับสูงมีจำนวน 3 เหตุการณ์ ระดับปานกลางมีจำนวน 44 เหตุการณ์ และระดับต่ำมีจำนวน 130 เหตุการณ์ โครงการที่ 2 คือ F-044 ประกอบด้วยความเสี่ยงระดับสูงมีจำนวน 27 เหตุการณ์ ระดับปานกลางมีจำนวน 19 เหตุการณ์ และระดับต่ำมีจำนวน 131 เหตุการณ์ และ โครงการที่ 3 คือ F-049 ประกอบด้วยความเสี่ยงระดับสูงมีจำนวน 7 เหตุการณ์ ระดับปานกลางมีจำนวน 40 เหตุการณ์ และระดับต่ำมีจำนวน 101 เหตุการณ์ ส่วนวิธีการตอบสนองต่อความเสี่ยงมีแนวทางในการตอบสนอง 4 แนวทาง ที่ใช้มากเรียงไปหาน้อยดังนี้ การลดบรรเทา, การหลีกเลี่ยง, การถ่ายโอน และการยอมรับ ตามลำดับ

คำสำคัญ: *เทคนิคการวิเคราะห์ความผิดพลาดและผลกระทบ, กระบวนการจัดการความเสี่ยงโครงการ, EPC*

Abstract

The aims of this paper were to analyze on the risk management process, important factor and stakeholders of the integrated EPC. The key factor of risk management is risk, problem and uncertainly was very important. Moreover the other factors that effected to the risk management process such as organization, risk management team and all staffs had to be carefully concerned. The risk management process and indicator must relate and conform to the organization strategy resulted to achieve the risk management system with highest efficiency. Then, in the case company study, especially, executive person had to aware and concern on the learning process and understanding of risk management process. This was resulted for risk management

team and staffs to find out the risk and factors and decide the management process to develop the integrated EPC system.

Keywords: *Failure and Impact Analysis Technique, risk management, Integrated EPC (Engineering Procurement and Construction)., Turnkey companies*

บทนำ

ในยุคปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงนั่นเป็นไปอย่างรวดเร็ว การแข่งขันด้านต่างๆ การเติบโตของจำนวนประชากรและที่อยู่อาศัย การข้าถึงข้อมูลและการศึกษา แม้กระทั้งการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ และอีกปัจจัยต่างๆมากมาย ที่มีทั้งผลดีและผลเสีย ล้วนแต่เป็นประเด็นความเสี่ยงที่ส่งผลต่อเนื่องในทุกภาคส่วน รวมไปถึงการขยายตัวของอุตสาหกรรมการก่อสร้าง โดยเฉพาะโครงการก่อสร้างใหญ่ๆของภาครัฐที่คาดว่าจะเริ่มดำเนินการในหลายปีที่ผ่านมาต้องยกเลิกหรือชะลอโครงการออกไป และในช่วงปลายปี พ.ศ. 2557 ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงทางการเมืองส่งผลให้โครงการต่างๆของภาครัฐต้องเริ่มต้นใหม่อีกครั้ง อย่างไรก็ดีงานใหญ่ๆของภาครัฐที่จะดำเนินการในอนาคต ยังเป็นเป้าหมายหลักของบริษัทภาคเอกชน ตลอดจนการลงทุนมากขึ้นทั้งการขยายโรงงาน ภาคพลังงาน ปิโตรเคมี โรงกลั่น เคมีภัณฑ์และอื่น ๆ ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีแนวโน้มที่ดีด้านการลงทุนของภาคเอกชนและมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง บริษัทตัวอย่างได้ดำเนินธุรกิจการให้บริการด้านการออกแบบวิศวกรรมการจัดหาเครื่องจักรและอุปกรณ์และการก่อสร้างแบบครบวงจร (Integrated Engineering, Procurement and Construction, Integrated EPC) มีประสบการณ์ และความเชี่ยวชาญในด้านการออกแบบวิศวกรรม (Engineering Design) การจัดซื้อจัดหาเครื่องจักรและอุปกรณ์ (Procurement of Machinery and Equipment) และการรับเหมาก่อสร้างโรงงานอุตสาหกรรม (Construction of Turn-key Projects for Industrial and Process Plants) ซึ่งคลอบคลุมถึงระบบการผลิต ระบบสาธารณูปโภคของโรงงาน และระบบการจัดเก็บ ลำเลียง และขนส่งผลิตภัณฑ์ โดยกลุ่มลูกค้าของบริษัทได้แก่ ผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมพลังงานปิโตรเคมี โรงกลั่น เคมีภัณฑ์ และอื่น ๆ โดยการเป็นผู้นำในการให้บริการ Integrated EPC ตลอดระยะเวลากว่า 34 ปีที่ผ่านมา บริษัทประสบความสำเร็จในการให้บริการออกแบบและก่อสร้างโรงงานต่าง ๆ มากกว่า 220 โครงการ ทำให้บริษัทมีชื่อเสียง และได้รับความไว้วางใจอย่างสูงจากลูกค้า ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องคุณภาพของงานการออกแบบ การก่อสร้างส่งมอบงานตามกำหนดการ และความปลอดภัยในการดำเนินงาน[1] ธุรกิจรับเหมาก่อสร้างจึงเป็นธุรกิจหนึ่งที่มีความเสี่ยงต่างๆ สูง การดำเนินงานมักประสบกับเหตุการณ์ที่ไม่แน่นอน (Uncertainty) หรือ “ความเสี่ยง (Risk)” เกิดขึ้นได้ตลอดเวลา เหตุการณ์เหล่านั้นอาจส่งผลในเชิงลบหรือเชิงบวกต่อการดำเนินงาน หากส่งผลในเชิงบวกจะช่วยสร้าง “โอกาส (Opportunity)” แต่หากส่งผลในเชิงลบถือว่าเป็น “อุปสรรค ,ภัยคุกคาม (Threats)” ทำให้ไม่สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานได้ เช่น งานล่าช้า งานไม่ได้มาตรฐานตามข้อกำหนด งานไม่เสร็จตามสัญญา เกิดข้อพิพาทระหว่างหน่วยงานของเจ้าของงาน ผู้ควบคุมงาน ผู้รับเหมา และถูกยกเลิกสัญญา เป็นต้น[2] ส่วนหนึ่งของปัญหานั้นพบว่าเกิดจากการบริหารงานโครงการ (Project Management) ที่ขาดการตระหนักถึงจัดการความเสี่ยง (Risk Management) หรือมีการจัดการความเสี่ยงที่ไม่มีประสิทธิภาพตั้งแต่เริ่มต้น[3] ดังนั้นเพื่อให้งานก่อสร้างบรรลุตามวัตถุประสงค์ การบริหารงานก่อสร้างในแต่ละโครงการควรมีกระบวนการจัดการความเสี่ยงที่มีประสิทธิภาพและมีความเหมาะสมตามลักษณะของงานก่อสร้างที่แตกต่างกันออกไป

งานวิจัยนี้จึงถือเป็นส่วนหนึ่งในช่วยวิเคราะห์ความเสี่ยงเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการ คือการบ่งบอกถึงความไม่แน่นอนของแต่ละปัจจัยเสี่ยงและส่งผลกระทบต่อโครงการอย่างไร สิ่งใดที่ควบคุมได้ และสิ่งใดที่ควบคุมไม่ได้ แล้วมีการ

ดำเนินการตอบสนองต่อความเสี่ยงเพื่อลดหรือบรรเทาความรุนแรงของผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นได้ มีกระบวนการจัดการความเสี่ยงในด้านเชิงป้องกันและเชิงรุกเพื่อช่วยให้โครงการประสบผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ได้

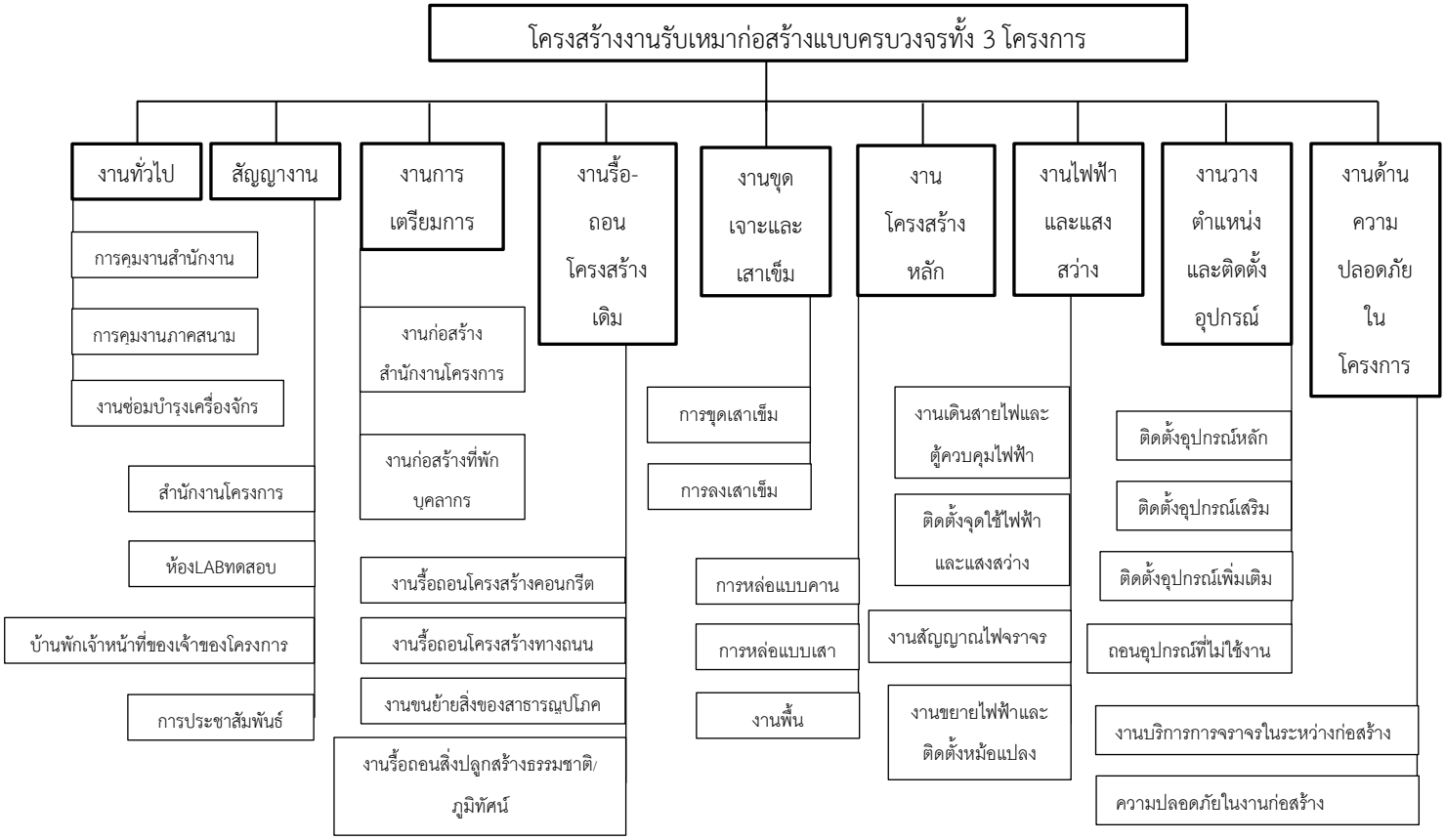
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อหาปัจจัยความเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อผู้รับเหมาในงานก่อสร้างแบบครบวงจร
2. เพื่อหาการตอบสนองความเสี่ยงที่มีผลกระทบต่อผู้รับเหมาก่อสร้างแบบครบวงจร

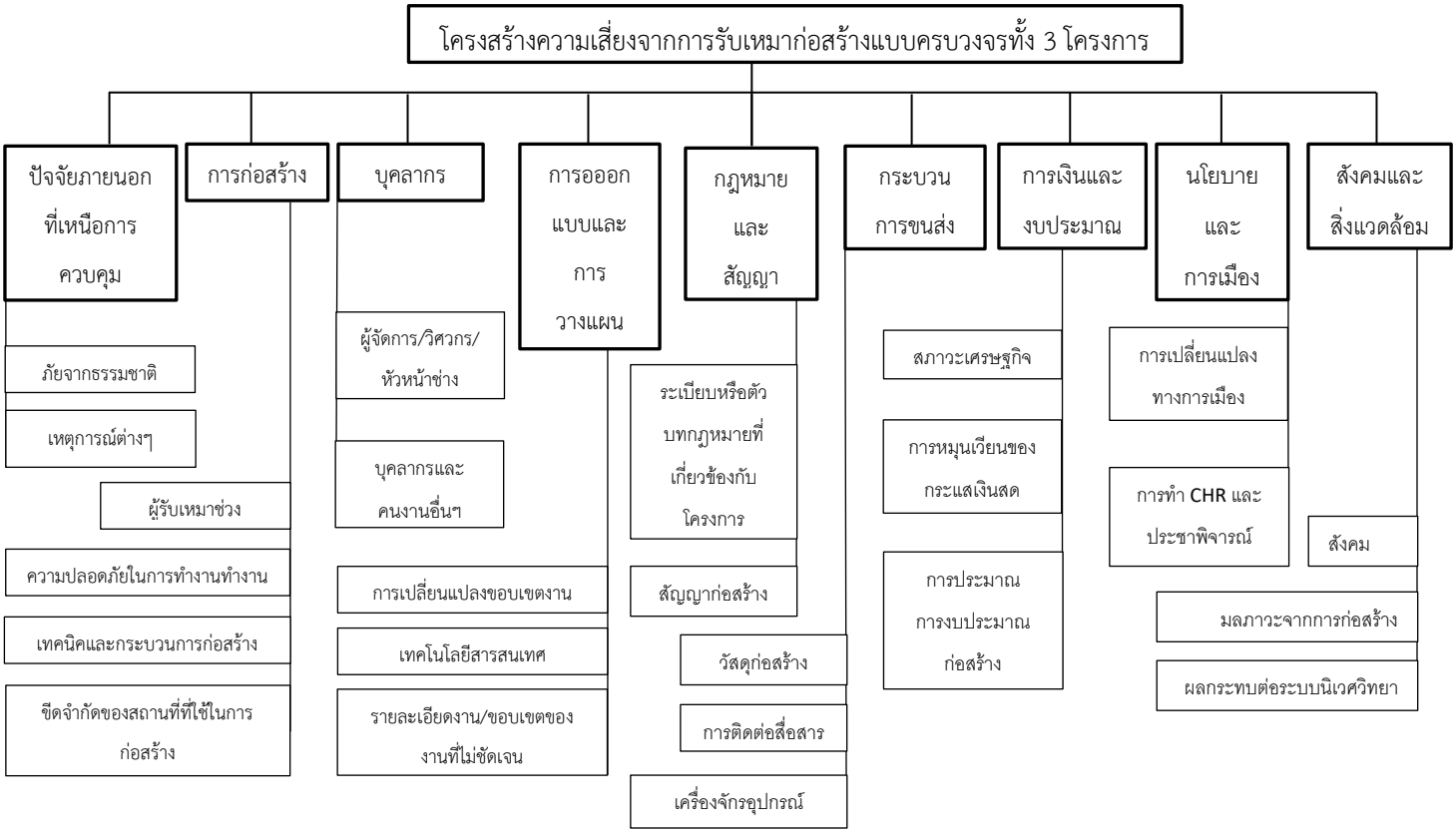
ขอบเขตของงานวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ประยุกต์ใช้เทคนิคบางส่วนจากการวิเคราะห์ความเสี่ยง COSO'S ERM Framework มาใช้เพื่อหาแนวทางปรับปรุงกระบวนการปฏิบัติงานเพื่อลดความผิดพลาด และความเสี่ยงในโครงการตัวอย่างโดยเลือกทำการศึกษาเฉพาะที่เป็นลูกค้าของบริษัทกรณีศึกษาใน 3 โครงการด้วยกัน โดยขนาดของโครงการที่มีขนาดมูลค่าไม่เกิน 7,500 ล้านบาท

แผนภูมิที่ 1.1 โครงสร้างงาน WBS



แผนภูมิที่ 1.2 โครงสร้างความเสี่ยง RBS



ตารางที่ 1.3 ข้อมูลโครงการตัวอย่างจากบริษัทกรณีศึกษา

ที่	ชื่อลูกค้า/ที่ตั้งโครงการ	ลักษณะงาน	ประเภทงาน	ระยะเวลาในการดำเนินงาน	มูลค่างาน (ล้านบาท)
1	PTT Global Chemical Public Company Limited / ประเทศไทย (ระยอง)	โครงการก่อสร้างโรงงานปิโตรเคมี	E.P.C.	Jul'15 to Jan'18	6,300
2	Viet – Lao Chemical and Rock Salt Company Limited / สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว	โครงการก่อสร้าง Rock salt exploitation and processing plant	E.P.C	Aug'15 to Jun'18	6,900
3	Qatar Electricity & Water Company / ประเทศกาตาร์	โครงการก่อสร้างโรงงานแปลงน้ำทะเลให้เป็นน้ำจืด	E.P.C.	Mar'15 toJan'17	7,200

ตารางที่ 1.4 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ที่	ข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง		โครงการตัวอย่างที่/จำนวน(คน)		
			ที่ 1	ที่ 2	ที่ 3
1	เพศ	- ชาย	89	107	119
		- หญิง	41	37	53
2	ระดับการศึกษา	- ระดับ ปวช.	33	21	47
		- ระดับ ปวส.	25	30	44
		- ระดับ ปริญญาตรี	57	74	68
		- ระดับ ปริญญาโท	15	19	13
3	ตำแหน่งงาน	- คณะกรรมการประเมินความเสี่ยง	19	19	19
		- ผู้จัดการโครงการ	1	1	1
		- วิศวกรโครงการ	57	67	81
		- วิศวกรสนาม	23	21	22
		- ฝ่ายบุคคล	4	4	7
		- ฝ่ายบัญชีและงบประมาณ	8	8	9
		- โฟร์แมน	18	24	33
4	ประสบการณ์	- ต่ำกว่า 3 ปี	24	32	19
		- 3 ถึง 5 ปี	51	66	88
		- 5 ถึง 10 ปี	12	11	7
		- 10 ถึง 15 ปี	25	21	28
		-15 ถึง 20 ปี	11	9	18
		-มากกว่า 20 ปี	7	5	12
		รวม	130 คน	144 คน	172 คน

วิธีการดำเนินงานวิจัย

1. วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้การวิจัยเชิงสำรวจและอบรม (Survey & Training Research) โดยกลุ่มประชากรการจากสำรวจและรวบรวมข้อมูลต่างๆคือ

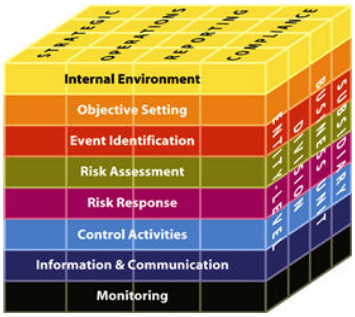
1. ใช้การอบรมและตอบแบบฟอร์มการวิเคราะห์ความเสี่ยงมาช่วยในการพิจารณาเช่น การสัมภาษณ์ ผู้จัดการโครงการ วิศวกรโครงการ ฯลฯ 2. จัดทำโครงสร้างงานWBS (Work Breakdown Structure) [4], (แผนภูมิที่1.1)

3. จัดทำโครงสร้างความเสี่ยงRBS (Risk Breakdown Structure) [4] , (แผนภูมิที่1.2)

4. ผลของแบบสอบถามและข้อเสนอแนะอื่น

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การนำเอามิติของ COSO's Frame work ERP มาประยุกต์ใช้ (ภาพที่ 2.1), แบบสอบถามเพื่อใช้ในการประเมินความเสี่ยง (ภาพที่ 2.2)



ภาพที่ 2.1 ตัวอย่าง COSO's Frame work ERP

Project Risk Management

No.	Risk Item	Risk Evaluation						Risk Action Plan					Expected Cost Impact (USD)	Expected Schedule Impact (Months)
		Likelihood				Impact	Risk Rating	Existing Control Monitoring	Proposed Actions (If needed)	Risk Owner	Due Date	Risk Status		
		Probability	Detectability	Controls	Score									
						Schedule								
						Cost								
						Reputation								
						HSE								
						Compliance								

ภาพที่ 2.2 แบบสอบถามเพื่อใช้ในการประเมินความเสี่ยง

จากข้อมูลการอบรมและตอบแบบฟอร์มสอบถามจากผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับโครงการตัวอย่างทั้ง 3 โครงการภายในบริษัทกรณีศึกษา (ตารางที่1.3) ซึ่งได้รับความร่วมมือในการตอบแบบฟอร์มสอบถามจากผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในโครงการตัวอย่างที่ 1 จำนวน 130 คนในโครงการตัวอย่างที่ 2 จำนวน 144 คน และ ในโครงการตัวอย่างที่ 3 จำนวน 172 คน (ตารางที่1.4)

3. ผลการวิจัย

จากการสำรวจและรวบรวมข้อมูลต่างๆ จากการอมรมและสอบถามผู้เชี่ยวชาญ ผู้จัดการโครงการ วิศวกรโครงการ วิศวกรสนาม ฯลฯ ของโครงการก่อสร้างตัวอย่างทั้ง 3 โครงการที่ใช้เป็นกรณีศึกษา โดยนำมาพิจารณาร่วมกับโครงสร้างงานของ WBS (แผนภูมิที่ 3.1) จะสามารถแบ่งงานได้เป็น 9 ประเภทงานคือ

1. งานทั่วไป
2. สัญญางาน
3. งานเตรียมการ
4. งานรื้อ-ถอนโครงสร้างเดิม
5. งานขุดเจาะและเสาเข็ม
6. งานโครงสร้างหลัก
7. งานไฟฟ้าและแสงสว่าง
8. งานวางตำแหน่งและติดตั้งอุปกรณ์
9. งานด้านความปลอดภัยใน

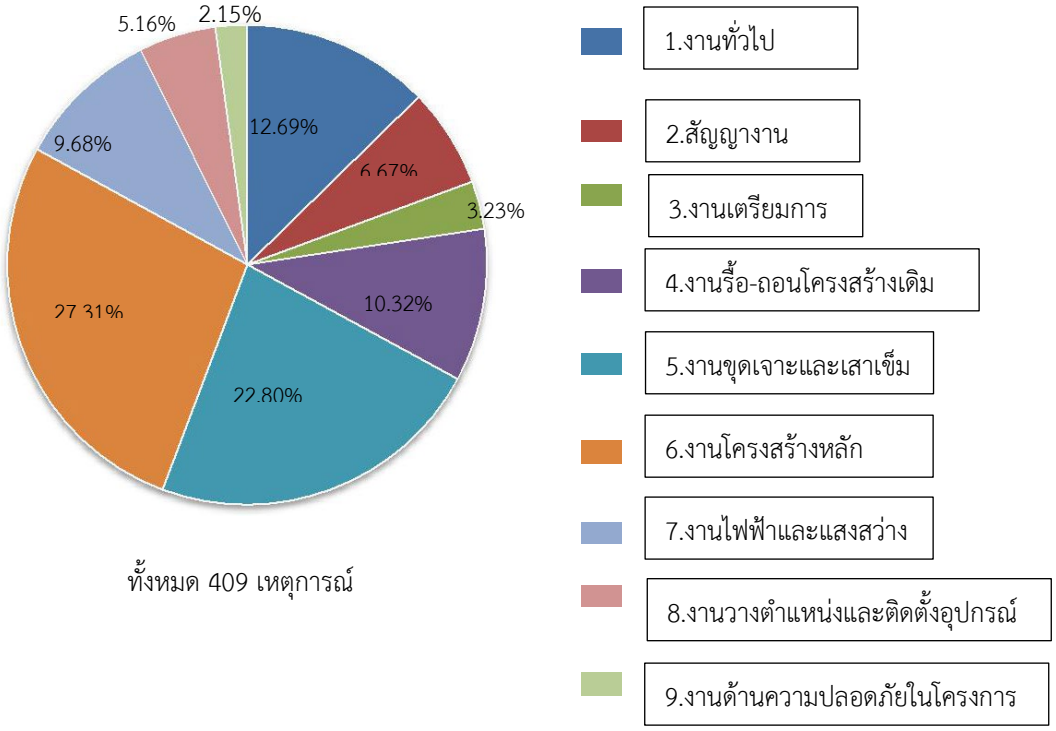
และโครงสร้างของความเสี่ยง RBS (แผนภูมิที่ 3.2) ก็จะสามารถแบ่งออกเป็นอีก 9 กลุ่มด้วยกันคือ

1.ปัจจัยภายนอกที่เหนือการควบคุม
2.การก่อสร้าง
3.บุคลากร
4.การออกแบบและการวางแผน
5.กฎหมายและสัญญาก่อสร้าง
6.กระบวนการขนส่ง
7.การเงินและงบประมาณ
8.นโยบายและการเมือง
9.สังคมและสิ่งแวดล้อม

โดยระดับความเสี่ยงจำแนกตามโครงสร้าง WBS และ โครงสร้าง RBS (ตารางที่ 3.1) จากระดับของโอกาสที่เกิดและระดับผลกระทบจะนำมาคำนวณจากการให้คะแนน Risk Rating จะแบ่งได้เป็น 3 ระดับคือ

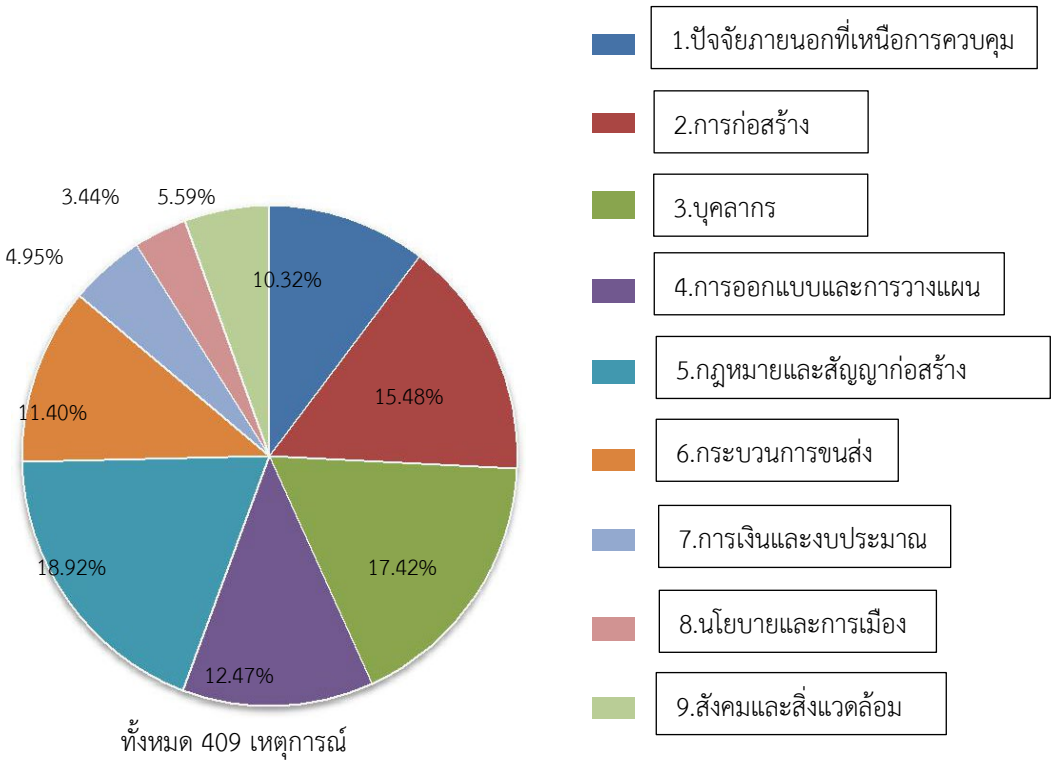
- ระดับความเสี่ยงสูง มีจำนวน 26 เหตุการณ์
- ระดับความเสี่ยงปานกลาง มีจำนวน 147 เหตุการณ์
- ระดับความเสี่ยงต่ำ มีจำนวน 236 เหตุการณ์

แผนภูมิที่ 3.1 แสดงเหตุการณ์ความเสี่ยงจำแนกตามโครงสร้างงาน WBS



ทั้งหมด 409 เหตุการณ์

แผนภูมิที่ 3.2 เหตุการณ์ความเสี่ยงจำแนกตามโครงสร้างความเสี่ยง RBS



ทั้งหมด 409 เหตุการณ์

ตารางที่ 3.1 ระดับความเสี่ยงจำแนกตามโครงสร้าง WBSและระดับความเสี่ยงจำแนกตามโครงสร้าง RBS

ที่	หมวดงาน		จำนวนเหตุการณ์ความเสี่ยง							
	WBS	RBS	ต่ำ		ปานกลาง		สูง		รวม	
1	งานทั่วไป	ปัจจัยภายนอกเหนือการควบคุม	29	24	19	15	3	3	51	42
2	สัญญางาน	การก่อสร้าง	16	37	10	23	2	4	28	64
3	งานเตรียมการ	บุคลากร	9	41	5	26	1	5	15	72
4	งานรื้อถอนโครงสร้างเดิม	การออกแบบและการวางแผน	24	29	15	18	3	3	42	50
5	งานขุดเจาะและเสาเข็ม	กฎหมายและสัญญาก่อสร้าง	54	45	34	28	6	5	94	78
6	งานโครงสร้างหลัก	กระบวนการขนส่ง	64	27	39	17	7	3	110	47
7	งานไฟฟ้าและแสงสว่าง	การเงินและงบประมาณ	23	12	14	7	2	1	39	20
8	งานวางตำแหน่งและติดตั้งอุปกรณ์	นโยบายและการเมือง	12	8	8	5	1	1	21	14
9	งานด้านความปลอดภัยในโครงการ	สังคมและสิ่งแวดล้อม	5	13	3	8	1	1	9	22
	รวม		236		147		26		409	

4. สรุปและอภิปรายผล

ผลการวิจัยพบว่าการตอบสนองต่อความเสี่ยงนั้นไปสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญประเมินวิธีการตอบสนอง (ภาพที่ 2.2) ช่อง Risk Evaluation แล้วจัดทำเป็นแนวทางการตอบสนองความเสี่ยง โดยแนวทางการตอบสนองความเสี่ยงมี 4 แนวทางดังนี้

1. การหลีกเลี่ยง (Avoid) – เป็นการปรับเปลี่ยนแผนงานเพื่อจำกัดความเสี่ยง เงื่อนไข หรือ เพื่อป้องกันวัตถุประสงค์จากผลกระทบ เช่น การลด/การปรับรูปแบบวิธีการทำงาน การปรับเปลี่ยนขอบเขตงาน
2. การลดบรรเทา (Mitigate) – เป็นการลดความน่าจะเป็น และ/หรือผลกระทบเชิงลบของ ความเสี่ยงให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้
3. การถ่ายโอน(Transfer) – เป็นการถ่ายโอนผลกระทบไปยังผู้อื่นที่มีความสามารถ ตอบสนองต่อความเสี่ยงได้ดีกว่า เช่น การประกันความเสียหาย การประกันความ เสียหาย
4. การยอมรับ(Acceptance) – ในขณะนั้นไม่สามารถบ่งชี้กลยุทธ์ที่เหมาะสม แต่จะมีการ จัดการเมื่อความเสี่ยงนั้นเกิดขึ้น

การตอบสนองความเสี่ยง ในการตอบสนองความเสี่ยงระดับสูงสุดจำนวน 26 เหตุการณ์ จึงสรุปมาเป็นแนวทางในการตอบสนองความเสี่ยงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การตอบสนองความเสี่ยง

ที่	การตอบสนองความเสี่ยง	จำนวนที่ใช้ตอบสนอง	% ต่อความเสี่ยง
1	การหลีกเลี่ยง	22	61.11
2	การถ่ายโอน	10	27.78
3	การลดบรรเทา	29	80.56
4	การยอมรับ	13	36.11

หมายเหตุ จำนวนความเสี่ยงระดับสูง 26 เหตุการณ์

แนวทางการตอบสนองต่อที่ใช้มากเรียงจากมากไปหาน้อยดังนี้ การลดบรรเทา การหลีกเลี่ยง การยอมรับ และการถ่ายโอน ตามลำดับ และในการตอบสนองต่อความเสี่ยง 1 เหตุการณ์มักจะใช้มากกว่า 1 วิธีการตอบสนองความเสี่ยงนั้น

5. เอกสารอ้างอิง

1. ข้อมูลบริษัท [อินเตอร์เน็ท]. 2557. [เข้าถึงเมื่อ 10 ธันวาคม 2559] โดย http://www.ttcl.com/about/company_profile
2. พีระยุทธ เรียบวงศา(2546) “กรณีศึกษาการบริหารความเสี่ยงในโครงการก่อสร้างสถานีไฟฟ้าของ การไฟฟ้านครหลวง”, สาขาวิชาวิศวกรรมและการบริหารการก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระ จอมเกล้าธนบุรี
3. พงษ์พันธ์ พลเสน(2552) “กระบวนการจัดการความเสี่ยงของการดำเนินโครงการก่อสร้างใน มุมมองของผู้รับเหมา”, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
4. Project Management Institute “A Guide to The Project Management Body of Knowledge (PMBOK@ Guide) Third Edition 2004”, Pennsylvania

[BS-P01] ผลของสารสกัดจากใบและกิ่งมะสังต่อร้อยละการตายของหนอนกระทู้หอม

Effects of *Feroniella lucida* (Scheff.) Swingle Leaf and Branch Extract on Mortality Percentage of *Spodoptera exigua* (Hubner)

วลัยรัตน์ หินซุย[1], จุฑามาศ สารแก้ว[1], ปุณณานันท์ พันธ์แก่น[2] และ ปรินทร เต็มญารศิลป์[1,*]
Walairat Hinsui[1], Jutamas Sankeaw[1], Poonnanan Phankaen[2], and Parinthorn Temyarasilp[1,*]
[1]หลักสูตรเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี 13180 ประเทศไทย
[2]มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สระแก้ว จังหวัดสระแก้ว 27000 ประเทศไทย

บทคัดย่อ

หนอนกระทู้หอมเป็นแมลงที่ทำความเสียหายกับพืชหลายชนิด โดยยากต่อการควบคุมและกำจัดด้วยสารกำจัดศัตรูพืช งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของสารสกัดจากใบและกิ่งมะสังต่อหนอนกระทู้หอมในวัยที่ 2 โดยวิธีรับสัมผัสทางด้านบน พบว่า สารสกัดจากใบและกิ่งมะสังมีฤทธิ์เป็นสารฆ่าแมลง โดยสารสกัดจากใบมะสังซึ่งใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย ออกฤทธิ์ที่ดีที่สุด (ร้อยละการตาย: 83.33±0.58) จากการใช้ความเข้มข้นของสารสกัด 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร (พีพีเอ็ม) ที่เวลาทดสอบ 48 ชั่วโมง ดังนั้นสารสกัดจากมะสังจึงมีแนวโน้มในการนำไปใช้แทนสารเคมีในการกำจัดแมลงศัตรูพืชได้

คำสำคัญ: *มะสัง, ร้อยละการตาย, หนอนกระทู้หอม*

Abstract

Spodoptera exigual (Hubner), an important insect pest of many field crops, has been difficult to control and eliminated with the pesticide. This study explored the effects of *Feroniella lucida* (Scheff.) Swingle Leaf and branch extract on second instar *Spodoptera exigua* (Hubner) larvae by the topical application method. The leaf and branch extracts showed insecticide activities; the methanol crude extract of *Feroniella lucida* (Scheff.) Swingle Leaf, 5,000 milligram per liter (ppm) at 48 testing hours, gave the highest toxicity (mortality percentage: 83.33±0.58). The extracts of *Feroniella lucida* (Scheff.) Swingle may be an alternative for natural pesticide against this insect pest.

Keywords: *Feroniella lucida (Scheff.) Swingle, mortality percentage, Spodoptera exigual (Hubner)*

บทนำ

หนอนกระทู้หอม (*Spodoptera exigua* (Hubner)) เป็นแมลงที่ทำความเสียหายกับพืชเศษฐกิจหลายชนิด ทั้งพืชผัก ไม้ผล พืชไร่ และไม้ดอก เช่น พืชผักตระกูลกะหล่ำทุกชนิด หอมแดง หน่อไม้ฝรั่ง ถั่วฝักยาว กระเจี๊ยบเขียว เผือก มะเขือเทศ พริก องุ่น ถั่วเหลือง ข้าวโพด กุหลาบ และกล้วยไม้ เป็นต้น ซึ่งเป็นสินค้าส่งออกของประเทศไทย นอกจากนี้ยังเป็นแมลงที่ยากต่อการควบคุมและกำจัดด้วยสารกำจัดศัตรูพืช (pesticide) ทำให้เกษตรกรต้องใช้สารเคมีเพื่อกำจัดหนอนกระทู้หอมในปริมาณที่มากขึ้น ส่งผลทำให้ในปัจจุบันอัตราต้นทุนในการทำการเกษตรที่สูงขึ้น ในขณะที่การส่งออกสินค้าลดลง เนื่องจากตรวจพบว่าในสินค้าส่งออกของประเทศไทยนั้น มีสารเคมีตกค้างในผลผลิตเกินกำหนด นอกเหนือจากนั้นการใช้สาเคมีสังเคราะห์ยังส่งผลกระทบต่อ

สิ่งแวดล้อม และสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศที่ไม่ใช้เป้าหมาย รวมถึงปัญหาการต้านทานต่อสารกำจัดแมลงทำให้มีการใช้สารเคมีเพิ่มขึ้นในทุกๆปี โดยประเทศไทยมีการระบาดของหนอนกระทู้หอมในหลายจังหวัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งจังหวัดภาคกลาง อาทิ กรุงเทพมหานคร นนทบุรี ปทุมธานี สมุทรสาคร สมุทรสงคราม เป็นต้น

การใช้สารสกัดจากพืชจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการวิจัย เพื่อควบคุมแมลงศัตรูพืช เนื่องจากสารสกัดจากพืชไม่คงทนและสลายตัวง่าย ทำให้ไม่เกิดสารพิษตกค้างในผลผลิต และสิ่งแวดล้อม เช่น การใช้สารริซินีน (ricinine) และสารสกัดหยาบ (crude extract) ที่สกัดได้จากใบละหุ่งแดง (*Jatropha gossypifolia*) เพื่อควบคุมประชากรของหนอนกระทู้หอมวัยที่ 2[2,3], นอกจากนั้นมีการใช้สารจากพืช เช่น น้ำมันหอมระเหยสำหรับควบคุมแมลงศัตรูพืช ได้แก่ thymol, linalool, pulegone และ cineole ในการควบคุมหนอนใยผัก (*Plutella xylostella*)[4]

จากความหลากหลายทางชนิดพันธุ์ของพืชสมุนไพรในประเทศไทยที่สามารถนำมาสกัดสารสำคัญจากพืชเพื่อรักษาโรคและผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางชนิดต่างๆแล้ว สามารถนำสมุนไพรมาพัฒนาประสิทธิภาพ แยกสารออกฤทธิ์ และทดสอบเพื่อใช้กำจัดศัตรูพืชได้อีกด้วย เช่น มะสัง (*Feroniella lucida* (Scheff.)) ซึ่งเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ เจริญเติบโตได้ดีในดินร่วนซุยที่อุดมสมบูรณ์ มีความชุ่มชื้นอย่างสม่ำเสมอ ในประเทศไทยเองพบการแพร่กระจายมากแถบภาคอีสานและภาคกลาง ตามป่าดิบแล้งหรือทุ่งนา โดยชาวบ้านนิยมใช้เป็นอาหารและยารักษาโรค ซึ่งในปัจจุบัน ยังมีการศึกษาที่ไม่แพร่หลายมากนักในการนำสารจากมะสังมาทดสอบและพัฒนาประสิทธิภาพสำหรับควบคุมหนอนกระทู้หอม ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสกัดสารหยาบจากใบและกิ่งของมะสังที่มีความเป็นพิษต่ออัตราการตายของหนอนกระทู้หอม เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในแปลงปลูกผักเศรษฐกิจและพัฒนาประสิทธิภาพของสารสกัดจากมะสังเพื่อใช้ในเชิงพาณิชย์ต่อไปในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเลี้ยงเพื่อขยายพันธุ์หนอนกระทู้หอม

1.1 คัดเลือกไข่หนอนกระทู้หอมจากศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ (Biotech)

1.2 นำมาเลี้ยงต่อในอาหารเทียม ภายใต้การควบคุมอุณหภูมิของห้องเลี้ยงแมลงที่ 26 องศาเซลเซียส ปริมาณความความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 75

1.3 ทำการเปลี่ยนอาหารเทียมและกล่องเลี้ยงหนอนกระทู้หอมทุก 2 วัน เพื่อป้องกันการติดเชื้อ และทำความสะอาดกล่องเลี้ยงด้วยแอลกอฮอล์ร้อยละ 95

1.4 เมื่อหนอนกระทู้หอมเข้าสู่ระยะดักแด้ ทำการล้างดักแด้ด้วยฟอร์มาลินเข้มข้นร้อยละ 0.1 เพื่อลดความสกปรกและลดอัตราการตายของหนอน

1.5 ย้ายดักแด้ไว้ในกรงเลี้ยงที่บุด้วยผ้าขาวบางขนาด 45x45 เซนติเมตร เพื่อเตรียมเข้าสู่ระยะตัวเต็มวัย

1.6 เก็บกลุ่มไข่ของหนอนกระทู้หอมและนำมาเลี้ยงต่อในอาหารเทียม

2. การสกัดสารสกัดหยาบจากใบและกิ่งมะสัง (Crude extraction)[3]

2.1 หั่นใบและกิ่งมะสังเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำไปตากให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปอบจนแห้งสนิท จากนั้นนำไปปั่นให้ละเอียด

2.2 ชั่งใบและกิ่งมะสังอย่างละ 100 กรัม แล้วห่อด้วยผ้าขาวบางนำไปสกัดโดยแช่ในตัวทำละลาย 4 ชนิด ชนิดละ 500 มิลลิลิตร. ได้แก่ เฮกเซน, ไดคลอโรมีเทน, เอทิลอะซีเตท และ เมทานอล ตามลำดับ โดยทำการแช่เป็นเวลา 7 วัน ต่อชนิดตัวทำละลาย

2.3 นำสารสกัดที่ได้ของแต่ละตัวทำลายไประเหยเอาตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุน

2.4 ชั่งน้ำหนักสารสกัดหยาบที่ได้ พร้อมคำนวณร้อยละของสารสกัดหยาบ

2.5 นำสารสกัดหยาบที่ได้เก็บไว้ในขวดสีชา ที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อเตรียมไปทดสอบสารออกฤทธิ์ในการกำจัดหนอนกระทู้หอมวัยที่สองต่อไป

3. การทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลัน (Acute toxicity) ต่อหนอนกระทู้หอม[3]

3.1 เตรียมสารละลายสารสกัดหยาบจากใบและกิ่งมะสัง ที่ความเข้มข้น 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร (พีพีเอ็ม) เจือจางด้วยอะซิโตน (ภาพที่ 1)

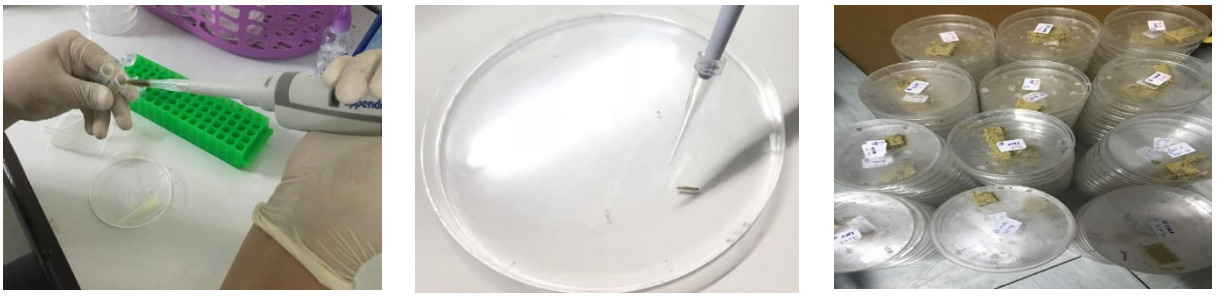
3.2 การทดลองจะทำลองในห้องปฏิบัติการ โดยมีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design; CRD) โดยทดสอบความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ตัว

3.3 นำสารสกัดที่ความเข้มข้นที่เตรียมไว้ไปทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลันต่อหนอนกระทู้หอมด้วยวิธีการรับสัมผัสโดยการหยดสารลงบนตัวสัตว์ทดลองจากด้านบน (Topical Application Method) ที่ตำแหน่งเซฟาโลทอแรกซ์ (Cephalothorax) ปริมาตร 2 ไมโครลิตรต่อตัว และเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ถูกทดสอบด้วยสารละลายอะซิโตน (ภาพที่ 2)

3.4 นำหนอนกระทู้หอมไปเลี้ยงต่อภายในกล่องพลาสติกด้วยอาหารเทียม ภายใต้การควบคุมอุณหภูมิของห้องเลี้ยงแมลง (ภาพที่ 3)

3.5 ทำการตรวจนับการตายของหนอนกระทู้หอมที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง และทำการบันทึกผลลักษณะการตาย

3.6 วิเคราะห์ข้อมูลหาเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนตามสูตร Abbott's formula[1]



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 1 การทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลัน (ก) การเตรียมสารสกัดของมะสังที่ความเข้มข้นต่างๆ (ข)การทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลันต่อหนอนกระทู้หอมด้วยวิธีการรับสัมผัสการ และ (ค) เลี้ยงหนอนกระทู้หอมหลังจากที่ได้รับสารสกัด

ผลการวิจัย

1. การสกัดสารสกัดหยาบจากใบและกิ่งมะสัง (Crude extraction)

จากการนำใบและกิ่งมะสังอย่างละ 100 กรัม สกัดด้วยตัวทำละลาย 4 ชนิด ได้แก่ เฮกเซน, ไดคลอโรมีเทน, เอทิลอะซีเตต และ เมทานอล ตามลำดับ โดยร้อยละของสารสกัดหยาบที่ได้ ซึ่งจะพบว่า สารสกัดจากใบมะสังจะมีร้อยละโดยน้ำหนักของสารสกัดหยาบมากว่าสารสกัดจากกิ่งมะสัง ยกเว้นตัวทำละลายเฮกเซน แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงร้อยละโดยน้ำหนักและลักษณะของสารสกัดหยาบของสารสกัดหยาบจากใบและกิ่งมะสัง

ส่วนของพืช	ตัวทำละลาย	ร้อยละโดยน้ำหนักของสารสกัดหยาบ (%w/w)	ลักษณะของสารสกัดหยาบ
ใบ	เฮกเซน	0.061	ของเหลวเหนียวสีเขียวเข้ม
	ไดคลอโรมีเทน	1.439	ของเหลวเหนียวสีเขียวเข้ม
	เอทิลอะซีเตต	1.878	ของเหลวเหนียวสีดำ
	เมทานอล	2.893	ของเหลวเหนียวสีดำ
กิ่ง	เฮกเซน	0.434	ของเหลวเหนียวสีเขียวเข้ม
	ไดคลอโรมีเทน	0.547	ของเหลวเหนียวสีเขียวเข้ม
	เอทิลอะซีเตต	0.632	ของเหลวเหนียวสีดำ
	เมทานอล	1.129	ของเหลวเหนียวสีดำ

2. ผลการทำสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากใบและกิ่งมะสัง

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบของใบและกิ่งมะสัง ด้วยสารละลาย เฮกเซน, ไดคลอโรมีเทน, เอทิลอะซีเตต และเมทานอล ต่อการตายของหนอนกระทู้หอม แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลันต่อหนอนกระทู้หอม

ตัวทำละลาย	ความเข้มข้นของสารสกัด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ร้อยละการตายเฉลี่ยของหนอนกระทู้หอม (Percent Mortality)			
		สารสกัดใบมะสัง		สารสกัดกิ่งมะสัง	
		24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง
อะซีโตน	0	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
เฮกเซน	5,000	53.33±2.52	56.67±2.08	26.67±2.89	30.00±2.65
ไดคลอโรมีเทน	5,000	60.00±1.73	66.67±1.53	26.67±2.89	30.00±2.65
เอทิลอะซีเตต	5,000	53.33±1.53	63.33±0.58	40.00±0.00	40.00±0.00
เมทานอล	5,000	70.00±1.00	83.33±0.58	23.33±0.58	33.33±1.53

จากผลการทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลันต่อหนอนกระทู้หอมจากสารสกัดหยาบจากกิ่งและใบมะสังด้วยตัวทำละลายชนิดต่างๆ พบว่า เมื่อเปรียบเทียบการฤทธิ์ของสารจะพบว่าสารสกัดจากสารสกัดจากใบมะสังมีการออกฤทธิ์ต่อหนอกระทู้หอมมากกว่าสารสกัดจากกิ่งมะสัง ซึ่งสารสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอลจากใบมะสัง มีร้อยละอัตราการตายของหนอนสูงที่สุด คือ 70.00±1.00 และ 83.33±0.58 ที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง ตามลำดับ สำหรับกิ่งมะสังสารสกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซีเตตมีการออกฤทธิ์ดีที่สุดโดยมีร้อยละอัตราการตาย คือ 40.00±0.00 และ 40.00±0.00 ที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งจากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าระยะเวลามีผลการเพิ่มของอัตราการตาย จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าสารสกัดหยาบจากมะสัง ในส่วนของใบ ราก เปลือก ลำต้น เปลือกผล และเนื้อในผล ยังมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* ซึ่งแต่และส่วนของพืชสามารถสามารถยับยั้งแบคทีเรียด้วยตัวทำละลายที่แตกต่างกัน ได้แก่ ได้แก่ ส่วนของใบที่สกัดด้วยเอทิลอะซิเตต ราก ที่สกัดด้วยเฮกเซน ไดคลอโรมีเทนและเอทิลอะซิเตต เปลือกลำต้นที่สกัดด้วย ไดคลอโรมีเทนและ เอทิลอะซิเตต เป็นต้น[5]

สรุป

สารสกัดจากใบและกิ่งมะสัง มีผลในการควบคุมประชากรหนอนกระทู้หอมได้ โดยสารสกัดจากใบ มีการออกฤทธิ์ที่สูงกว่า สารสกัดจากกิ่ง ในขณะที่เมทานอลเป็นตัวทำละลายที่ให้สารสกัดออกฤทธิ์ได้ดีกว่าตัวทำละลายชนิดอื่น จึงมีแนวโน้มที่จะนำสารสกัดจากใบและกิ่งมะสัง ไปใช้แทนสารเคมีในการกำจัดแมลงศัตรูพืชได้

ข้อเสนอแนะ

ควรทำการทดสอบในลักษณะอื่น อาทิ การจุ่ม (dipping) หรือ การกิน (feeding) เป็นต้น เพื่อเปรียบเทียบหาวิธีการที่จะทำให้สารสกัดสามารถออกฤทธิ์ได้ดีที่สุด รวมถึง การทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลันที่ความเข้มข้นอื่นๆ เพื่อคำนวณผลการออกฤทธิ์ในรูปแบบของ LC_{50} (Lethal Concentration fifty) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบความเป็นพิษของสารสกัดต่อหนอนกระทู้หอม กับพืชชนิดอื่นๆ

กิตติกรรมประกาศ

ขอพระขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ปลื้มภาณุภัทร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้คำปรึกษาและให้ความอนุเคราะห์ด้านการสกัดสารออกฤทธิ์จากใบและกิ่งมะสัง และ รองศาสตราจารย์ ดร.วสกร บัลลังก์โพธิ์ ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และ อาจารย์ ดร.ณัฐชยา คำรังสี สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้คำปรึกษาและให้ความอนุเคราะห์ด้านการทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดต่อการตายของหนอนกระทู้หอม

เอกสารอ้างอิง

1. Abbott, W.S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18: 265-267.
2. Bullangpoti V., N. Khumrungsee, W. Pluempanupat, Y. Kainoh and U. Saguanpong. (2011). Toxicity of ethyl acetate extract and ricinine from *Jatropha gossypifolia* senescent leaves against *Spodoptera exigua* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae). J. Pestic Sci., 36(2), 260-263.

3. Kumrungsee N., W. Pluempanupat, Y. Kainoh, U. Sanguanpong and V. Bullangpoti (2010). Toxicity of ethyl-acetate extract from *Jatropha gossypifolia* senescent leaves against *Spodoptera exigua* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) and *Meteorus pulchricornis* (Hymenoptera: Braconidae). Comm. Appl. Biol. Sci. 75(3): 405-410.
4. Kumrungsee N., W. Pluempanupat, O. Koul and V. Bullangpoti. (2014). Toxicity of essential oil compounds against diamondback moth, *Plutella xylostella*, and their impact on detoxification enzyme activities. J Pest Sci: 87:721-729.
5. ชลิดา อนุพันธ์. (2558). ฤทธิ์ต้านเชื้อจุลชีพของสารสกัดจากมะสัง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี.

[BS-P02] การใช้ natamycin เป็นสารยับยั้งยีสต์แทน cycloheximide ในการนับจำนวนแบคทีเรียกรดแลกติกที่ปนเปื้อนในโรงงานเอทานอลชีวภาพ

Use of Natamycin as a Yeast Inhibitor to Replace Cycloheximide for the Enumeration of Lactic acid Bacteria Contaminated in the Bioethanol Plant

ศิริโฉม ทุ่งเก้า* และ ธันย์ชนก วงศ์สนิท
Sirichom Thungkao* and Tanchanok Wongsanit
ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: sirichom@buu.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar สำหรับใช้นับจำนวนแบคทีเรียกรดแลกติกที่ปนเปื้อนในกระบวนการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล โดยเติมยาปฏิชีวนะ natamycin (pimaricin) เป็นสารยับยั้งการเจริญของยีสต์แทนการเติม cycloheximide เริ่มจากการหาค่า Minimum Inhibitory Concentration (MIC) ของยาปฏิชีวนะแต่ละชนิดต่อยีสต์สายพันธุ์ที่แยกได้จากโรงงานผลิตเอทานอล โดยทดสอบใน MRS broth ด้วยวิธี microbroth dilution พบว่าค่า MIC ของ natamycin ต่อยีสต์เท่ากับ 1 µg/ml และของ cycloheximide เท่ากับหรือน้อยกว่า 50 µg/ml จากนั้นจึงทดสอบการยับยั้งยีสต์ของอาหาร MRS agar ที่เติม natamycin ความเข้มข้น 0.1-0.5 µg/ml เปรียบเทียบกับ MRS agar ที่เติม cycloheximide 10 µg/ml โดยใช้ตัวอย่างจากถังหมักเอทานอล พบว่าการเติม natamycin ทุกความเข้มข้นยับยั้งการเจริญของยีสต์ได้ไม่แตกต่างจากการเติม cycloheximide นอกจากนั้นยังพบว่า natamycin ที่ความเข้มข้นเหล่านี้ไม่มีผลยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียกรดแลกติกบน MRS agar จากข้อมูลทั้งหมดสรุปได้ว่า MRS agar ที่เติม natamycin เข้มข้น 0.1-0.5 µg/ml สามารถใช้แทน MRS agar ที่เติม cycloheximide เข้มข้น 10 µg/ml เพื่อใช้นับจำนวนแบคทีเรียกรดแลกติกที่อยู่ร่วมกับยีสต์ในกระบวนการผลิตเอทานอลได้

คำสำคัญ: *สารยับยั้งยีสต์, natamycin, แบคทีเรียกรดแลกติก, การผลิตเอทานอล*

Abstract

The objective of this research was to develop MRS agar for enumeration of lactic acid bacteria contaminated in the process for ethanol production from molasses by replacing cycloheximide with natamycin (pimaricin) as a yeast inhibitor. Firstly, the Minimum Inhibitory Concentration (MIC) of each antibiotic against a yeast strain isolated from an ethanol plant was determined in MRS broth using a macrobroth dilution method. Natamycin displayed MIC of 0.1 µg/ml while the MIC of ≤ 50 µg/ml cycloheximide was obtained. Then, the inhibition of yeast on MRS agar supplemented with 0.1-0.5 µg/ml natamycin and on MRS agar containing 10 µg/ml cycloheximide was compared using a sample from the ethanol fermenter. It was found that inclusion of natamycin at all concentrations inhibited yeast growth similar to cycloheximide addition. Moreover, these concentrations of natamycin showed no inhibition of lactic acid bacteria growth on MRS agar. In conclusion,

MRS agar with 0.1-0.5 µg/ml natamycin can replace MRS agar with 10 µg/ml cycloheximide for the enumeration of lactic acid bacteria associated with yeasts in the ethanol production process.

Keywords: *yeast inhibitor, natamycin, lactic acid bacteria, ethanol production*

บทนำ

เอทานอลที่ผลิตได้จากกระบวนการหมักซึ่งเรียกว่า “เอทานอลชีวภาพ (bioethanol)” ถูกนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนเชื้อเพลิงจากปิโตรเลียมในรูปของน้ำมันแก๊สโซฮอล์ (gasohol) ซึ่งเป็นน้ำมันเบนซินที่ผสมเอทานอลในอัตราส่วนต่างๆ ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่มีนโยบายสนับสนุนและส่งเสริมการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ จึงนำมาสู่การขยายตัวของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเอทานอลชีวภาพเพื่อให้มีปริมาณการผลิตที่เพียงพอ เอทานอลชีวภาพได้มาจากกระบวนการหมักน้ำตาลของยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* สายพันธุ์ต่างๆ โดยวัตถุดิบหลักที่เป็นแหล่งของน้ำตาลสำหรับใช้ในการผลิตเอทานอลในประเทศไทย ได้แก่ อ้อยและมันสำปะหลัง มีข้อมูลว่าในปี 2561 ประเทศไทยมีโรงงานผลิตเอทานอลที่เปิดดำเนินการแล้วจำนวน 26 แห่ง มีกำลังการผลิตเอทานอลรวมประมาณ 5.8 ล้านลิตรต่อวันและโรงงานอยู่ระหว่างการก่อสร้างอีก 2 แห่ง กำลังการผลิตประมาณ 7 แสนลิตรต่อวัน โดยในกลุ่มโรงงานที่เปิดการผลิตแล้วเป็นโรงงานที่ใช้กากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบ 11 โรงงาน ใช้น้ำอ้อย 1 โรงงาน โรงงานที่ใช้ทั้งกากน้ำตาลและมันสำปะหลัง 5 โรงงาน และใช้มันสำปะหลังอย่างเดียว 9 โรงงาน[1]

กระบวนการหมักเพื่อผลิตเอทานอลในระดับอุตสาหกรรมมักพบการปนเปื้อนด้วยจุลินทรีย์ชนิดอื่นอยู่เสมอเนื่องจากไม่ได้ดำเนินการในลักษณะที่ปลอดเชื้อ เช่น ไม่มีการกำจัดเชื้อในวัตถุดิบ ถังหมักและอุปกรณ์อย่างสมบูรณ์เนื่องจากจะทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น จุลินทรีย์ที่มักพบอยู่ร่วมกับยีสต์ในกระบวนการผลิตเอทานอล ได้แก่ แบคทีเรียกรดแลกติก (lactic acid bacteria) เนื่องจากแบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถปรับตัวให้ทนต่อสภาวะที่ใช้ในการหมักได้ดีกว่าแบคทีเรียกลุ่มอื่น เมื่อมีแบคทีเรียกรดแลกติกปนเปื้อนจะแก่งแย่งใช้สารอาหารกับยีสต์ส่งผลกระทบต่อการผลิตเอทานอล[2] ด้วยเหตุนี้ผู้ผลิตเอทานอลจึงต้องใช้วิธีการต่างๆ เพื่อควบคุมระดับการปนเปื้อนไม่ให้สูงจนเกิดผลเสียต่อประสิทธิภาพการผลิต ซึ่งวิธีควบคุมที่นำมาใช้นอกจากการทำความสะอาดถังหมักและอุปกรณ์ต่างๆ ก่อนการผลิตแล้วยังมีการเติมสารเคมีรวมถึงยาปฏิชีวนะที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย[3] ซึ่งไม่ว่าจะใช้วิธีการใดจะต้องดำเนินการตรวจติดตามระดับการปนเปื้อนแบคทีเรียในถังหมักเพื่อให้สามารถดำเนินการควบคุมได้อย่างมีประสิทธิภาพ การตรวจนับจำนวนแบคทีเรียกรดแลกติกโดยทั่วไปใช้วิธีนับจำนวนเซลล์ที่มีชีวิตบนจานอาหารแข็ง (viable plate count) สภาวะเหมาะสมสำหรับเพาะโคโลนีของแบคทีเรียกรดแลกติก ได้แก่ การใช้อาหารแข็ง de Man Rogosa Shape agar (MRS agar หรือ Lactobacillus MRS agar) และบ่มในสภาวะไร้ออกซิเจนหรือสภาวะที่มีออกซิเจนต่ำ อย่างไรก็ตามหากมีแบคทีเรียกรดแลกติกอยู่ร่วมกับยีสต์เช่นที่พบในถังหมักเอทานอล หากใช้สภาวะในการเพาะเลี้ยงเชื้อดังกล่าวยีสต์จะสามารถเจริญเป็นโคโลนีได้เช่นกันส่งผลให้เกิดปัญหาในการนับจำนวนโคโลนีของแบคทีเรียกรดแลกติก ดังนั้น จึงมีการปรับปรุงโดยเติมยาปฏิชีวนะที่ยับยั้งเฉพาะยีสต์และราลงใน MRS agar เช่น เติมยา cycloheximide ให้มีความเข้มข้น 0.001%[4] อย่างไรก็ตาม cycloheximide (หรือ actidione) เป็นยาปฏิชีวนะที่มีราคาแพงหากใช้ในรูปสารบริสุทธิ์ และที่สำคัญ cycloheximide มีความเป็นพิษต่อมนุษย์และสัตว์[5] ดังนั้นจึงน่าสนใจในการค้นหาสารยับยั้งยีสต์และราชนิดใหม่ที่มีความเป็นพิษน้อยกว่าและมีราคาถูกกว่าเพื่อใช้ทดแทน cycloheximide เพื่อเป็นสารต้านยีสต์และราในอาหารเลี้ยงเชื้อ

Natamycin หรือ pimaricin เป็นยาปฏิชีวนะที่มีฤทธิ์ยับยั้งยีสต์และรา ผลิตได้จากแบคทีเรีย *Streptomyces natalensis* และ *Streptococcus lactis* ประเทศสหรัฐอเมริกาอนุญาตให้ใช้ยาชนิดนี้ทางการแพทย์เพื่อรักษาอาการติดเชื้อราในปี 1978 เช่นเดียวกับองค์การอนามัยโลกที่รับรองความปลอดภัยการใช้ natamycin ทางการแพทย์[6] นอกจากนั้น natamycin

ยังได้รับอนุญาตให้ใช้เป็นสารเติมแต่งอาหาร (food additive) เพื่อยับยั้งยีสต์และราในชีส และในไส้กรอกบางชนิด[7] ด้วยเหตุนี้ natamycin จึงน่าจะมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งานมากกว่า cycloheximide อีกทั้งยังมีราคาถูกกว่าหากใช้ในรูปสารเติมแต่งอาหาร ดังนั้น วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้จึงต้องการเปรียบเทียบการใช้ MRS agar ที่เติม natamycin และ MRS agar ที่เติม cycloheximide ในการนับจำนวนโคโลนีแบคทีเรียกรดแลคติกในตัวอย่างจากถังหมักเอทานอลเพื่อพัฒนาอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้หาจำนวนแบคทีเรียกรดแลกติกที่อยู่ร่วมกับยีสต์ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การหาค่า MIC ของ natamycin และค่า MIC ของ cycloheximide ต่อยีสต์สายพันธุ์ผลิตเอทานอล

1.1 การแยกยีสต์

เก็บตัวอย่างน้ำหมักจากถังหมักเอทานอลจากโรงงานผลิตเอทานอลที่ใช้กากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบในการผลิตจำนวน 6 ถัง (โรงงานตั้งอยู่ในเขตจังหวัดชัยภูมิ) นำตัวอย่างทั้ง 6 ถังมาผสมรวมกันและเจือจางด้วยสารละลาย 0.85% NaCl จากนั้นจึงเพาะแยกโคโลนีโดยวิธีเกลี่ยเชื้อ (spread plate) บนจานอาหารแข็ง Potato Dextrose agar (PDA) บ่มจานที่อุณหภูมิ 30 °C นาน 72 ชั่วโมง นำโคโลนีมาทดสอบยืนยันว่าเป็นยีสต์หรือไม่โดยนำมาทำ wet mount และตรวจดูลักษณะรูปร่างของเซลล์และการแตกหน่อภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า โดยยีสต์จะมีเซลล์ขนาดใหญ่กว่าแบคทีเรียและพบการแตกหน่อ (budding) นำโคโลนียีสต์ที่ได้มาขีดแยกเชื้อให้ได้โคโลนีเดี่ยวบนจาน PDA สำหรับใช้ในการทดสอบต่อไป

1.2 การเตรียมเซลล์ยีสต์แขวนลอย

เพาะโคโลนียีสต์ 1 โคโลนีในอาหารเหลว MRS broth ปริมาตร 80 มิลลิลิตร บ่มในเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิที่ 30 °C นาน 24 ชั่วโมง นำไปแยกเซลล์ด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง ที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ล้างเซลล์ด้วย 0.85 % NaCl จำนวน 2 รอบ แขวนลอยเซลล์ยีสต์ที่ได้ใน 0.85% NaCl วัดความขุ่นด้วยเครื่องวัดความขุ่น (Densimat, bioMerieux, France) และปรับให้เท่ากับ 0.5 McFarland standard และนับจำนวนเซลล์ยีสต์ด้วยสไลด์ hemocytometer ซึ่งจะได้เซลล์ยีสต์แขวนลอยความเข้มข้นประมาณ 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (cfu/ml)

1.3 การเตรียม natamycin และ cycloheximide

1.3.1 ละลายผงยา natamycin (50% in lactose, food grade, China) 0.02 กรัม (มีเนื้อยา 0.01 กรัม) ในสารละลาย dimethyl sulfoxide (DMSO) 10 มิลลิลิตร กรองสารละลายผ่านแผ่นกรองขนาดช่อง 0.45 ไมโครเมตร (µm) จะได้สารละลาย natamycin ความเข้มข้น 1000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (µg/ml) เจือจางต่อไปอีก 10 เท่า ด้วย DMSO จะได้สารละลาย natamycin ความเข้มข้น 100 µg/ml เป็นสารละลายตั้งต้น (stock solution) จากนั้นเตรียมสารละลาย natamycin ความเข้มข้น 1, 3, 5, 10, 15 และ 20 µg/ml จากสารละลายตั้งต้น โดยเจือจางด้วย DMSO

1.3.2 ละลาย cycloheximide (Sigma, USA) 0.03 กรัม ใน 95% ethanol 6 มิลลิลิตร กรองสารละลายผ่านเยื่อกรองขนาดช่อง 0.45 ไมโครเมตร จะได้สารละลาย cycloheximide ความเข้มข้น 5,000 µg/ml เป็นสารละลายตั้งต้น เตรียมสารละลาย cycloheximide ความเข้มข้น 500, 1000, 2000, 3000 และ 4000 µg/ml จากสารละลายตั้งต้นโดยเจือจางด้วย 95% ethanol

1.4 การหาค่า MIC ของ natamycin และ cycloheximide ต่อยีสต์

หาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ยับยั้งเชื้อได้ (Minimum Inhibitory Concentration, MIC) ของ natamycin ต่อยีสต์ด้วยวิธี macrobroth dilution ตามวิธีที่ดัดแปลงจาก[8] โดยหลอดทดสอบมีปริมาตรรวม 5 มิลลิลิตร ประกอบด้วย MRS broth

4 มิลลิลิตร สารละลาย natamycin แต่ละความเข้มข้น 0.5 มิลลิลิตร และเซลล์ยีสต์แขวนลอย 0.5 มิลลิลิตร ซึ่งจะได้หลอดทดสอบที่มี natamycin 0.1, 0.3, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 µg/ml และมีเซลล์ยีสต์ 10^5 cfu/ml เตรียมหลอดควบคุมผลลบ (มีเฉพาะ MRS broth) หลอดควบคุมผลบวก (เติมน้ำกลั่นแทน natamycin) และหลอดควบคุมตัวทำละลาย (เติม DMSO แทน natamycin) หาค่า MIC ของ cycloheximide ต่อยีสต์โดยวิธีเดียวกับการหา MIC ของ natamycin ที่กล่าวมาแล้ว โดยความเข้มข้นของ cycloheximide ในหลอดทดสอบคือ 50, 100, 200, 300, 400 และ 500 µg/ml และหลอดควบคุมตัวทำละลายใช้ 95% ethanol แทน DMSO นำหลอดทั้งหมดบ่มที่อุณหภูมิ 35 °C นาน 48 ชั่วโมง อ่านผลการเจริญจากความขุ่นของ MRS broth และหาความเข้มข้นต่ำสุดของ natamycin และ cycloheximide ที่ยับยั้งยีสต์ได้ (MRS broth ไม่ขุ่น) ซึ่งเป็นค่า MIC

2. การเปรียบเทียบการนับจำนวนแบคทีเรียกรดแลกติกโดยใช้ MRS agar ที่เติม natamycin และ MRS agar ที่เติม cycloheximide

2.1 การเตรียม MRS agar ที่เติม natamycin และ MRS agar ที่เติม cycloheximide

2.1.1 เตรียม MRS agar โดยใช้อัตราส่วนผงอาหาร Lactobacillus MRS agar (Difco, BD, USA) 70 กรัม ต่อน้ำกลั่น 1 ลิตร นำไปทำให้ปราศจากเชื้อโดยใช้ไอน้ำภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่อุณหภูมิ 121 °C นาน 15 นาที ในเครื่อง autoclave ลดอุณหภูมิของ MRS agar เป็นประมาณ 50 °C

2.1.2 เตรียมสารละลายตั้งต้น natamycin ความเข้มข้น 1000 µg/ml โดยละลายผงยาด้วย DMSO ทำให้ปราศจากเชื้อโดยการกรอง และเจือจางสารละลายยาตั้งต้นด้วย DMSO ให้ได้สารละลาย natamycin ความเข้มข้น 100, 250 และ 500 µg/ml นำแต่ละความเข้มข้นเติมลงใน MRS agar ที่เตรียมได้ในข้อ 2.1.1 ในอัตราส่วน 0.1 % (v/v) จะได้ MRS agar ที่มี natamycin 0.1, 0.25 และ 0.5 µg/ml ตามลำดับ เทใส่จานเพาะเชื้อที่ปราศจากเชื้อจานละประมาณ 20 มิลลิลิตร รอให้อาหารแข็งตัว

2.1.3 เตรียมสารละลายตั้งต้น cycloheximide ความเข้มข้น 5000 µg/ml โดยละลายผงยาด้วย 95 % ethanol ทำให้ปราศจากเชื้อโดยการกรอง และเติมลงใน MRS agar ที่เตรียมได้ในข้อ 2.1.1 ในอัตราส่วน 0.2 % (v/v) จะได้ MRS agar ที่มี cycloheximide 10 µg/ml เทใส่จานเพาะเชื้อที่ปราศจากเชื้อจานละประมาณ 20 มิลลิลิตร รอให้อาหารแข็งตัว

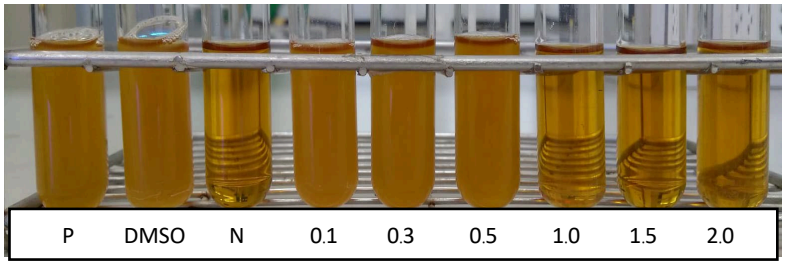
2.2 การนับจำนวนแบคทีเรียกรดแลกติก

เจือจางตัวอย่างน้ำหมักจากถังหมักเอทานอลด้วย 0.85% NaCl แบบ 10 เท่าเป็นลำดับ (serial 10-fold dilution) และนำมาเพาะโคโลนีโดยวิธีเกลี่ยตัวอย่าง 0.1 มิลลิลิตร บนจาน MRS agar ที่เติม natamycin ความเข้มข้นต่างๆ และจาน MRS agar ที่เติม cycloheximide 10 µg/ml บ่มจานที่อุณหภูมิ 35 °C ในโถบ่มเชื้อไร้ออกซิเจน (anaerobic jar, Oxoid, UK) นาน 48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีแบคทีเรียที่พบ สุ่มโคโลนีนำมายืนยันว่าเป็นแบคทีเรียกรดแลกติกโดยย้อมแกรม (Gram stain) และทดสอบเอนไซม์คะตะเลส (catalase test) แบคทีเรียกรดแลกติกจะติดสีแกรมบวก เซลล์รูปท่อน กลม หรือรูปไข่ ไม่สร้างสปอร์ การทดสอบคะตะเลสได้ผลลบ (ไม่สร้างเอนไซม์คะตะเลส) นับจำนวนโคโลนียีสต์ที่พบบนแต่ละจานและเลือกโคโลนีนำมายืนยันโดยทำ wet mount และตรวจภายใต้กล้องจุลทรรศน์ คำนวณจำนวนแบคทีเรียกรดแลกติกและจำนวนยีสต์ รายงานผลในหน่วย log cfu/ml

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

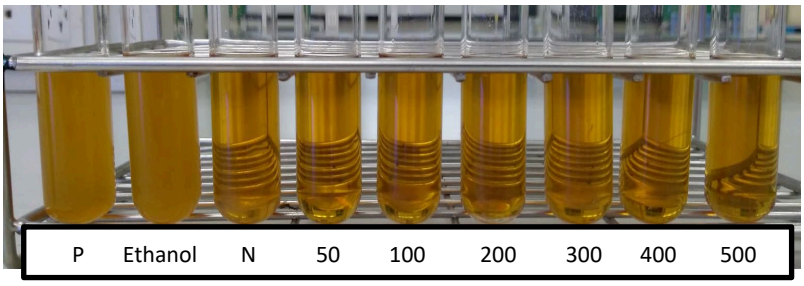
1. การหาค่า MIC ของ natamycin และ cycloheximide ต่อยีสต์

จากการแยกยีสต์จากโรงงานผลิตเอทานอล โดยนำตัวอย่างกากน้ำตาลจากถังหมักของโรงงานผลิตเอทานอลมาเพาะด้วยอาหาร Potato dextrose agar สามารถแยกยีสต์ได้ 1 สายพันธุ์ เมื่อนำยีสต์ที่แยกได้มาทดสอบการยับยั้งการเจริญด้วยยาปฏิชีวนะ natamycin และ cycloheximide โดยการหาค่า MIC ของยาปฏิชีวนะแต่ละชนิด โดย natamycin ทดสอบที่ความเข้มข้น 0.1-2.0 µg/ml และทดสอบ cycloheximide ที่ความเข้มข้น 50-500 µg/ml ใน MRS broth ซึ่งการเลือกทดสอบที่ความเข้มข้นของยาดังกล่าวเนื่องจากเป็นช่วงความเข้มข้นที่มีรายงานการศึกษาของผู้วิจัยท่านอื่นและจากการทำการศึกษาเบื้องต้น (preliminary study) ผลการทดลองพบว่า natamycin สามารถยับยั้งการเจริญของยีสต์ได้ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 1.0 µg/ml เป็นต้นไป โดยสังเกตการยับยั้งได้จากการที่อาหารในหลอดทดสอบไม่ขุ่น (ภาพที่ 1) สำหรับ cycloheximide นั้น ยับยั้งการเจริญของยีสต์ได้ที่ความเข้มข้น 50 µg/ml เป็นต้นไป (ภาพที่ 2) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าค่า MIC ของ natamycin ต่อยีสต์เท่ากับ 1.0 µg/ml และค่า MIC ของ cycloheximide ต่อยีสต์เท่ากับ 50 µg/ml หรือต่ำกว่านี้ (ตารางที่ 1)



ภาพที่ 1 การเจริญของยีสต์สายพันธุ์ที่แยกได้จากโรงงานผลิตเอทานอลใน MRS broth ที่มี natamycin ความเข้มข้นต่างๆ และในหลอดควบคุม หลังบ่มที่ 35 °C นาน 48 ชั่วโมง

(P = หลอดควบคุมผลบวก; DMSO = หลอดควบคุมตัวทำละลาย; N = หลอดควบคุมผลลบ
0.1, 0.3, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 = หลอดที่มี natamycin แต่ละความเข้มข้น)



ภาพที่ 2 การเจริญของยีสต์สายพันธุ์ที่แยกได้จากโรงงานผลิตเอทานอลใน MRS broth ที่มี cycloheximide ความเข้มข้นต่างๆ และในหลอดควบคุม หลังบ่มที่ 35 °C นาน 48 ชั่วโมง

(P = หลอดควบคุมผลบวก; Ethanol = หลอดควบคุมตัวทำละลาย; N = หลอดควบคุมผลลบ
50, 100, 200, 300, 400, 500 = หลอดที่มี cycloheximide แต่ละความเข้มข้น)

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบเพื่อหาค่า MIC ของ natamycin และ cycloheximide ต่อยีสต์สายพันธุ์ที่แยกได้จากโรงงานผลิตเอทานอล เมื่อทดสอบใน MRS broth ด้วยวิธี macrobroth dilution บ่มที่ 35 °C นาน 48 ชั่วโมง

Test	Growth [1]	Test	Growth[1]
DMSO control	+	Ethanol control	+
Positive control [2]	+	Positive control [2]	+
Negative control [3]	-	Negative control [3]	-
Natamycin, 0.1 µg/ml	+	Cycloheximide, 50 µg/ml	-
Natamycin, 0.3 µg/ml	+	Cycloheximide, 100 µg/ml	-
Natamycin, 0.5 µg/ml	+	Cycloheximide, 200 µg/ml	-
Natamycin, 1.0 µg/ml	-	Cycloheximide, 300 µg/ml	-
Natamycin, 1.5 µg/ml	-	Cycloheximide, 400 µg/ml	-
Natamycin, 2.0 µg/ml	-	Cycloheximide, 500 µg/ml	-

[1] ตรวจการเจริญของยีสต์จากความขุ่นของ MRS broth; + หมายถึงมีการเจริญ; - หมายถึงไม่มีการเจริญ

[2] มี MRS broth และยีสต์แต่ไม่มี natamycin หรือ cycloheximide

[3] มีเฉพาะ MRS broth

2. การเปรียบเทียบการนับจำนวนแบคทีเรียกรดแลกติกโดยใช้ MRS agar ที่เติม natamycin และ MRS agar ที่เติม cycloheximide

จากการนับจำนวนแบคทีเรียกรดแลกติกในตัวอย่างน้ำหมักจากถังหมักเอทานอลจากโรงงานผลิตเอทานอลที่ใช้กากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบ ซึ่งมีแบคทีเรียกรดแลกติกและยีสต์อยู่ร่วมกัน เปรียบเทียบระหว่างการใช้อาหาร MRS agar ที่เติม natamycin ความเข้มข้น 0.1, 0.25 และ 0.5 µg/ml และ MRS agar ที่เติม cycloheximide 10 µg/ml พบว่าการเติม natamycin ทุกความเข้มข้นใน MRS agar ยับยั้งการเจริญของยีสต์ได้เมื่อเปรียบเทียบกับ MRS agar ที่ไม่เติมยา (จานควบคุม) โดยเมื่อเพาะตัวอย่างน้ำหมักที่นำมาเจือจางที่ระดับความเจือจาง 10^{-3}, 10^{-4} และ 10^{-5} พบว่าตัวอย่างความเจือจางที่ 10^{-4} และความเจือจางที่ 10^{-5} จะพบเฉพาะโคโลนีแบคทีเรียกรดแลกติกแต่ไม่พบโคโลนีของยีสต์บนจาน ในขณะที่จานควบคุม (MRS agar ที่ไม่เติม natamycin) พบโคโลนีของยีสต์เมื่อเพาะตัวอย่างทุกระดับความเจือจาง (ตารางที่ 2) สำหรับ MRS agar ที่เติม cycloheximide 10 µg/ml นั้น พบว่ายับยั้งโคโลนีของยีสต์ได้เช่นเดียวกัน โดยไม่พบโคโลนียีสต์เมื่อเพาะตัวอย่างที่ระดับความเจือจางตั้งแต่ 10^{-4} ขึ้นไปเช่นเดียวกับในกรณีของการเติม natamycin สำหรับแบคทีเรียกรดแลกติกนั้นพบโคโลนีบนจาน MRS agar ทั้งที่เติมยาปฏิชีวนะและบนจานควบคุม โดยค่าที่ได้จาก MRS agar ที่เติม natamycin 0.1, 0.25 และ 0.5 µg/ml เท่ากับ 8.13 ± 1.64, 8.22 ± 0.67 และ 8.18 ± 0.57 log cfu/ml ตามลำดับ และค่าที่ได้จาก MRS agar ที่เติม cycloheximide 10 µg/ml เท่ากับ 8.20 ± 0.65 log cfu/ml ซึ่งไม่แตกต่างกันและไม่แตกต่างกับค่าที่ได้จาก MRS agar ที่ไม่เติมยาปฏิชีวนะ (จานควบคุม) ซึ่งพบจำนวน 8.17 ± 0.63 log cfu/ml (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 2 การพบโคโลนียีสต์ในตัวอย่างน้ำหมักจากโรงงานผลิตเอทานอลเมื่อใช้ MRS agar ที่เติม natamycin และ MRS agar ที่เติม cycloheximide ในการเพาะโคโลนี

ชุดทดสอบ	ความเจือจางที่พบโคโลนียีสต์*		
	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}
MRS agar (Control)	+	+	+
MRS agar, 0.1 µg/ml natamycin	+	–	–
MRS agar, 0.25 µg/ml natamycin	+	–	–
MRS agar, 0.5 µg/ml natamycin	+	–	–
MRS agar, 10 µg/ml cycloheximide	+	–	–

***** สัญลักษณ์ + หมายถึงพบโคโลนียีสต์; สัญลักษณ์ – หมายถึง ไม่พบโคโลนียีสต์

Cycloheximide เป็นยาปฏิชีวนะที่มีกลไกยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีนของเซลล์ยูคาริโอต (eukaryotic cells) ดังนั้นจึงออกฤทธิ์เฉพาะต่อยีสต์และราซึ่งเป็นจุลินทรีย์กลุ่มยูคาริโอต[9] ในขณะที่แบคทีเรียมีโครงสร้างเซลล์แบบโพรคาริโอต (prokaryotic cells) จึงไม่ถูกยับยั้งด้วยยาปฏิชีวนะชนิดนี้ ในอดีต cycloheximide ถูกนำมาใช้ยับยั้งเชื้อราทางด้านการเกษตร นอกจากนั้นยังมีการนำมาใช้เติมลงในอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อป้องกันการเจริญยีสต์และราในการทดสอบในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันแนวโน้มการใช้ cycloheximide ลดลงเนื่องจากมีความเป็นพิษต่อมนุษย์ โดยประเทศสหรัฐอเมริกาจัด cycloheximide อยู่ในกลุ่มสารที่มีอันตรายสูงพิเศษ (extremely hazardous substance)[10] ด้วยเหตุนี้ จึงมีความสนใจค้นหาสารเคมีหรือยาปฏิชีวนะที่มีฤทธิ์ต้านยีสต์และราชนิดใหม่เพื่อใช้ทดแทน ซึ่ง natamycin (pimaricin) เป็นสารต้านยีสต์ราที่น่าสนใจนำมาใช้งานแทนเนื่องจากได้รับการรับรองจากองค์การอาหารและยา ประเทศสหรัฐอเมริกา (US FDA) ให้ใช้เติมลงในอาหารบางชนิดได้ชี้ให้เห็นว่ายาปฏิชีวนะชนิดนี้มีความปลอดภัยต่อมนุษย์ในระดับหนึ่ง natamycin มีโครงสร้างจัดอยู่ในยาปฏิชีวนะกลุ่ม polyene amphoteric macrolide มีกลไกยับยั้งยีสต์และราโดยเมื่อเข้าไปในเซลล์จะจับกับสารกลุ่มสเตอรอล (sterol) ซึ่งเป็นองค์ประกอบในเยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane) ของยีสต์และรา ส่งผลให้คุณสมบัติในการเลือกผ่าน (permeability) ของเยื่อหุ้มเซลล์สูญเสียไป องค์ประกอบภายในเซลล์จึงรั่วออกมา การเจริญของยีสต์ราจึงถูกยับยั้งและตายในที่สุด[11] โดย natamycin ไม่ออกฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียเนื่องจากเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรียไม่มีสเตอรอลเป็นองค์ประกอบ

ตารางที่ 3 จำนวนแบคทีเรียกรดแลกติกที่นับได้จากตัวอย่างน้ำหมักกากน้ำตาลจากโรงงานผลิตเอทานอลเมื่อใช้ MRS agar ที่เติม natamycin และ MRS agar ที่เติม cycloheximide ในการเพาะโคโลนี

ชุดทดสอบ	จำนวนแบคทีเรียกรดแลกติก * (log CFU/ml ± SD)
MRS agar (Control)	8.17 ± 0.63
MRS agar, 0.1 µg/ml natamycin	8.13 ± 1.64
MRS agar, 0.25 µg/ml natamycin	8.22 ± 0.67
MRS agar, 0.5 µg/ml natamycin	8.18 ± 0.57
MRS agar, 10 µg/ml cycloheximide	8.20 ± 0.65

* ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ SD = Standard Deviation

มีการทดลองนำ natamycin มาใช้เป็นสารต้านยีสต์เพื่อการประยุกต์ใช้ทางด้านอาหาร โดยทดสอบกับยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae*, *Zygosaccharomyces rouxii* และ *Yarrowia lipolytica* พบว่าประสิทธิภาพการยับยั้งขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของ natamycin ชนิดของยีสต์ และชนิดตัวกลาง (อาหาร) โดยเมื่อทดสอบในอาหารเหลวที่เตรียมจากโปรตีนหางนมเข้มข้น (35% whey protein concentrate) พบว่า natamycin ความเข้มข้น 20 µg/ml ยับยั้งยีสต์ได้ 1.25 log cfu/ml และที่ความเข้มข้น 50 µg/ml จะยับยั้งยีสต์ได้เพิ่มขึ้น โดยยีสต์ *Z. rouxii* มีความไวต่อ natamycin มากที่สุด และเมื่อทดสอบการยับยั้งยีสต์ที่เติมลงบนผิวชีสโดยปิดทับด้วยฟิล์มที่ผสม natamycin เปรียบเทียบกับการพ่นสารละลาย natamycin บนผิวชีส พบว่า natamycin สามารถยับยั้งการเจริญของยีสต์ได้เช่นเดียวกัน[12] นอกจากนั้นยังมีการนำ natamycin มาใช้เป็นสารต้านยีสต์และราในอาหารเลี้ยงเชื้อแทน cycloheximide ตัวอย่างเช่น มีงานวิจัยพบว่าอาหารแข็ง Luria-Bertani agar, Nutrient agar, Yeast Peptone Dextrose agar และ Micro Assay Culture agar ที่เติม natamycin ความเข้มข้น 21.6 µg/ml ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus, Geotrichum* และ *Penicillium* ได้ดีกว่าเมื่อเติม cycloheximide ความเข้มข้น 25 µg/ml[13] และอาหารแข็ง buffered charcoal yeast extract medium ที่เสริมด้วย **α**-ketoglutarate (BCYE**α**) ซึ่งใช้สำหรับนับจำนวนแบคทีเรีย *Legionella* spp. ซึ่งมักมีปัญหารบกวนจากโคโลนีของยีสต์ที่เจริญได้ด้วย พบว่าอาหารแข็ง BCYE**α** ที่เติม natamycin ความเข้มข้น 25-200 µg/ml สามารถป้องกันการเจริญของยีสต์ที่นำมาทดสอบ 76 สายพันธุ์ได้โดยไม่ส่งผลเสียต่อการนับจำนวน *Legionella* spp.[14] และสามารถใช้ natamycin แทนสารต้านราชนิดเดิมที่ใช้คือ anisomycin ได้ โดยทั้งสองงานวิจัยข้างต้นทดสอบกับ natamycin ที่ไม่ใช่สารบริสุทธิ์ แต่เป็นเกรดที่ใช้เติมในอาหารซึ่งมี natamycin 50 % และ lactose 50 % เช่นเดียวกับที่ใช้ในงานวิจัยนี้

จากงานวิจัยที่กล่าวมาชี้ให้เห็นว่าการใช้ natamycin เป็นสารต้านยีสต์และราในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในห้องปฏิบัติการมีความเป็นไปได้ สอดคล้องกับงานวิจัยปัจจุบันที่พบว่า MRS agar ที่ผสม natamycin ความเข้มข้นช่วง 0.1 ถึง 0.5 µg/ml สามารถยับยั้งการเจริญของยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ที่อยู่ในกากน้ำตาลจากถังหมักเอทานอลได้ในระดับที่น่าพอใจ เนื่องจากพบโคโลนีของยีสต์บนจานอาหารร่วมกับโคโลนีแบคทีเรียกรดแลกติกได้น้อยลง (ตารางที่ 2) โดย natamycin ที่ความเข้มข้นเหล่านี้ไม่มีผลยับยั้งโคโลนีของแบคทีเรียกรดแลกติกเนื่องจากจำนวนที่หาได้ไม่แตกต่างกับค่าที่ได้จาก MRS agar ที่ไม่เติม

natamycin (ตารางที่ 3) อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของ natamycin ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของยีสต์ได้ทั้งหมด ดังนั้นหากตัวอย่างที่นำมาศึกษามีแบคทีเรียกรดแลกติกจำนวนน้อยกว่ายีสต์ อาจต้องเพิ่มความเข้มข้นของ natamycin ใน MRS agar ให้สูงกว่านี้เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการยับยั้งยีสต์เพิ่มขึ้น MRS agar ที่เติม natamycin ที่พัฒนาขึ้นนี้นอกจากจะใช้นับจำนวนแบคทีเรียกรดแลกติกที่ปนเปื้อนในถังหมักเอทานอลแล้ว ยังสามารถใช้กับตัวอย่างที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน เช่น ตัวอย่างจากถังหมักไวน์ซึ่งมียีสต์อยู่ร่วมกับแบคทีเรียกรดแลกติก รวมถึงใช้กับตัวอย่างจากแหล่งอื่นที่มีจุลินทรีย์ทั้งสองกลุ่ม เช่น เนื้อสัตว์ ปลาและผักสด ได้ โดยการใช้ natamycin เป็นสารต้านยีสต์ใน MRS agar แทน cycloheximide นอกจากจะปลอดภัยต่อการใช้งานมากกว่าแล้วยังประหยัดค่าใช้จ่ายอีกด้วยมีเนื่องจาก natamycin ที่ใช้เป็นเกรดที่ไม่ใช่สารบริสุทธิ์จึงมีราคาไม่สูง โดยอาหารเลี้ยงเชื้อที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถนำไปใช้สำหรับติดตามระดับการปนเปื้อนแบคทีเรียกรดแลกติกในกระบวนการผลิตเอทานอลของโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อควบคุมไม่ให้เกิดผลเสียต่อประสิทธิภาพการผลิต รวมถึงประยุกต์ใช้ในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาเพื่อยับยั้งการเจริญของยีสต์และราได้

สรุป

MRS agar ที่เติม natamycin ความเข้มข้น 0.1 ถึง 0.5 µg/ml ใช้นับจำนวนแบคทีเรียกรดแลกติกที่ปนเปื้อนในถังหมักเอทานอลที่ใช้กากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบในการผลิตได้ โดยลดการรบกวนจากโคโลนียีสต์ และสามารถใช้ทดแทน MRS agar ที่เติม cycloheximide 10 µg/ml ได้

เอกสารอ้างอิง

1. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. โรงงานผลิตเอทานอลเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงและกำลังการผลิตติดตั้ง [อินเตอร์เน็ท]. 2562. [เข้าถึงเมื่อ 15 มีนาคม 2562]. เข้าถึงได้จาก http://www.dede.go.th/ewt_dl_link.php?nid=329
2. Beckner M, Ivey ML, Phister TG. Microbial contamination of fuel ethanol fermentations. Let App Micro. 2011; 53(4):387-94.
3. Muthaiyan A, Limayem A, Ricke SC. Antimicrobial strategies for limiting bacterial contaminants in fuel bioethanol fermentations. Prog Env Com Sci. 2011;37:351-370.
4. Skinner KA, Leathers TD. Bacterial contaminants of fuel ethanol production. J Ind Micro Biotech. 2004; 31: 401-408.
5. Toxnet. Toxicology Data Network. [Internet]. Cycloheximide. [cited 2019 Mar 30] Available from https://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/a?dbs+hsdb:@term+@DOCNO+1552
6. Wikipedia contributors. (2019, April 7). Natamycin. In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved 01:56, April 8, 2019, from https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Natamycin&oldid=891344977
7. European Food Safety Authority, 2009 Scientific opinion on the use of natamycin (E 235) as a food additive, EFSA Journal 2009;7(12):1412 https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2009.1412
8. de Oliva NP, de Lima FA, da Silva KC, da Silva DF, Carvalho AFA, dos Santos C. Chemical inhibition of the contaminant *Lactobacillus fermentum* from distilleries producing fuel bioethanol. Braz Arch Biol Technol. [Internet] . 2014 June [cited 2019 Apr 07] ; 57(3) : 441- 447. Available from:

http: / / www. scielo. br/ scielo. php?script= sci_arttext&pid= S1516- 89132014000300019&lng= en. http://dx.doi.org/10.1590/S1516-8913201401214

9. Schneider-Poetsch T, Ju J, Eyler DE, Dang Y, Bhat S, Merrick WC, Green R, Shen B, Liu JO. Inhibition of eukaryotic translation elongation by cycloheximide and lactimidomycin. Nat Chem Biol. 2010 Mar;6(3):209-217. doi: 10.1038/nchembio.304. Epub 2010 Jan 31. PubMed PMID: 20118940; PubMed Central PMCID: PMC2831214.
10. Wikipedia contributors. (2019, March 31). Cycloheximide. In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved 02:00, April 8, 2019, from https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Cycloheximide&oldid=890237245
11. PubChem. Open Chemistry Database {Internet]. Natamycin. [cited 2019 Mar 30]. Available from https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/natamycin#section=Top
12. Olle Resa CP, Jagus RJ, Gerschenson LN. Natamycin efficiency for controlling yeast growth in models systems and on cheese surfaces. Food Control. 2014;35:101-108.
13. Perdersen JC. Natamycin as a fungicide in agar media. App Environ Micro. 1992;58(3):1064-1066.
14. Edelstein PH, Edelstein MAC. Natamycin as a selective antifungal agent in media for growth of *Legionella* spp. J Clinical Micro. 1996;34(1):185-187.

[BS-P03] ผลของความเป็นกรดต่อการอยู่รอดของ *Staphylococcus aureus* ในน้ำพริกกะปิ

Effect of Acidity on Survival of *Staphylococcus aureus* in Shrimp Paste Dip

ศิริโฉม ทุ่งเก้า* และ ธนดา ยูฮันเงาะ
Sirichom Thungkao* and Tanada Uhangoh
ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: sirichom@buu.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการอยู่รอดของ *Staphylococcus aureus* ในน้ำพริกกะปิที่มีความเป็นกรด โดยเติม *S. aureus* ในน้ำพริกกะปิที่มีความเป็นกรดจากน้ำมะนาวและมีค่า pH เริ่มต้นเฉลี่ย 4.15 ± 0.60 และ 4.67 ± 0.60 เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (อุณหภูมิเฉลี่ย 30.0 ± 0.88 ºC) ตรวจนับจำนวน *S. aureus* ที่ระยะเวลาต่าง ๆ โดยเพาะด้วยอาหารแข็ง Baird-Parker Egg Yolk Tellurite Agar (BPET) บ่มที่อุณหภูมิ 37 ºC นาน 48 ชั่วโมง และตรวจนับจำนวน *S. aureus* และแบคทีเรียชนิดอื่นโดยเพาะด้วยอาหารแข็ง Tryptic Soy Agar (TSA) บ่มที่อุณหภูมิ 37 ºC นาน 48 ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่า *S. aureus* ไม่เจริญในน้ำพริกกะปิทั้งสองระดับความเป็นกรดแต่อยู่รอดได้ตลอดระยะเวลาการเก็บ 5 ชั่วโมง โดยจำนวนลดลงเฉลี่ย 2.25 log cfu/g และ 1.88 log cfu/g ในน้ำพริกกะปิ pH 4.15 และ 4.67 ตามลำดับ เมื่อใช้อาหาร BPET ในการเพาะเพื่อนับจำนวนโคโลนี เมื่อเปรียบเทียบการอยู่รอดของ *S. aureus* ในน้ำพริกทั้งสองระดับความเป็นกรดพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) นอกจากนั้นยังพบว่าจำนวน *S. aureus* ที่นับได้ในแต่ละช่วงเวลาเมื่อใช้อาหาร BPET และอาหาร TSA ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับแบคทีเรียประจำถิ่นในน้ำพริกกะปิมีแนวโน้มลดจำนวนลงในขณะที่ค่า pH ของน้ำพริกกะปิไม่เปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเก็บ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า *S. aureus* ซึ่งเป็นแบคทีเรียก่อโรคอาหารเป็นพิษรอดชีวิตได้ในอาหารที่เป็นกรด ดังนั้นจึงควรป้องกันไม่ให้เชื้อปนเปื้อนเพื่อความปลอดภัยในการบริโภค

คำสำคัญ: *ความเป็นกรด, การอยู่รอด, Staphylococcus aureus, น้ำพริกกะปิ*

Abstract

The objective of this research was to study the survival of *Staphylococcus aureus* in acidified shrimp paste dip. Cells of *S. aureus* were inoculated in the shrimp paste dip acidified with lime juice to give initial pH values of 4.15 ± 0.60 and 4.67 ± 0.60, then stored at room temperature (30.0 ± 0.88 °C). The viable counts of *S. aureus* at various times were performed by plating on Baird-Parker Egg Yolk Tellurite Agar (BPET) incubating at 37 °C for 48 h. Counting of *S. aureus* and other bacteria were also done by plating on Tryptic Soy agar (TSA) incubating at 37 °C for 48 h. *S. aureus* showed no growth in both acidified shrimp paste dip but survived throughout 5 h storage, resulting in 2.25 and 1.88 log cfu/g cell reduction in pH 4.15 and 4.67 shrimp paste dip, respectively, when counting with BPET. The survival of *S. aureus* in both acidified shrimp paste dip showed no statistical difference ($p>0.05$). Moreover, there was no significant difference between the counts of *S. aureus* obtained from BPET and TSA. The indigenous bacteria of shrimp paste dip also showed a decreasing tendency

while pH did not change throughout storage time. This study revealed a survival profile in acidified food of *S. aureus* which is a food poisoning bacteria, therefore, prevention of contamination is essential for safe consumption.

Keywords: *acidity, survival, Staphylococcus aureus, shrimp paste dip*

บทนำ

น้ำพริกเป็นอาหารไทยประเภทเครื่องจิ้มที่มีรสเผ็ดเนื่องจากมีพริกเป็นส่วนประกอบ น้ำพริกมีมากมายหลากหลายชนิด โดยเครื่องปรุงหลักประกอบด้วยพริก หอม กระเทียม ปรุงรสด้วยมะนาว มะขาม เกลือ น้ำตาล น้ำปลา ปลาร้า และกะปิ เป็นต้น[1] อาจแบ่งน้ำพริกออกเป็น 2 ประเภทตามกรรมวิธีการทำให้สุกด้วยความร้อน ได้แก่ น้ำพริกสดซึ่งหมายถึงน้ำพริกที่เมื่อเตรียมเสร็จแล้วสามารถนำมารับประทานได้ทันทีไม่ต้องผ่านความร้อนในการทำให้สุก และน้ำพริกผัดซึ่งเมื่อเตรียมเสร็จจะนำไปผัดด้วยความร้อนก่อนนำมารับประทาน น้ำพริกกะปิจัดเป็นน้ำพริกสดชนิดหนึ่งที่เตรียมจากกะปิ พริกขี้หนู กะเทียม ปรุงรสด้วยน้ำมะนาว เกลือหรือน้ำปลาและน้ำตาลให้มีรสเปรี้ยว เค็มและหวาน นิยมรับประทานกับผักสด ผักสุก หรือเครื่องเคียงชนิดอื่น เนื่องจากวัตถุดิบส่วนใหญ่ที่นำมาเตรียมน้ำพริกกะปิเป็นของดิบ อีกทั้งในกรรมวิธีการเตรียมก็ไม่มีการใช้ความร้อน ดังนั้น น้ำพริกกะปิจึงมีจุลินทรีย์กลุ่มต่างๆ ปนเปื้อนได้เสมอ ซึ่งแหล่งที่มาของจุลินทรีย์เหล่านี้นอกจากจะติดมากับวัตถุดิบที่นำมาเตรียมน้ำพริกกะปิแล้วยังอาจปนเปื้อนมาจากอุปกรณ์และภาชนะที่ใช้รวมถึงจากผู้เตรียมอาหารและสิ่งแวดล้อม ดังนั้นระดับหรือปริมาณการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในน้ำพริกกะปิจึงเกี่ยวข้องกับคุณภาพวัตถุดิบและสุขลักษณะในการเตรียม

โรคอาหารเป็นพิษจาก *Staphylococcus* (Staphylococcal food poisoning) เป็นโรคที่มีสาเหตุมาจากการรับประทานอาหารที่มีสารพิษชนิดเอนเทอโรทอกซิน (enterotoxin) ที่สร้างโดยบางสายพันธุ์ของแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* เมื่อได้รับสารพิษดังกล่าวเข้าไปในปริมาณมากเพียงพอจะก่อให้เกิดอาการผิดปกติของระบบทางเดินอาหาร เช่น คลื่นไส้อาเจียน ปวดเกร็งท้อง และอาจมีอาการท้องร่วง โดยเกิดอาการอย่างรวดเร็ว ภายในเวลา 3-5 ชั่วโมงหลังรับประทานอาหาร แม้ว่าอาการจะไม่รุนแรงและหายได้เองภายใน 24-48 ชั่วโมง แต่หากเกิดขึ้นกับทารก ผู้สูงวัย หรือผู้ที่ร่างกายอ่อนแออาจมีอาการหนักและเป็นอันตรายได้[2] *S. aureus* เป็นแบคทีเรียประจำถิ่นบนผิวหนังของคนและสัตว์ มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ดี เช่น สามารถเจริญได้ที่ช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 7 ถึง 48.5 °C ทนเกลือได้ความเข้มข้นสูงถึง 15 % และทนต่อความแห้งโดยมีชีวิตรอดได้บนมือ เสื้อผ้า และพื้นผิวต่างๆ ได้เป็นระยะเวลานาน[2,3] ด้วยเหตุนี้ *S. aureus* จึงมักปนเปื้อนสู่อาหารผ่านการจัดเตรียมอาหารที่ไม่ถูกสุขลักษณะ และเมื่อเก็บอาหารไว้ที่อุณหภูมิที่ *S. aureus* เจริญได้ แบคทีเรียจะเพิ่มจำนวนและอาจสร้างสารพิษจนมีปริมาณเพียงพอที่ก่อให้เกิดโรคต่อผู้บริโภคได้

อาหารบางชนิดมีความเป็นกรดตามธรรมชาติหรืออาจมีการเติมกรดลงในอาหารเพื่อเพิ่มรสชาติรวมทั้งเพื่อถนอมอาหาร น้ำพริกกะปิเป็นอาหารที่มีความเป็นกรดชนิดหนึ่งเนื่องจากมีการปรุงรสด้วยน้ำมะนาว แบคทีเรียส่วนใหญ่รวมถึงแบคทีเรียก่อโรคไม่ทนกรด ดังนั้นความเป็นกรดในน้ำพริกกะปิน่าจะช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน อย่างไรก็ตามจุลินทรีย์บางกลุ่มมีความต้านทานต่อความเป็นกรดรวมถึงอาจปรับตัวจนสามารถเพิ่มจำนวนขึ้นในอาหารที่เป็นกรดได้ โดยความสามารถในการอยู่รอดในอาหารที่เป็นกรดของแบคทีเรียนอกจากจะเกี่ยวข้องกับชนิดของแบคทีเรียแล้วยังขึ้นอยู่กับระดับของความเป็นกรด ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาการอยู่รอดของ *S. aureus* ในน้ำพริกกะปิที่มีความเป็นกรดแตกต่างกัน 2 ระดับ เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งจะทำให้ทราบว่าแบคทีเรียก่อโรคชนิดนี้สามารถรอดชีวิตในน้ำพริกกะปิและเพิ่มจำนวนขึ้นได้หรือไม่ นอกจากนั้นยังต้องการเปรียบเทียบการใช้อาหารแข็ง 2 ชนิดในการนับจำนวน *S. aureus* ได้แก่ อาหารแข็งคัดเลือก (selective

agar) และอาหารแข็งทั่วไป (non-selective agar) เนื่องจากมีรายงานว่าแบคทีเรียที่รอดชีวิตหลังได้รับสภาวะเครียดหรือปัจจัยที่ไม่เหมาะสม เช่น ความร้อน สารเคมี หรือความเป็นกรด อาจไม่สามารถเจริญเป็นโคโลนีบนอาหารแข็งคัดเลือกได้ ส่งผลให้นับจำนวนเชื้อได้ต่ำกว่าความเป็นจริง[4] ซึ่งผลการศึกษาที่ได้จะเป็นประโยชน์ในการลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคอาหารเป็นพิษจากเชื้อก่อโรคชนิดนี้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมเซลล์ *S. aureus*

ขีดแยกเชื้อ *S. aureus* (ได้รับมาจากภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา) บนจานอาหาร Tryptic Soy Agar (TSA) บ่มที่ 37 ºC เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพาะโคโลนีเดี่ยว 2 -3 โคโลนีในอาหาร Tryptic Soy Broth (TSB) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร บ่มที่ 37 ºC เป็นเวลา 18 ชั่วโมง แยกเซลล์โดยใช้เครื่องปั่นเหวี่ยงที่ 5,000×g เป็นเวลา 15 นาที อุณหภูมิ 4 ºC ล้างตะกอนเซลล์ด้วย NaCl เข้มข้น 0.85 % 10 มิลลิลิตร จำนวน 2 รอบ เจือจางเซลล์ด้วย 0.5 % NaCl และปรับความขุ่นให้เท่ากับ McFarland standard No. 0.5 โดยวัดด้วยเครื่องวัดความขุ่น (Densimat, bioMeriux, France) จะได้เซลล์แขวนลอยจำนวนประมาณ 10^8 cfu/ml หรือ 8 log cfu/ml เจือจางเซลล์อีก 10 เท่า ด้วย NaCl เข้มข้น 0.85 % เพื่อให้ได้เซลล์แขวนลอยจำนวนประมาณ 7 log cfu/ml สำหรับใช้เติมลงในตัวอย่างน้ำพริกกะปิ

2. การเตรียมน้ำพริกกะปิ

เตรียมน้ำพริกกะปิ[5] โดยใช้สัดส่วนของเครื่องปรุงประกอบด้วยกระเทียมปอกเปลือก 45 กรัม พริกขี้หนู 26 กรัม กะปิ 90 กรัม ปั่นให้เข้ากันด้วยเครื่องปั่น เติมน้ำมะนาว 90 มิลลิลิตร น้ำปลา 45 มิลลิลิตร น้ำตาลปี๊บ 90 กรัม และน้ำต้มสุก 90 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน วัด pH ของน้ำพริกที่เตรียมได้โดยใช้เครื่องวัด pH (Denver UB-10, USA) จากนั้นแบ่งน้ำพริกที่ได้ออกเป็น 2 ส่วน นำส่วนหนึ่งปรับ pH โดยเติม 1 N NaOH ให้ค่า pH สูงกว่าค่า pH เดิมของน้ำพริกอย่างน้อย 0.5 หน่วย ตรวจสอบน้ำพริกที่เตรียมได้ว่ามีการปนเปื้อน *S. aureus* หรือไม่ โดยนำตัวอย่าง 25 กรัม เติมลงใน TSB ที่มี NaCl 10 % ปริมาตร 225 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C นาน 24 ชั่วโมง ขีดแยกเชื้อบนจานอาหาร Baird-Parker Egg yolk Tellurite agar (BPET) บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C นาน 48 ชั่วโมง โคโลนี *S. aureus* บนอาหารแข็งคัดเลือกชนิดนี้ (typical colony) มีสีดำหรือเทาเข้ม กลม นูน ผิวเป็นมัน มีวงขุ่นที่ขอบโคโลนีและมีวงใสขนาดใหญ่รอบโคโลนี[6] โดยจะต้องไม่พบโคโลนีลักษณะดังกล่าว

3. การเติมเชื้อและการบ่ม

แบ่งน้ำพริกกะปิแต่ละค่า pH ใส่ถุงพลาสติกปราศจากเชื้อขนาด 8x12 นิ้ว ถุงละ 10 กรัม และแบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม เติมเซลล์ *S. aureus* ลงในตัวอย่างกลุ่มที่ 1 ถุงละ 0.1 มิลลิลิตร สำหรับทดสอบการอยู่รอดของ *S. aureus* ตัวอย่างอีกกลุ่มหนึ่งไม่เติมเชื้อใช้สำหรับวัดค่า pH ของน้ำพริก เก็บถุงตัวอย่างน้ำพริกทั้งสองชุดที่อุณหภูมิห้อง นับจำนวนเริ่มต้นของ *S. aureus* และแบคทีเรียอื่น และนับจำนวนแบคทีเรียระหว่างการเก็บ บันทึกอุณหภูมิของห้องโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิทัล

4. การนับจำนวนแบคทีเรียและการวัดค่า pH

นับจำนวน *S. aureus* และจำนวนแบคทีเรียอื่นโดยเจือจางตัวอย่าง 10 เท่า ด้วย 0.1% Peptone ปริมาตร 90 มิลลิลิตร นำไปทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องตีป่นอาหาร (stomacher) จากนั้นเจือจางตัวอย่างแบบ 10 เท่า ต่อไปเป็นลำดับ

ด้วย 0.1% peptone เพาะตัวอย่างโดยวิธีเกลี่ยเชื้อ 0.1 มิลลิลิตร บนจานอาหารคัดเลือก BPET และจานอาหาร TSA ทำซ้ำ 2 จานในแต่ละระดับความเจือจาง บ่มจาน BPET และ จาน TSA ที่อุณหภูมิ 37 ºC นาน 48 ชั่วโมง นับจำนวน typical colony ของ *S. aureus* เลือกโคโลนีมาจำนวน 10% นำมาทดสอบทางชีวเคมีเพื่อยืนยันโดยการย้อมแกรม (Gram stain) ทดสอบเอนไซม์คะตะเลส (catalase test) และทดสอบเอนไซม์โคแอกูเลส (coagulase test) ซึ่ง *S. aureus* ให้ผลการทดสอบดังนี้คือเป็นแบคทีเรียแกรมบวก เซลล์รูปกลม เรียงตัวเป็นกลุ่ม การทดสอบคะตะเลสและโคแอกูเลสให้ผลบวก[7] คำนวณจำนวน *S. aureus* ในตัวอย่างน้ำพริกและรายงานในหน่วย log CFU/กรัม

นับจำนวนโคโลนีแบคทีเรียทั้งหมดบนจานอาหาร TSA และนับจำนวนโคโลนีที่คาดว่าเป็น *S. aureus* ซึ่งมีสีเหลืองอ่อน กลม นูน ผิวมัน ขนาด 3-4 มิลลิเมตร เลือกโคโลนีลักษณะดังกล่าวมาจำนวน 10% นำมายืนยัน *S. aureus* โดยย้อมแกรม ทดสอบคะตะเลสและโคแอกูเลส ดังที่กล่าวมาข้างต้น คำนวณจำนวนแบคทีเรียรวมและจำนวน *S. aureus* แสดงผลในหน่วย log cfu/g นำค่าทั้งสองหักลบกันจะได้ค่าจำนวนแบคทีเรียอื่นในหน่วย log cfu/g วัดค่า pH ของน้ำพริกกะปิชุดที่ไม่ได้เติมเชื้อที่เก็บเป็นเวลาต่างๆ โดยใช้เครื่องวัด pH

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

น้ำพริกกะปิที่ใช้ในการศึกษามีความเป็นกรด 2 ระดับ คือ pH 4.15 ± 0.60 และ pH 4.67 ± 0.60 จากการเติมเซลล์ *S. aureus* ลงในน้ำพริกได้จำนวนเซลล์เริ่มต้นเฉลี่ยของ *S. aureus* เท่ากับ 5.54 ± 0.11 และ 5.37 ± 0.12 log cfu/g ตามลำดับ เมื่อนับจำนวนโดยใช้อาหารแข็ง BPET ซึ่งเป็นอาหารสำหรับคัดเลือกเชื้อ *S. aureus* เมื่อเก็บตัวอย่างน้ำพริกที่อุณหภูมิห้อง (อุณหภูมิเฉลี่ย 30.0 ± 0.88 ºC) นาน 1 ชั่วโมง จำนวนเซลล์ในน้ำพริกทั้งสองค่า pH ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เป็น 4.39 ± 0.34 และ 4.50 ± 0.09 log cfu/g ตามลำดับ หลังจากนั้นจำนวนเซลล์จะลดลงอย่างต่อเนื่อง เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บที่ 5 ชั่วโมง มีจำนวน *S. aureus* เฉลี่ยในน้ำพริกแต่ละ pH เท่ากับ 3.29 ± 0.23 และ 3.49 ± 0.16 log cfu/g ตามลำดับ หรือคิดเป็นจำนวนเซลล์ลดลงจากเริ่มต้นเท่ากับ 2.25 และ 1.88 log cfu/g ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบจำนวน *S. aureus* ในน้ำพริกทั้งสองระดับ pH ที่แต่ละช่วงเวลาพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) และเมื่อนับจำนวน *S. aureus* โดยใช้อาหารแข็ง TSA พบว่าได้ผลเช่นเดียวกับเมื่อใช้อาหารแข็ง BPET โดยจำนวนของ *S. aureus* ลดลงเป็นลำดับตามระยะเวลาการเก็บ และที่เวลา 5 ชั่วโมง จำนวน *S. aureus* ในน้ำพริก pH 4.15 และน้ำพริก pH 4.67 เหลือเท่ากับ 3.34 ± 0.08 และ 3.49 ± 0.11 log cfu/g คิดเป็นจำนวนที่ลดลงจากเริ่มต้น 2.20 และ 1.87 log cfu/g ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบจำนวน *S. aureus* ที่หาได้จากการใช้อาหารแข็งทั้งสองชนิดพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) รายละเอียดแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวน *Staphylococcus aureus* ในน้ำพริกกะปิที่มี pH เป็นกรดแตกต่างกัน เก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 ชั่วโมง เมื่อนับจำนวนโดยใช้ Baird-Parker Egg yolk Tellurite agar (BPET) และ Tryptic Soy Agar (TSA)

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	ค่าที่ได้จาก BPET (log cfu/g ± SD)		ค่าที่ได้จาก TSA (logcfu/g ± SD)	
	pH ของน้ำพริกกะปิ		pH ของน้ำพริกกะปิ	
	pH 4.15 ± 0.60	pH 4.67 ± 0.60	pH 4.15 ± 0.60	pH 4.67 ± 0.60
0	5.54^{aA*} ± 0.11	5.37^{aA} ± 0.12	5.54^{aA} ± 0.03	5.36^{aA} ± 0.10
1	4.39^{bA} ± 0.34	4.50^{bA} ± 0.09	4.58^{bA} ± 0.07	4.33^{bA} ± 0.12
2	4.36^{bA} ± 0.17	4.35^{bA} ± 0.16	4.44^{bA} ± 0.12	4.27^{bA} ± 0.08
3	4.01^{cA} ± 0.38	4.21^{cA} ± 0.15	4.14^{cA} ± 0.12	4.12^{cA} ± 0.13
4	3.62^{dA} ± 0.49	3.66^{dA} ± 0.40	3.62^{dA} ± 0.12	3.74^{dA} ± 0.01
5	3.29^{eA} ± 0.23	3.49^{eA} ± 0.16	3.34^{eA} ± 0.08	3.49^{eA} ± 0.11

* a,b,c,d,e แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลในคอลัมน์เดียวกัน A แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลในแถวเดียวกัน
ตัวอักษรแตกต่างกันหมายถึงข้อมูลที่เปรียบเทียบแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ p=0.05 SD คือ standard deviation

สำหรับแบคทีเรียอื่นที่พบในน้ำพริกกะปิซึ่งหาได้จากการเพาะด้วยอาหารแข็ง TSA พบว่าน้ำพริก pH 4.15 และ pH 4.67 มีจำนวนแบคทีเรียอื่นเริ่มต้นเฉลี่ย 5.59 ± 0.14 และ 5.52 ± 0.11 log cfu/g ตามลำดับ และมีแนวโน้มลดจำนวนตามระยะเวลาและเมื่อเก็บน้ำพริกไว้นาน 5 ชั่วโมง พบจำนวนแบคทีเรีย 4.30 ± 0.35 และ 4.31 ± 0.31 log cfu/g หรือลดลง 1.29 และ 1.21 log cfu/g (ตารางที่ 2) นอกจากนั้นยังพบว่าค่า pH ของน้ำพริกไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญตลอดระยะเวลาการเก็บ 5 ชั่วโมง (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 2 จำนวนแบคทีเรียอื่นในน้ำพริกกะปิที่มี pH เป็นกรดแตกต่างกัน เก็บที่อุณหภูมิห้องนาน 5 ชั่วโมง เมื่อนับจำนวนโดยใช้อาหารแข็ง Tryptic Soy Agar (TSA)

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	แบคทีเรียอื่น (log cfu/g ± SD)	
	น้ำพริกกะปิ pH 4.02 ± 0.19	น้ำพริกกะปิ pH 4.55 ± 0.03
0	5.59^{aA*} ± 0.14	5.52^{aA} ± 0.11
1	5.49^{aA} ± 0.05	5.46^{aA} ± 0.02
2	5.29^{bA} ± 0.22	5.24^{bA} ± 0.13
3	4.64^{cA} ± 0.06	4.69^{cA} ± 0.05
4	4.48^{dA} ± 0.31	4.43^{dA} ± 0.08
5	4.30^{dA} ± 0.35	4.31^{dA} ± 0.15

* a,b,c,d,e แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลในคอลัมน์เดียวกัน A แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลในแถวเดียวกัน
ตัวอักษรแตกต่างกันหมายถึงข้อมูลที่เปรียบเทียบแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ p=0.05 SD คือ standard deviation

ตารางที่ 3 ค่า pH ของน้ำพริกกะปิที่มี pH เป็นกรดแตกต่างกัน เก็บที่อุณหภูมิห้องนาน 5 ชั่วโมง

ระยะเวลา (ชั่วโมง)	pH ± SD	
0	$4.15^{a*} \pm 0.60$	$4.67^{a} \pm 0.60$
1	$4.00^{a} \pm 0.16$	$4.57^{a} \pm 0.10$
2	$4.04^{a} \pm 0.08$	$4.61^{a} \pm 0.04$
3	$4.05^{a} \pm 0.14$	$4.59^{a} \pm 0.05$
4	$4.15^{a} \pm 0.05$	$4.58^{a} \pm 0.30$
5	$4.05^{a} \pm 0.11$	$4.58^{a} \pm 0.24$

* a หมายถึงข้อมูลในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ p=0.05 SD คือ standard deviation

ความเป็นกรด-ด่าง หรือ pH เป็นปัจจัยภายนอกหรือปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่สำคัญต่อการเจริญและการอยู่รอดของแบคทีเรีย แบคทีเรียแต่ละชนิดมีช่วงของค่า pH ที่เจริญได้แตกต่างกันไป *Staphylococcus aureus* เจริญได้ที่ pH 4.2 ถึง 9.3 และเจริญได้ดีที่ pH 7 ถึง 7.5[2] น้ำพริกกะปิที่นำมาศึกษามีความเป็นกรดจากการเติมน้ำมะนาวซึ่งวัดค่า pH ตั้งต้นได้ 4.15 และ 4.67 ดังนั้น จึงเป็นอาหารที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของ *S. aureus* ยิ่งไปกว่านั้นเมื่อเก็บน้ำพริกกะปิไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน 5 ชั่วโมง *S. aureus* มีจำนวนลดลงแสดงให้เห็นว่าเซลล์จำนวนหนึ่งมีการตาย การตายของ *S. aureus* `ดังกล่าวอธิบายได้ว่าเกิดจากกรดซิตริก (citric acid) ซึ่งเป็นกรดอินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมะนาว กรดอินทรีย์จัดเป็นกรดอ่อน (weak acid) เนื่องจากเมื่อละลายน้ำกรดจะแตกตัวไม่สมบูรณ์โดยอยู่ทั้งในรูปที่แตกตัว (dissociated form) และรูปที่ไม่แตกตัว (undissociated form) โดยการแตกตัวจะเกิดขึ้นที่หมู่คาร์บอกซิล (carboxyl group) ของกรดอินทรีย์ และขึ้นอยู่กับค่า pH ของอาหาร กล่าวคือ ถ้าค่า pH ต่ำกว่าค่าคงที่การแตกตัว (acid dissociation constant, pKa) ของกรดอินทรีย์กรดจะแตกตัวได้น้อย กรดซิตริกเป็นกรดอินทรีย์ที่มีหมู่คาร์บอกซิล จำนวน 3 หมู่ในโมเลกุล จึงมีค่า pKa 3 ค่า คือ 3.13, 4.76 และ 6.39[8] ตัวอย่างน้ำพริกกะปิที่ใช้ในการศึกษามีค่า pH 4.15 และ pH 4.67 ซึ่งต่ำกว่าค่า pKa ของกรดซิตริกจำนวน 2 ค่า จึงอนุมานได้ว่ากรดซิตริกในน้ำพริกจะแตกตัวได้น้อย และเนื่องจากฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียของกรดอินทรีย์มาจากกรดที่อยู่ในรูปไม่แตกตัวซึ่งเป็นรูปที่สามารถแทรกผ่านเยื่อหุ้มเซลล์เข้าไปภายในเซลล์ได้ เมื่อเข้าไปในเซลล์กรดซิตริกจะแตกตัวได้เนื่องจากค่า pH ภายในเซลล์สูงกว่าค่า pKa และไฮโดรเจนอิออน (H^+) ที่เกิดขึ้นจากการแตกตัวจะทำให้ค่า pH ภายในเซลล์ลดต่ำลงการทำงานของเซลล์จึงผิดปกติเนื่องจากต้องใช้พลังงานเพื่อขับ H^+ ออกจากเซลล์ ทำให้เซลล์สูญเสียพลังงานและตายได้ในที่สุด[9,10] นอกจากความเป็นกรดของน้ำพริกกะปิจะมีผลยับยั้ง *S. aureus* แล้ว การยับยั้งเชื้อยังอาจเกิดจากเครื่องเทศที่เป็นส่วนผสมของน้ำพริก เช่น กระเทียม และพริก ซึ่งมีสารประกอบที่มีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์หลายชนิด[11]

แม้ว่า *S. aureus* จะตายลงเมื่ออยู่ในน้ำพริกกะปิที่มีความเป็นกรดแต่ก็ยังมีเซลล์ที่รอดชีวิตอยู่เป็นจำนวนกว่า 50 % ของจำนวนเซลล์เริ่มต้นหลังผ่านไป 5 ชั่วโมง การที่ *S. aureus* อยู่รอดได้ในอาหารที่เป็นกรดแสดงว่าเซลล์มีกลไกการปรับตัวให้ทนต่อกรด มีรายงานว่า *S. aureus* เป็นแบคทีเรียที่ค่อนข้างทนกรด โดยใช้กลไกการปรับตัวหลายกลไกเพื่อต้านทานต่อค่า pH ภายในเซลล์ที่ลดลง โดยกลไกที่เกิดขึ้นโดยตรงได้แก่การขับ H^+ ออกจากเซลล์ (proton pump)[12] การปรับตัวเพื่อทนกรดดังกล่าวนอกจากจะทำให้ *S. aureus* รอดชีวิตได้แล้วหากเชื้อปนเปื้อนข้ามไปยังอาหารชนิดอื่นที่ไม่เป็นกรดอาจสามารถเพิ่ม

จำนวนขึ้นและทำให้อาหารไม่ปลอดภัยต่อการบริโภค นอกจากนั้น กลไกการปรับตัวที่พัฒนาขึ้นมาอาจส่งผลให้เชื้อต้านทานต่อสภาวะกรดได้ดีกว่าเดิม โดยมีรายงานว่าเซลล์ *S. aureus* ที่ผ่านการปรับตัวในกรดที่ pH 5 มาก่อนเมื่ออยู่ในอาหารที่มีความเป็นกรดสูง (มายองเนส pH 3.57 rape pH 3.72 โยเกิร์ต pH 4.01 และ kisir köfte pH 4.9) จะรอดชีวิตได้ดีกว่าเซลล์ที่ไม่ผ่านการปรับตัวในกรด[13] ยิ่งไปกว่านั้นการปรับตัวของแบคทีเรียเพื่อให้ทนต่อกรดยังอาจทำให้แบคทีเรียพัฒนาความต้านทานต่อปัจจัยที่ไม่เหมาะสมปัจจัยอื่นๆ เช่น ทนต่ออุณหภูมิสูง ทนต่อสารเคมีที่ใช้ในการแปรรูปอาหาร ได้ด้วย[14] ซึ่งทำให้การควบคุมการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอาหารมีความซับซ้อนมากขึ้น

การรอดชีวิตของแบคทีเรียภายใต้สภาวะกรดของอาหารชนิดใดชนิดหนึ่งเกี่ยวข้องกับปัจจัยอื่นๆ ด้วย เช่น ชนิดแบคทีเรีย ชนิดและความเข้มข้นกรด อุณหภูมิและระยะเวลาที่เก็บอาหาร มีรายงานการศึกษาน้ำพริกกะปิที่เติม *Salmonella* Typhimurium พบว่าได้ผลคล้ายคลึงกับการศึกษาใน *S. aureus* กล่าวคือเชื้อไม่สามารถเจริญในน้ำพริกกะปิ (pH เริ่มต้น 4.02 และ 4.55) แต่รอดชีวิตอยู่ได้โดยจำนวนลดลง 1.95 และ 1.31 log cfu/g ในน้ำพริกแต่ละ pH ภายในเวลา 3 ชั่วโมง[15] มีรายงานเปรียบเทียบการทนกรดของ *Escherichia coli* O157:H7 และ *S. aureus* ที่เติมลงไประหว่างการหมักนมเปรี้ยวคีเฟอร์ที่อุณหภูมิ 22 °C พบว่าหลังการหมักนาน 24 ชั่วโมง จำนวน *S. aureus* ลดลงประมาณ 4.3 log ในขณะที่ *E. coli* O157:H7 ทนต่อความเป็นกรดที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักนมได้ดีกว่า โดยจำนวนลดลงเพียงประมาณ 1 log[16] และการศึกษาใน Mexican red salsa ซึ่งเป็นอาหารที่มีความเป็นกรดจากการเติมกรดซิตริก (pH 3.95-3.96) ที่เติม *S*. Typhimurium และ *S. aureus* ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 20 °C และ 4 °C พบว่า *S*. Typhimurium รอดชีวิตได้ดีกว่า *S. aureus* ทั้งสองอุณหภูมิการเก็บ โดยรอดชีวิตที่ 4 °C ได้มากกว่าที่ 20 °C[17] และมีรายงานว่า *S. aureus*, *E. coli* O157:H7 และ *S*. Typhimurium ที่เติมลงใน eggplant dip ที่เติมกรดซิตริกจะเกิดการตายได้เพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของกรดเพิ่มขึ้นจาก 0.4 % (pH 4.3) เป็น 0.8 % (pH 3.9)[18] ระยะเวลาที่สัมผัสกับกรดก็มีความสำคัญต่อการรอดชีวิตและการตายของเชื้อ โดยหากระยะเวลานานขึ้นเชื้อก็น่าจะเกิดการตายได้มากขึ้น หรือในทางกลับกันหากความเป็นกรดไม่มากพอเชื้อก็อาจมีการปรับตัวและอยู่รอดได้มากขึ้น ซึ่งในการศึกษานี้เลือกศึกษาเป็นระยะเวลานาน 5 ชั่วโมง เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพจริงของการเก็บอาหารที่อุณหภูมิห้องซึ่งจะเก็บได้สั้นกว่าการเก็บที่อุณหภูมิต่ำ เช่น การแช่เย็น

แบคทีเรียที่รอดชีวิตในสภาวะกรดเซลล์จะอยู่ในสภาพที่ไม่สมบูรณ์หรือเรียกว่าเซลล์เกิดการบาดเจ็บ (injured cell) เซลล์ที่บาดเจ็บจะต้องใช้ระยะเวลาในการฟื้นสภาพเพื่อให้สามารถเพิ่มจำนวนได้ ในการนับจำนวนเซลล์แบคทีเรียที่บาดเจ็บหากเพาะด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดคัดเลือกซึ่งมีสารยับยั้ง (selective agent) เป็นส่วนประกอบอาจส่งผลให้เซลล์ที่บาดเจ็บไม่สามารถต้านทานต่อสารยับยั้งในอาหารคัดเลือกเหล่านั้นและไม่เจริญเป็นโคโลนีส่งผลให้จำนวนที่ได้ต่ำกว่าความเป็นจริง[4] ในงานวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบการใช้ BPET ซึ่งเป็นอาหารแข็งที่ใช้คัดเลือก *S. aureus* และการใช้ TSA ซึ่งเป็นอาหารแข็งทั่วไปในการนับจำนวน *S. aureus* ในน้ำพริกกะปิพบว่าได้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ อาหารแข็ง BPET ถูกพัฒนาขึ้นให้มีองค์ประกอบที่ส่งเสริมการเจริญเป็นโคโลนีของเซลล์ *S. aureus* ที่อยู่ในสภาวะเครียด (stressed cell) ที่เกิดจากการได้รับปัจจัยที่ไม่เหมาะสมต่างๆ เช่น ความร้อน ความแห้ง และสารเคมี อาหารแข็งชนิดนี้มีส่วนผสมของ glycine, lithium และ tellurite ทำหน้าที่เป็นสารยับยั้งแบคทีเรียชนิดอื่น และมี pyruvate ช่วยฟื้นสภาพเซลล์ *S. aureus* ที่บาดเจ็บ[6] อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจำนวนโคโลนีที่นับได้จากอาหารแข็งทั้งสองชนิดจะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่เนื่องจาก BPET มีคุณสมบัติยับยั้งโคโลนีของแบคทีเรียชนิดอื่นได้ ทำให้มีประโยชน์ในกรณีที่อาหารมี *S. aureus* จำนวนน้อยกว่าแบคทีเรียประจำถิ่น เนื่องจากโคโลนีแบคทีเรียอื่นจะเจริญได้น้อยลง นอกจากนั้น โคโลนี *S. aureus* บน BPET ยังมีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างจากแบคทีเรียอื่น ดังนั้นจึงทำให้นับจำนวนได้ถูกต้องขึ้น จึงกล่าวได้ว่าควรเลือกใช้ BPET มากกว่า TSA ในการนับจำนวน *S. aureus* ที่อยู่ร่วมกับเชื้อประจำถิ่นเช่นในการศึกษาในตัวอย่าง

น้ำพริกของงานวิจัยนี้ สำหรับแบคทีเรียประจำถิ่นในน้ำพริกพบว่ามีจำนวนลดลงตามระยะเวลาการเก็บแสดงว่ามีแบคทีเรียบางกลุ่มที่ไม่ทนต่อความเป็นกรดของน้ำพริกกะปิแต่ก็ยังมีแบคทีเรียจำนวนหนึ่งรอดชีวิตอยู่ได้เช่นเดียวกัน ดังนั้น ในการเตรียมน้ำพริกกะปิจึงควรรักษาสุขลักษณะเพื่อป้องกันการปนเปื้อนข้ามของเชื้อก่อโรคและลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ประจำถิ่นเพื่อให้บริโภคได้อย่างปลอดภัยต่อไป

สรุป

จากผลการศึกษาทั้งหมดสรุปได้ว่า *Staphylococcus aureus* ไม่มีการเจริญในน้ำพริกกะปิที่มี pH เป็นกรด เนื่องจากการเติมน้ำมะนาว ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (pH 4.15 และ pH 4.67) แต่เชื้อสามารถอยู่รอดในน้ำพริกกะปิได้โดยเซลล์มีการตายโดยลดลง 2.25 log cfu/g และ 1.88 log cfu/g ภายในเวลา 5 ชั่วโมง นอกจากนั้นยังพบว่าอาหารแข็งคัดเลือก Baird-Parker Egg Yolk Tellurite Agar เหมาะสมในการใช้นับจำนวน *S. aureus* ในอาหารที่เป็นกรดและมีจุลินทรีย์ประจำถิ่นอยู่ร่วมด้วย

เอกสารอ้างอิง

1. สุปราณี หลักคำ และคณะ. น้ำพริก. ส่วนที่ 1. [อินเตอร์เน็ท]. 2557. [เข้าถึงเมื่อ 10 มีนาคม 2562]. เข้าถึงได้จาก http://drive.google.com/file/d/0Bwl1NSseUsxzUwOTE4bjA1d00/view
2. Kadariya J, Smith TC, Thapaliya D. *Staphylococcus aureus* and staphylococcal food-borne disease: an ongoing challenge in public health. Biomed Res Intl [Internet]. 2014. [cited 2019 Mar 11]. Available from: https://doi.org/10.1155/2014/827965.
3. Hennekinne JA, deBuyser ML, Dragacci S. *Staphylococcus aureus* and its food poisoning toxins: characterization and outbreak investigation. FEMS Micro Rev. 2012 Jul 36:815–836.
4. Wu VCH. A review of microbial injury and recovery methods in food. Food Micro. 2008 Sep 25(6):735-744.
5. กองบรรณาธิการสำนักพิมพ์อมรินทร์. น้ำพริกสี่ภาค. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์อมรินทร์. 2557.
6. Baird RM, Lee WH. Media used in the detection and enumeration of *Staphylococcus aureus*. Intl J Food Micro. 1995 Jun 26(1):15-24.
7. Bennette, R.W. and Lancette, G.A. Bacteriological Analytical Manual Chapter 12 *Staphylococcus aureus*. https://www.fda.gov/food/foodscienceresearch/laboratorymethods/ucm071429.htm; 2001.
8. Wikipedia. Citric acid. [Internet]. [cited 2019 Mar 10]. Available from https://en.wikipedia.org/wiki/Citric_acid
9. Lambert RJ, Stratford M. Weak-acid preservatives: modeling microbial inhibition and response. J App Micro. 1999; 86:157-164.
10. Cotter PD, Hill C. Surviving the acid test: responses of Gram-positive bacteria to low pH. Micro Mol Bio Rev. 2003;67(3):429-453.
11. Liu Q, Meng X, Li Y, Zhao CN, Tang GY, Li HB. Antibacterial and antifungal activities of spices. Int J Mol Sci. 2017 Jun 16;18(6):1283. doi: 10.3390/ijms18061283. PubMed PMID: 28621716; PubMed Central PMCID: PMC5486105.

12. Bore E, Langsrud L, Langsrud O, Rode TM Holck AA. Acid-shock responses in *Staphylococcus aureus* investigated by global gene expression analysis. Micro. 2007;153:2289-2303.
13. Erdogrul O, Erbilir F, Toroglu S. Survival of acid-adapted *Staphylococcus aureus* in various food samples. Ann Micro. 2006;56(1):25-27.
14. Alvarez-Ordonez A, Broussolle V, Colin P, Nguyen-The C, Prieto M. The adaptive response of bacterial food-borne pathogens in the environment, host and food: implications for food safety. Intl J Food Micro. 2015; 213:99-109.
15. ศิริโฉม ทุ่งเก้า และธิดารัตน์ ทองภู่. ผลของความเป็นกรดต่อการอยู่รอดของ *Salmonella* Typhimurium ในน้ำพริกกะปิ. การประชุมวิชาการระดับชาติวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 6; วันที่ 6 มิถุนายน 2561; สมุทรปราการ: มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ; น.243-249.
16. Kivanc, M. and Yapici, E. Survival of *Escherichia coli* O157:H7 and *Staphylococcus aureus* during the fermentation and storage of kefir. Food Sci Tech [Internet]. 2018 Oct 22] ;Available from http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612018005024110
17. Osaili TM, Al-Nabulsi AA, Jaradat Z, Shaker RR, Alomari DZ, Al-Dabbas MM, et al. Survival and growth of *Salmonella* Typhimurium, *Escherichia coli* O157:H7 and *Staphylococcus aureus* in eggplant dip during storage. Intl J Food Micro. 2015;198:37-42.
18. Franco W, Hsu WY, Simonne AH. Survival of *Salmonella* and *Staphylococcus aureus* in Mexican red salsa in A food service setting. J Food Pro. 2010;73(3):1116-1120.

[BS-P04] การประเมินการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ in-house buffer และ commercial buffer ในเทคนิค Loop-mediated isothermal amplification (LAMP) สำหรับการตรวจหาเชื้อ Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC)

Comparative Evaluation of the Efficiency of In-house Buffer and Commercial Buffer in Loop-mediated Isothermal Amplification for the Detection of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC)

น้ำฝน น้าวัฒนไพบูลย์[1], สร้อยทอง สายหยุดทอง[2] และ สุรีย์มาศ บัวเทศ[*1]
Namfon Nawattanapaibool[*1], Soithong Saiyudthong[2] and Sureemas Buates[3]
[1]ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
[2]สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: Namfon.naw@gmail.com*

บทคัดย่อ

เชื้อแบคทีเรีย Shiga-toxin producing *E. coli* (STEC) เป็นเชื้อก่อโรคที่มักพบปนเปื้อนในอาหารชนิดต่าง ๆ เช่น เนื้อสัตว์ ผักและผลไม้ เชื้อแบคทีเรียชนิดนี้เป็นสาเหตุของโรคอาหารเป็นพิษ และโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหารรุนแรง อีกทั้งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดโรคระบาดในบริเวณต่าง ๆ ของโลกรวมถึงประเทศไทย โดยประเทศไทยเป็นประเทศที่มีทรัพยากรอุดมสมบูรณ์ ประกอบกับการมีอุตสาหกรรมด้านอาหารที่มีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ประเทศไทยได้รับสมญานามว่าเป็นครัวของโลก ดังนั้นความปลอดภัยในอาหาร จากการตรวจสอบการปนเปื้อนของเชื้อโรคที่ปนเปื้อนในอาหารจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงถึง และเพื่อเป็นการลดต้นทุนในการตรวจสอบเชื้อที่ปนเปื้อนในอาหาร วัตถุประสงค์ของงานวิจัยในครั้งนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ in-house buffer กับ commercial buffer ที่ใช้ในเทคนิค loop mediated isothermal amplification (LAMP) ซึ่งเป็นเทคนิคที่มีความแม่นยำ ความถูกต้อง และ ความไวสูง นิยมใช้ในการตรวจเชื้อก่อโรคอย่างแพร่หลาย โดยใช้เชื้อ STEC อ้างอิงในการทดสอบการเปรียบเทียบ โดยงานวิจัยในครั้งนี้เป็นครั้งแรกที่ทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่าง bufffer 2 ชนิด ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่า in-house buffer มีประสิทธิภาพ ความไวและความแม่นยำ ทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ในระดับที่เทียบเท่ากับ commercial buffer อีกทั้ง in-house buffer ยังมีราคาถูกกว่าถึง 3.8 เท่า (commercial buffer ราคา 145 บาทต่อปฏิกิริยา และ in-house buffer ราคา 37.2 บาทต่อปฏิกิริยา) ทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบเชื้อก่อโรคได้ อีกทั้งเป็นการช่วยเพิ่มกำลังการแข่งขันในอุตสาหกรรมอาหารอีกด้วยซึ่งเหมาะสมต่อประเทศที่มีงบประมาณจำกัดอย่างประเทศไทย

คำสำคัญ: *แบคทีเรีย STEC, เชื้อโรคปนเปื้อนในอาหาร, วิธีการตรวจสอบเชื้อโรค*

Abstract

Shiga-toxin *producing E. coli* (STEC), a foodborne pathogen, can be found to contaminate in many types of food including meats, vegetables, fruits, and dairy products. STEC is the most common cause of food-

poisoning and serious illnesses and is associated with foodborne outbreaks in many parts of the world including Thailand. Thailand is known as "the kitchen of the world" since Thailand has an abundance of natural resources combined with the powerful food industry. Food safety plays an important role in the food industry. Therefore, the detection of foodborne pathogens is an essential step to increase the food industry value. Loop-mediated isothermal amplification (LAMP), a simple, rapid, accurate, and precise method was widely used for pathogenic detection. To reduce the cost of LAMP detection, this current study aims to evaluate and compare the efficiency of the in-house buffer with the commercial LAMP kit for STEC detection using STEC references strains. This study is the first study to demonstrate the feasibility of the in-house buffer by comparing with commercial LAMP kit. The results indicated that the in-house LAMP buffer showed comparable efficiency to the commercial LAMP kit. No significant difference in qualitative and quantitative results between these two buffers. The commercial LAMP kit cost 145 THB/reaction while in-house buffer cost only 37.2 THB/reaction which is 3.8 times lower. The in-house buffer is cost-effective and suitable for a country that has a limited budget like Thailand. Moreover, the in-house buffer can be optimized for the individual condition to be adapted and applied with other organisms in the future.

Keywords: *LAMP, STEC, In-house buffer, commercial buffer*

Introduction

Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) is the zoonotic foodborne pathogen that becomes a major public health problem associated with an outbreak of hemorrhagic colitis (HC), a watery-bloody diarrhea. STEC infection potentially leads to severe complicated diseases such as a hemolytic-uremic syndrome (HUS) and a thrombotic thrombocytopenic purpura (TTP)[(1)]. The reports of STEC illness indicated that the incidence in each area is extremely diverse. The global incidence of STEC-related illnesses between 1990-2012 using Systematic Review and Knowledge Synthesis model estimated that STEC caused 2,801,000 cases of acute illnesses annually worldwide leading to 3,890 cases of HUS, and 230 deaths[(2)]. Although a large STEC outbreak has not been reported in Thailand, some of STEC sporadic cases have been reported since 1990[(3)]. The common transmission route of STEC is a fecal-oral route, primarily through a consumption of contaminated food[(4)]. STEC contamination in Thailand has been found in several food types including beef, chicken, pork, and shrimp[(5)].

To date, many STEC detection methods have been used, especially, nucleic acid-based amplification tests (NAATs). NAATs are the molecular technique used to detect and amplify the RNA or DNA of a particular pathogen in a sample. A novel developed nucleic acid amplification technique, loop-mediated isothermal amplification (LAMP), has been widely used as a STEC diagnostic method[(6, 7)]. LAMP technique uses four to six specific primers and a strand-displacing *Bst* DNA polymerase for DNA amplification result in a stem-loop DNA with various sized of inverted repeats and a cauliflower like structure with multiple loops as a final product. LAMP can amplify a few DNA copies to 10^9 copies under isothermal condition within less than 1 hour[(8)]. LAMP

result can be observed by the detection of turbidity of magnesium pyrophosphate pellet, a by-product of amplification reaction. LAMP technique is simple, rapid, accurate, and precise. The Eiken Loopamp DNA Amplification Kit (Eiken Chemical Co., Ltd, Tokyo, Japan) is an available commercial LAMP kit used for the DNA amplification. This kit is composed of all reagents needed for LAMP reaction including buffer, MgSO4, and Bst DNA polymerase. However, the cost of the commercial LAMP kit is quite expensive approximately 145 THB/reaction that may inconvenient for a high number of tests or a limited budget work. To reduce the cost of LAMP detection, using an in-house buffer is an alternative method since it is cost-effective and the users can prepare the buffer according to their desire. In this study the LAMP buffer used ThermoPol buffer (a buffer coming with *Bst* DNA polymerase) and additional LAMP reagents. The concentration of each additional reagent has to be optimized to gain the best condition for LAMP reaction which is varied depending on the primers used. Since additional reagents have to be added and the LAMP reaction condition has to be optimized, we define this buffer as an in-house buffer. Therefore, the aim of this present study was to investigate the feasibility of the in-house buffer for LAMP-STEC detection by comparing the efficiency with commercial LAMP kit using STEC references strains.

Materials and Methods

1. Bacterial strains, cultured conditions, and DNA preparation

Reference strains, Escherichia coli DMST 4212 and Escherichia coli O157:H7 DMST 12743 obtained from the department of medical science, ministry of public health, Thailand, were cultured at 37°C for 16 hours in tryptic soy broth (TSB) (Merck KGaA, Darmstadt, Germany) and plated on tryptic soy agar (TSA) plates (Merck KGaA, Darmstadt, Germany) at 37°C for overnight. Bacterial genomic DNA (gDNA) was extracted using a boiling method as described in Bacteriological Analytical Manual, U.S. FDA (BAM) and was kept at -80°C prior to be used in the LAMP reaction. DNA template was measured the concentration by NanoDrop™ 2000 spectrophotometer and calculated according to the genome size of STEC to get the gDNA copy number. gDNA was serially diluted in DNase-free water to get final concentration at 10^4 to 1 copy/ uL.

2. LAMP reaction

For STEC O157 detection, the *wzy* gene (encoding for serogroup-specific O- antigen of E. coli O157; GenBank accession No. AF061251) was used as a target DNA as previously described[9]. For STEC virulence gene detection, three sets of primers targeting, *stx1, stx2* and *eae* genes (GenBank accession numbers M19473, X07865, and Z11541, respectively) were used as previously described[10]. The *stx1, stx2* and *eae* genes are responsible for Shiga toxin type 1, Shiga toxin type 2 and intimin protein, respectively. For O157:H7 detection, the *yliE* gene (encoding for conserved inner membrane protein specific for O157:H7; GenBank accession No. CP002185.1) was used as a target DNA (11). The primer concentration for *wzy, stx1*, and *stx2* was 1.8 µM for each of forward inner primer (FIP) and backward inner primer (BIP),

0.1 μM for each of forward outer primer (F3) and backward outer primer (B3), 1.0 μM for each of loop primer (LF) and loop backward (LB). The primer concentration for *eae* was 2.0 μM for each of FIP and BIP, 0.3 μM for each of F3 and B3, and 1.2 μM for each of LF and LB. For *yliE* detection, the primer concentrations were 1.6 μM for each of FIP and BIP, 0.2 μM for each of F3 and B3, and 0.8 μM for each of LF and LB.

The LAMP reaction was performed using 2 types of the reaction mix, commercial Eiken Loopamp DNA Amplification Kit (Eiken Chemical Co., Ltd, Tokyo, Japan) and the *Bst* DNA polymerase supplied with ThermoPol buffer and $MgSO_4$ (New England BioLabs, Ipswich, MA) used for in-house reaction. The commercial Eiken kit was prepared as described in the manufacturer's instruction. For an in-house buffer, *Bst* DNA polymerase, $MgSO_4$, betaine and deoxynucleotide triphosphate (dNTPs) were added to ThermoPol buffer in the optimal concentration (Table 1). The incubation conditions are 60°C for Eiken buffer and 65°C for in-house buffer according to the different optimal temperature between these two buffers (the temperature optimization experiment was not shown here.)

3. Comparison of the efficiency of LAMP using a commercial buffer and an in-house buffer

The 10^4 copies of STEC O157:H7 gDNA was used as a template for each of five specific primer sets. The reactions were incubated in a Realtime Turbidimeter LA-2000 (Eiken Chemical Co, Tokyo) at 60°C (Eiken buffer) and 65°C (in-house buffer) for 60 min, followed by *Bst* DNA polymerase inactivation at 80°C for 5 min. Distilled water was used as the negative control in each run. This experiment was repeated three times independently.

Table 1 Components of 1X reaction mix for LAMP reaction

Components	**Loopamp DNA Amplification Kit (Eiken Genome Co. Ltd)**	**In-house buffer**
Buffer	Eiken buffer	ThermoPol buffer
- Tris-HCl (pH 8.8)	- 20 mM	- 20 mM
- KCl	- 10 mM	- 10 mM
- Tween 20	- 0.1 %	- 0.1 %
- $(NH_4)_2SO_4$	- 10 mM	- 10 mM
- $MgSO_4$	- 8 mM	- 6 mM (+2 mM)[a]
Betaine [a]	- 0.8 M	- 0.8 M
Bst DNA polymerase [a]	- 8 units	- 8 units

Deoxynucleotide Triphosphate [a]	- 1.4 mM each	- 1.6 mM- *ylie* - 1. 2 mM- *wzy, stx1, stx2* - 1.8 mM- *eae*

*a : Additional components for an in-house reaction mix

Table 2 Cost of a commercial Eiken LAMP kit and an In-house buffer

	Cost for LAMP reaction components		Cost per test (THB)
LAMP Eiken Kit	28,000/192 Tests		145
In-house buffer			
• *Bst* DNA polymerase (1600 U)	4,000/200 Tests	20	37.2
• dNTP (100 mM)	9,540/700 Tests	13.6	
• Betaine solution (5 M)	1,400/375 Tests	3.6	

4. Evaluation of the sensitivity of an in-house buffer for STEC detection

The LAMP reaction was performed using 10-fold serial dilution of STEC O157:H7 gDNA (10^4, 10^3, 10^2, 10, and 1 copy/µL). For template DNA, 1 µL of each dilution was used for each of five specific primer sets. The reaction was incubated in a turbidimeter a 65°C for 60 minutes, followed by *Bst* DNA polymerase inactivation at 80°C for 5 min. Distilled water was used as the negative control in each run. This experiment was repeated three times independently.

5. Evaluation of the specificity of an in-house buffer for STEC detection

The gDNA of *E. coli* DMST 4212 or non-STEC and gDNA of O157:H7 STEC at 10^4 copies used for five specific primer sets to test the specificity. The reaction was incubated in a turbidimeter at 65°C for 100 minutes, followed by *Bst* DNA polymerase inactivation at 80°C for 5 minutes. Distilled water was used as the negative control for each run. This experiment was repeated three times independently.

6. Validation of an in-house buffer using a colorimetric monitoring method

To improve the sensitivity of LAMP reaction, a colorimetric monitoring method was used since the color of reaction is easier to be observed than that of the turbidity especially in a weak positive reaction. The color produced by a colorimetric monitoring method can be monitored by naked eyes under the natural light without any requirement of the special instrument. The in-house buffer and commercial buffer were validated with two type of dyes; 1) 3 mM hydroxynapthol blue (HNB) working solution and 2) the combination of 20 µM calcein, 1 mM $MnCl_2$ and 20 mM HNB working solution. Before LAMP amplification, 1 uL of each dye was added in 25 µL reaction containing 10^4 copies of STEC O157:H7 gDNA and primers specific for *wzy* gene. The reaction was incubated at 65°C for 60 minutes in a heat block. The color of reaction was observed at end point of incubation.

Results and Discussion

1. Comparison the efficiency of LAMP using an Eiken and an in-house buffer

To determine the efficiency of an in-house buffer compared with a commercial buffer, all primers were tested with 10^4 gDNA of STEC O157:H7. Results from a real-time turbidimeter showed the curve plotted between the amplification time and amplification values of LAMP reaction (Figure 1A). The average results from three independent replications were shown in Figure 1B. The result demonstrated that the amplification of the LAMP reaction using Wzy, Stx1, and Stx2 primers with the in-house buffer started approximately 1-2 min slower than that of the commercial buffer. The amplification of the LAMP reaction using Eae and yliE primers with the in-house buffer started 1-2 min faster than that of the commercial buffer. For the amplification value or the turbidity detection, the in-house buffer showed approximately 0.02 unit of turbidity less than that of the commercial buffer. This result indicated that the in-house buffer showed a comparable efficiency as the commercial buffer and the amplification also depended on the primer sensitivity.



Figure 1. Comparison of the efficiency of the commercial buffer and in-house buffer for STEC detection; (A) the curve of the amplification time and the amplification value of the LAMP amplification using a turbidimeter. (B) the average result from three replications using 10^4 copies of STEC O157:H7 gDNA incubated for 60 minutes at 60°C for the commercial buffer and at 65°C for the in-house buffer. Negative control has no DNA template.

2. Evaluation of the sensitivity of LAMP using the in-house buffer for STEC detection

Since the in-house buffer showed a comparable efficiency to the commercial buffer, the sensitivity of LAMP reaction with the in-house buffer for STEC detection was further evaluated. All primers were tested using 10-fold serial dilution of STEC O157:H7 gDNA. The result demonstrated that primers specific for *wzy* (Figure 2A) and *eae* (Figure 2D) genes had the detection limit at 100 copies/ reaction which was comparable to that of a previous study using the commercial Eiken buffer[12]. For stx1 (Figure 2B), stx2 (Figure 2C), and yliE (Figure 2E) detection, the detection limit of these 3 genes was 10 copies/reactions that were comparable to other previous studies using the commercial buffer[10, 11].

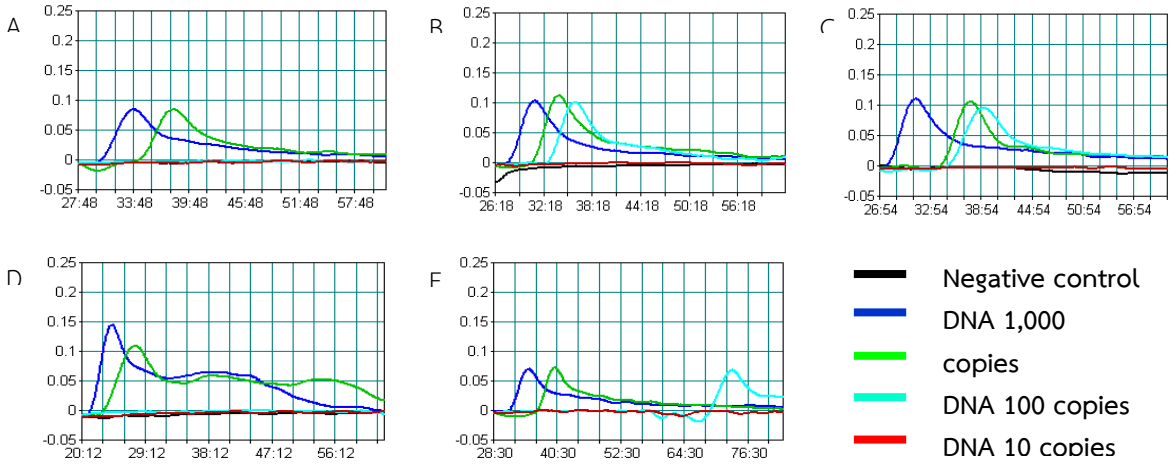


Figure 2. Determination of the sensitivity of the LAMP reaction with the in-house buffer for STEC detection; (A) Wzy primers, (B) Stx1 primers, (C) Stx2 primers, (D) Eae primers (E) yliE primers. LAMP condition used the 10-serial dilution of STEC O157:H7 gDNA with 90 minutes of incubation. Negative control used no DNA template.

3. Evaluation of the specificity of the in-house buffer for STEC detection.

In order to determine the specificity of the in-house buffer for STEC detection, all sets of specific primer were tested with 10^4 copies of non-STEC DMST 42121 gDNA. The wzy primer was test with 10^4 copies of STEC O157:H7 gDNA. The result demonstrated that all of the LAMP reactions with the in-house buffer were negative for non-STEC gDNA while this reaction was positive for *wzy* gene from STEC gDNA (Figure 3). Therefore, the in-house buffer was specific for STEC detection.

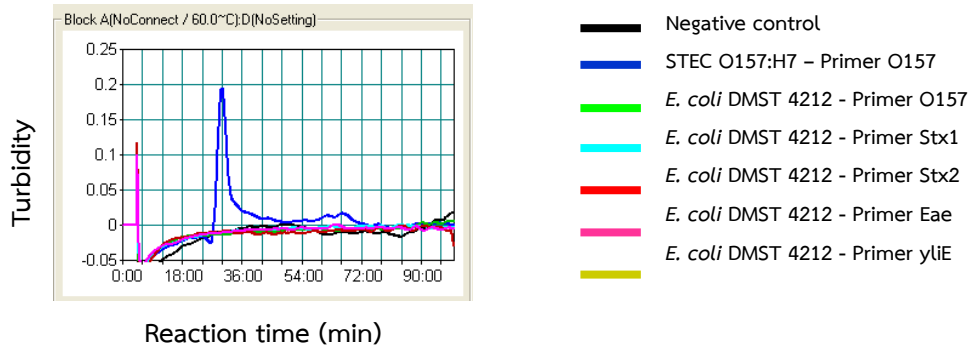


Figure 3. Determination of the specificity of the LAMP reaction with the in-house buffer for LAMP STEC detection. LAMP condition consisted of the 10-serial dilution of non-STEC *E. coli* DMST 4212 gDNA with 90 minutes of incubation. Negative control was no DNA template.

4. Validation of the in-house and commercial buffers using a colorimetric monitoring method

The in-house and commercial buffers were validated with 1) 3 mM of hydroxynapthol blue (HNB) (Figure 4A) and 2) the combination of 20 µM calcein, 1 mM $MnCl_2$ and 20 mM HNB (Figure 4B) using 104 copies of STEC O157:H7 gDNA. For HNB detection, the results showed a violet color in a negative reaction. For a positive reaction, the HNB color changed from violet to blue upon the reduction of free magnesium ions forming a complex with pyrophosphate after the DNA amplification. For the second dye, the negative reactions showed the violet color and pink color in the commercial and in-house buffers, respectively. The positive reactions of the second dye showed the dark blue color in both buffers. Interestingly, the color of the LAMP reaction with the in-house buffer was more obviously to be distinguished between negative and positive reaction than those of the commercial buffer (Figure 4).

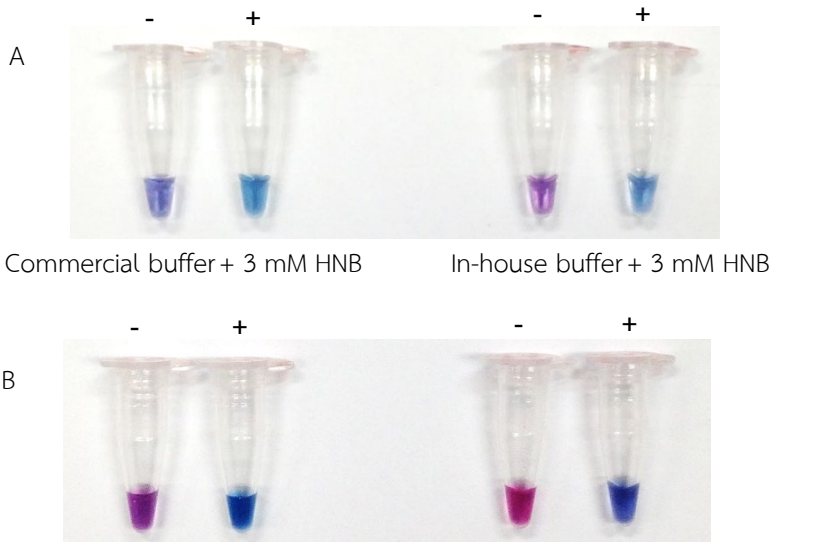


Figure 4. Validation of the in-house and commercial buffers with colorimetric monitoring methods. (A) Left; the commercial buffer with 3 mM Hydroxynapthol blue (HNB), right; the in-house buffer with 3 mM Hydroxynapthol blue, (B) Left; the commercial buffer with the combination of 20 µM calcein, 1 mM $MnCl_2$ and 20 mM HNB, right; the in-house buffer with 3 mM Hydroxynapthol blue, (-); Negative reaction-No DNA template, (+); positive reaction. LAMP condition used 10^4 copies of STEC O157:H7 gDNA with Wzy primer incubated for 60 minutes in a heat block at 60°C for the commercial buffer and at 65°C for the in-house buffer.

Conclusion

This is the first study to demonstrate the comparative evaluation of the commercial and in-house buffers in loop mediated isothermal amplification (LAMP) technique for the STEC detection to reduce the cost of LAMP. The in-house buffer showed a comparable efficiency to that of the commercial buffer. The in-house buffer is profitable because it costs only 37.2 THB/reaction which is 3.8 times lower than that of the commercial buffer. Moreover, this in-house buffer is simple and can be adaptable to be used with other LAMP conditions for the detection of other pathogenic organisms. The LAMP reaction with the in-house buffer is a new alternative method with the most benefit for the pathogen detection in food safety of Thailand's food industry.

References

1. Thorpe CM. Shiga toxin-producing Escherichia coli infection. Clinical infectious diseases : an official publication of the Infectious Diseases Society of America. 2004;38(9):1298-303 DOI: 10.1086/383473.
2. Majowicz SE, Scallan E, Jones-Bitton A, Sargeant JM, Stapleton J, Angulo FJ, et al. Global incidence of human Shiga toxin-producing Escherichia coli infections and deaths: a systematic review and knowledge synthesis. Foodborne pathogens and disease. 2014;11(6):447-55 DOI: 10.1089/fpd.2013.1704.
3. Themphachana M, Nakaguchi Y, Nishibuchi M, Seto K, Rattanachuay P, Singkhamanan K, et al. First report in Thailand of a stx-negative Escherichia Coli 0157 strain from a patient with diarrhea. Southeast Asian Journal of Tropical Medicine Public Health. 2014;45(4):881-9.
4. Hussein HS, Sakuma T. Prevalence of shiga toxin-producing Escherichia coli in dairy cattle and their products. Journal of dairy science. 2005;88(2):450-65.
5. Sukhumungoon P, Tantadapan R, Rattanachuay P. REPETITIVE SEQUENCE BASED-PCR PROFILING OF ESCHERICHIA COLI O157 STRAINS FROM BEEF IN SOUTHERN THAILAND. The Southeast Asian journal of tropical medicine and public health. 2016;47(1):55-65.
6. Hara-Kudo Y, Konishi N, Ohtsuka K, Hiramatsu R, Tanaka H, Konuma H, et al. Detection of Verotoxigenic Escherichia coli O157 and O26 in food by plating methods and LAMP method: a collaborative study. International journal of food microbiology. 2008;122(1-2):156-61 DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2007.11.078.
7. Zhao X, Li Y, Wang L, You L, Xu Z, Li L, et al. Development and application of a loop-mediated isothermal amplification method on rapid detection Escherichia coli O157 strains from food samples. Molecular biology reports. 2010;37(5):2183-8 DOI: 10.1007/s11033-009-9700-6.
8. Mori Y, Notomi T. Loop-mediated isothermal amplification (LAMP): a rapid, accurate, and cost-effective diagnostic method for infectious diseases. Journal of infection and chemotherapy. 2009;15(2):62-9 DOI: 10.1007/s10156-009-0669-9.
9. Wang F, Jiang L, Yang Q, Prinyawiwatkul W, Ge B. Rapid and specific detection of escherichia coli serogroups O26, O45, O103, O111, O121, O145, and O157 in ground beef, beef trim, and produce by loop-mediated

isothermal amplification. Applied and environmental microbiology. 2012;78(8) : 2727- 36 DOI: 10.1128/aem.07975-11.

10. Wang F, Jiang L, Ge B. Loop- mediated isothermal amplification assays for detecting shiga toxin- producing Escherichia coli in ground beef and human stools. Journal of clinical microbiology. 2012;50(1) : 91- 7 DOI: 10.1128/jcm.05612-11.
11. Lee D, Kim YT, Lee JW, Kim DH, Seo TS. An integrated direct loop- mediated isothermal amplification microdevice incorporated with an immunochromatographic strip for bacteria detection in human whole blood and milk without a sample preparation step. Biosensors & bioelectronics. 2016;79: 273- 9 DOI: 10.1016/j.bios.2015.12.044.
12. Aydin- Schmidt B, Morris U, Ding XC, Jovel I, Msellem MI, Bergman D, et al. Field Evaluation of a High Throughput Loop Mediated Isothermal Amplification Test for the Detection of Asymptomatic Plasmodium Infections in Zanzibar. PloS one. 2017;12(1):e0169037-e DOI: 10.1371/journal.pone.0169037.

[BS-P05] ผลของความเค็มต่อการเปลี่ยนแปลงค่าออสโมลาลิตี้ในเลือดปูม้ากระตอย *Charybdis affinis* Dana, 1852

Effect of Salinity on Blood Osmolality of Small Portunid Crabs, *Charybdis affinis* Dana, 1852

นงนุช ตั้งเกริกโอฬาร* และ จริญญา โจระถัง
Nongnud Tangkrock-olan* and Jarinya Jorathang
ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: nongnud@buu.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของความเค็มที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นเลือดหรือค่าออสโมลาลิตี้เลือด (Blood osmolality) ของปูม้ากระตอย *Charybdis affinis* ที่มีความกว้างกระดองเฉลี่ย 45.32 ± 0.78 มิลลิเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 14.59 ± 3.47 กรัม โดยทำการเจาะเลือดเพื่อนำมาวัดค่าความเข้มข้นเลือด ด้วยเครื่องวัดแรงดันของสารละลายแบบไอระเหย Wescor 5520 (Wescor 5520 Vapour perssure osmometer,) ที่ระดับความเค็มน้ำ 10, 15, 20, 30, 40 ส่วนในพันส่วน และที่โผล่พ้นน้ำ ที่เวลา 3, 6, 12, 24, 48 และนำกลับมาไว้ที่ความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน เป็นเวลา 2 วัน พบว่าค่าออสโมลาลิตี้เปลี่ยนแปลงตามค่าของความเค็มน้ำที่เพิ่มขึ้น โดยที่ระดับความเค็มน้ำที่ 10 ส่วนในพันส่วน มีค่าออสโมลาลิตี้ต่ำสุด (439 ± 64 มิลลิออสโมต่อกิโลกรัม) และมีค่าสูงสุดที่ 40 ส่วนในพันส่วน (1427 ± 78 มิลลิออสโมต่อกิโลกรัม) ความเค็มที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของปูม้ากระตอยน่าจะอยู่ที่ 30 ส่วนในพันส่วน และปูม้ากระตอยมีพฤติกรรมการปรับตัวแบบ ออสโมคอนฟอร์เมอร์ (osmoconformer)
คำสำคัญ: *ปูม้ากะตอย, ความเค็ม, ค่าออสโมลาลิตี้ในเลือด*

Abstract

This research objective is to study the effect of salinity on changes in blood osmolality of small portunid crab *Charybdis affinis* with an average carapace length of 45.32 ± 0.78 millimeters and an average weight of 14.59 ± 3.47 gram. Blood samples were drawn for measuring the blood osmolality using Wescor 5520 Vapour pressure osmometer in crabs reared at salinities 10, 15, 20, 30, 40 part per thousand and emerged from water after 3, 6, 12, 24, 48 hour and after two days back in 30 part per thousand seawater for two days. It has been found that osmolality of blood changed with salinities. The lowest osmolality was 439 ± 64 mOsM/kg at 10 ppt and the highest osmolality was 1427 ± 78 mOsM/kg at 40 ppt. The optimal salinity for *Charybdis affinis* should be 30 ppt and *Charybdis affinis* showed osmoconformer adaptation
Keywords: *small portunid crab, salinity, blood osmolality*

บทนำ

ปูม้ากระตอย *Charybdis affinis* Dana, 1852 จัดอยู่ในครอบครัว Portunidae เช่นเดียวกับปูม้าเศรษฐกิจ *Portunus pelagicus* และปูทะเล *Scylla* spp. แต่ปูม้ากะตอยมีขนาดเล็กกว่า ปูม้ากะตอยถูกพบแพร่กระจายทั่วไปในทะเลเขตร้อนใกล้ชายฝั่ง แม้เป็นปูขนาดเล็ก แต่ก็มีความสำคัญไม่น้อยกว่าปูที่มีขนาดใหญ่ สามารถนำมาบริโภคเป็นอาหารและมีความสำคัญต่อระบบนิเวศในทะเล โดยทำหน้าที่เป็นทั้งผู้บริโภคและผู้ถูกบริโภคในห่วงโซ่อาหาร ปูม้ากระตอยจัดเป็นหนึ่งในชนิดของสัตว์น้ำพลอยจับได้ของการทำประมงประเภทอวนจมปู ตามแนวชายฝั่งทะเล[1] ซึ่งในอดีต ประชาชนไม่นิยมบริโภคปูม้ากะตอย เนื่องจากมีขนาดเล็ก ปูม้ากะตอยจึงมีราคาถูก ส่วนใหญ่ของปูม้ากะตอยที่ถูกจับได้ จะถูกนำไปเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการทำอาหารสัตว์ อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบัน ประชาชนหันมาบริโภคปูม้ากระตอยกันมากขึ้น โดยนำมาแปรรูปเป็นปูดองหรือปูอบกรอบ ที่มีปริมาณแคลเซียมสูง ทำให้ปูม้ากระตอยมีราคาสูงขึ้น และเริ่มมีจำนวนน้อยลง ซึ่งอาจส่งผลให้ จำนวนปูม้ากระตอยลดลงในอนาคต จึงมีความเป็นไปได้ที่จะมีการศึกษาเกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงปูเหล่านี้ในอนาคตข้างหน้า การศึกษาเกี่ยวกับชีววิทยาและสรรีวิทยาพื้นฐานจึงเป็นเรื่องที่มีความสำคัญ โดยเฉพาะการศึกษาถึงพื้นฐานเกี่ยวกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่างๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านสรีรวิทยา เช่น ความเค็ม อุณหภูมิ และปริมาณออกซิเจนในน้ำ ปัจจัยเหล่านี้ ล้วนมีความสำคัญและสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการการเพาะเลี้ยงได้

ความเค็มน้ำ (salinity) เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อสัตว์ทะเล ทำให้สัตว์ทะเลมีถิ่นที่อยู่อาศัยแตกต่างกัน ความเค็มน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปมีผลต่อกระบวนการรักษาสมดุลของของเหลว (osmoregulation) ภายในร่างกาย โดยส่งผลให้ค่าออสโมลาลิตี้ในเลือดของสัตว์เปลี่ยนแปลง ตามปกติสัตว์ทะเลจะมีความสามารถในการปรับตัวต่อความเค็มที่เปลี่ยนแปลงไปแตกต่างกัน โดยที่สัตว์น้ำกร่อยจะมีการปรับตัวได้ดีกว่าสัตว์ในทะเลเปิด เนื่องจากสัตว์น้ำกร่อยมีระบบรักษาสมดุลของเหลวในร่างกายดีกว่าสัตว์ในทะเลเปิด ซึ่งเป็นผลมาจากการที่สัตว์เหล่านี้ต้องเผชิญกับสภาพการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำตลอดเวลาในบริเวณแหล่งที่อยู่อาศัยของมัน ในปัจจุบันได้มีการศึกษาถึงปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านสรีรวิทยาในสัตว์ทะเลที่เป็นสัตว์เศรษฐกิจกันอย่างแพร่หลายเช่น กุ้ง ปู หอย เป็นต้น ไม่ว่าจะเป็นการศึกษาเกี่ยวกับ ความเค็มที่มีผลต่ออัตราการอยู่รอด และความเค็มที่มีผลต่อค่าความเข้มข้นในเลือดของสัตว์ เป็นต้น สำหรับปูม้ากระตอย ซึ่งเป็นปูทะเลขนาดเล็กที่ประชาชนเพิ่งนิยมหันมาบริโภคกันมากขึ้น ยังไม่พบข้อมูลการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับสรีรวิทยา โดยเฉพาะ การศึกษาเกี่ยวกับความเค็มที่มีผลต่อค่าออสโมลาลิตี้ในเลือดปูม้ากระตอย

ในการวิจัยครั้งนี้จึงมีจุดประสงค์ ต้องการศึกษาผลของความเค็มที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นเลือดหรือค่าออสโมลาลิตี้ในเลือดปูม้ากระตอยที่ความเค็มระดับต่างๆ กัน เพื่อให้ทราบถึง ค่าความเค็มที่มีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของปู เพื่อเป็นประโยชน์ทางด้านการเพาะเลี้ยงต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. สัตว์ทดลองและสถานที่ทำการทดลอง

สัตว์ที่ใช้ในการทดลองคือ ปูม้ากระตอย จำนวน 60 ตัว (สำหรับใช้ในการทดลองที่ความเค็ม 5 ระดับ จำนวนระดับละ 10 ตัว และที่โผล่พ้นน้ำจำนวน 10 ตัว) ที่ได้จากเรืออวนจมปูของชาวประมงที่บริเวณหาดวอนนภา ปูม้ากะตอยที่ใช้ในการทดลองมีขนาดความกว้างกระดองเฉลี่ยเท่ากับ 45.32 ± 0.78 มิลลิเมตร และมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 14.59 ± 3.47 กรัม สถานที่ทำการทดลองคือ โรงเพาะเลี้ยงของภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

2. การปรับสภาพของปูม้ากะตอยก่อนการทดลอง

นำปูม้ากะตอยที่ได้อวนจมปูของชาวประมงที่บริเวณหาดวอนนภา มาเลี้ยงปรับสภาพ (acclimation) ในน้ำทะเลที่มีความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน ถังที่ใช้เลี้ยงขนาด 20 ลิตร เลี้ยงปรับสภาพเป็นเวลา อย่างน้อย 1 สัปดาห์ ก่อนนำมาทดลองเพื่อศึกษาผลของความเค็มที่มีต่อระดับค่าออสโมลาลิตี้ในเลือดปูต่อไป

3. การเตรียมน้ำที่ใช้ในการทดลองวัดค่าออสโมลาลิตี้ของเลือดปูม้ากะตอย

เตรียมน้ำที่จะใช้ในการทดลอง 5 ระดับคือ 10, 15, 20, 30 และ 40 ส่วนในพันส่วน สำหรับระดับความเค็มที่ต่ำกว่า 35 ส่วนในพันส่วน เตรียมได้จาก การนำน้ำทะเลที่ระดับความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วนมาเจือจางโดยใช้น้ำจืดเติมลงไป ส่วนความเค็มที่สูงกว่า 30 ส่วนในพันส่วน ได้จากการใส่เกลือแกงเพิ่มลงไป จากนั้นนำน้ำที่ระดับความเค็มต่างๆ ที่เตรียมได้ มาวัดค่าความเค็มโดยละเอียดอีกครั้งหนึ่ง โดยใช้เครื่องวัดความดันออสโมติกของสารละลายแบบไอระเหย (vapour pressure osmometer) ซึ่งค่าความดันออสโมติกหรือค่าออสโมลาลิตี้ของน้ำทะเลที่วัดได้จะมีหน่วยเป็น mOsmol/kg ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบค่าความเค็มและค่าออสโมลาลิตี้ของน้ำทะเลที่ใช้ในการทดลอง

ความเค็มของน้ำทะเล (ส่วนในพันส่วน)	ค่าออสโมลาลิตี้ของน้ำทะเล (mOsmol/kg)
10	318
15	471
20	636
30	973
40	1275

4. การศึกษาค่าออสโมลาลิตี้ของเลือดปูม้ากะตอยที่ระดับความเค็มต่างๆ

ทำการศึกษาโดยใช้เครื่องวัดความเข้มข้นของความดันออสโมติกของสารละลายแบบไอระเหย (vapour pressure osmometer 5520) วัดค่าความเข้มข้นของเลือดปูที่เวลา 0, 3, 6, 12, 24 และ 48 ชั่วโมงตามลำดับ ค่าที่อ่านได้จากเครื่องดังกล่าวเป็นค่าความเข้มข้นของสารละลาย (osmolality) ซึ่งมีหน่วยเป็นมิลลิออสโมต่อกิโลกรัม (mOsm/kg)

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลของค่าออสโมลาลิตี้ที่ได้จากการทดลอง ที่ระดับความเค็มต่างๆ มาทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลองโดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละความเค็ม โดยใช้ Duncan's multiple range test ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลจากการทดลองหาค่าความเข้มข้นเลือด (Blood osmolality) ของปูม้ากระตอย โดยทำการทดลองที่ระดับความเค็มต่าง ๆ ที่เวลา 10, 15, 20, 30, 40 ส่วนในพันส่วน และที่โผล่พ้นน้ำ (ความเค็มน้ำ 30 ส่วนในพันส่วน) ที่เวลา 0, 3, 6, 9, 12, 24 และ48 ชั่วโมง และหลังจากนำปูกลับมาพักที่ความเค็มน้ำปกติ (30 ส่วนในพันส่วน) เป็นเวลา 2 วัน ปรากฏผลการทดลองดังนี้

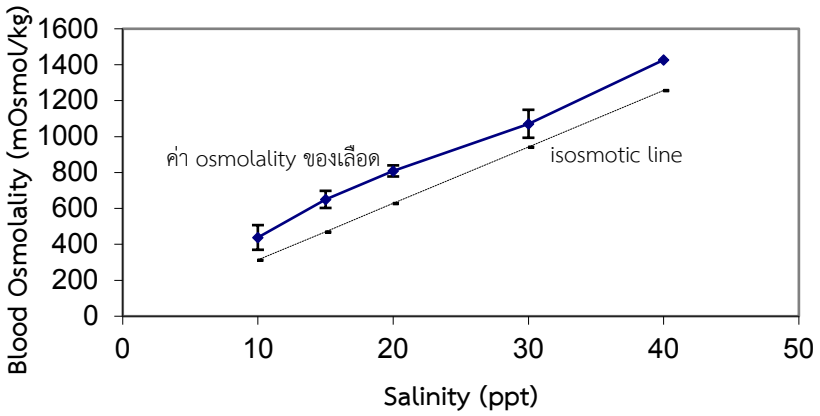
1. ค่าออสโมลาลิตี้เฉลี่ยของเลือดปูม้ากระตอยที่ระดับความเค็มน้ำต่างกันที่เวลา 48 ชั่วโมง

จากการทดลองพบว่าที่ระดับความเค็มน้ำ 10 ส่วนในพันส่วน มีค่าออสโมลาลิตี้เฉลี่ยต่ำสุด (439 ± 64 mOsM/kg) และที่ระดับความเค็มน้ำ 40 ส่วนในพันส่วน มีค่าออสโมลาลิตี้สูงสุด (1427 ± 78 mOsM/kg) แสดงให้เห็นว่าค่าออสโมลาลิตี้มีค่าสูงขึ้นตามระดับของความเค็มน้ำที่เพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 2 โดยที่ระดับความเค็มน้ำ 10 ส่วนในพันส่วน มีค่าออสโมลาลิตี้เฉลี่ยแตกต่างกับค่าออสโมลาลิตี้เฉลี่ยที่ระดับความเค็มน้ำทุกระดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่ระดับความเค็ม 15 และ 20 ส่วนในพันส่วน มีค่าออสโมลาลิตี้เท่ากับ 650 ± 69 mOsM/kg และ 809 ± 48 mOsM/kg ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่ก็มีค่าออสโมลาลิตี้เฉลี่ยแตกต่างกับที่ระดับความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน ที่มีค่าออสโมลาลิตี้เท่ากับ 1071 ± 31 mOsM/kg อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งที่ระดับความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน ก็มีค่าออสโมลาลิตี้เฉลี่ยแตกต่างกับที่ระดับความเค็ม 40 ส่วนในพันส่วน ที่มีค่าออสโมลาลิตี้เท่ากับ 1427 ± 78 mOsM/kg อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังภาพที่ 1 และรูปแบบ

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่าออสโมลาลิตี้เฉลี่ยของปูม้ากระตอย (n=10) ที่ระดับความเค็มน้ำต่างกันที่เวลา 48 ชั่วโมง

Salinity (ppt)	Blood osmolality (mOsm/kg)
10	[a]439 ± 64
15	[b]650 ± 69
20	[b] 809 ± 48
30	[c]1071 ± 31
40	[d]1427 ± 78

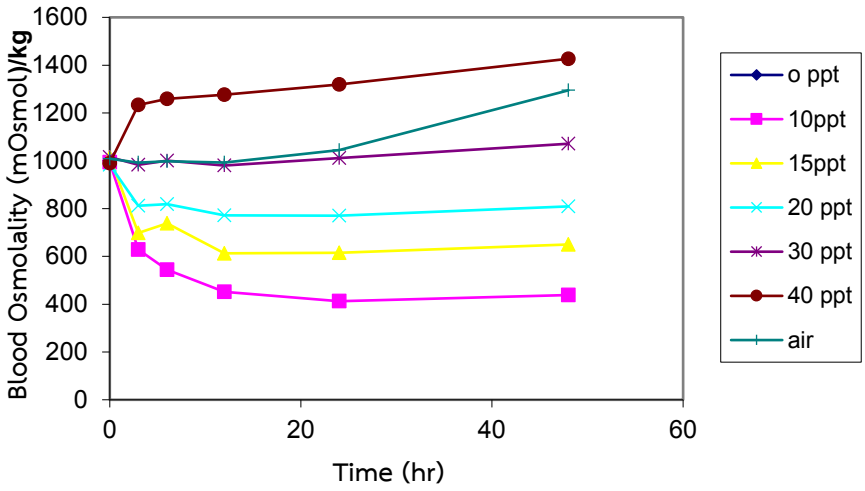
*หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ไม่เหมือนกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P< 0.05$)



ภาพที่ 1 ค่าออสโมลาลิตี้เฉลี่ยที่ 48 ชั่วโมง เทียบกับความเค็มน้ำในระดับต่างๆ

2. ค่าออสโมลาลิตี้เมื่อเวลาผ่านไปอย่างต่อเนื่อง (Time course of Osmolality) ที่ระดับความเค็มต่าง ๆ

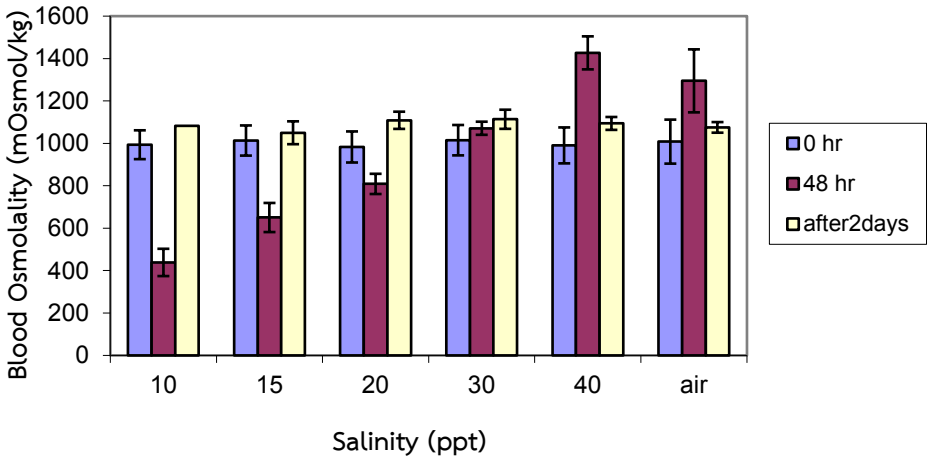
ในการหาค่าออสโมลาลิตี้เมื่อเวลาผ่านไปที่ 0, 3, 6, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง ที่ระดับความเค็มต่างๆ พบว่าที่ระดับความเค็มน้ำ 10, 15 และ 20 ส่วนในพันส่วน ค่าออสโมลาลิตี้มีแนวโน้มลดลงและที่ระดับความเค็ม 40 ส่วนในพันส่วน และที่โผล่พ้นน้ำ (30 ส่วนในพันส่วน) ค่าออสโมลาลิตี้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนที่ระดับความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน มีค่าค่อนข้างคงที่ ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยที่ทุกระดับความเค็มน้ำ 10-40 ส่วนในพันส่วน และที่โผล่พ้นน้ำ มีการเปลี่ยนแปลงค่าออสโมลาลิตี้หลังจากที่ใส่ปูลงไปแล้วที่เวลา 3 ชั่วโมง ยกเว้นที่ระดับความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน ไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าออสโมลาลิตี้เลย ในขณะที่ระดับที่ปล่อยปูให้สัมผัสกับอากาศมีการเปลี่ยนแปลงค่าออสโมลาลิตี้ที่เวลา 48 ชั่วโมง หลังจากที่เวลา 3 ชั่วโมงไปแล้วที่ระดับความเค็ม 10 ส่วนในพันส่วน จะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงอีกครั้งที่เวลา 6 ชั่วโมงและจะเริ่มคงที่ไปจนถึงเวลา 48 ชั่วโมง ส่วนที่ระดับความเค็ม 40 ส่วนในพันส่วน หลังจากค่าออสโมลาลิตี้เปลี่ยนแปลงที่เวลา 3 ชั่วโมงหลังจากนั้นจะเริ่มคงที่และเปลี่ยนแปลงอีกครั้งเมื่อเวลา 48 ชั่วโมง ส่วนระดับความเค็มอื่นๆ ให้ผลเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก (ดังภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 ค่าออสโมลาลิตี้ของเลือดปูม้ากระตอยที่ระดับความเค็มน้ำต่างกันเมื่อเวลาผ่านไปอย่างต่อเนื่อง

3. ค่าออสโมลาลิตี้ของเลือดปูม้ากระตอยที่ระดับความเค็มน้ำต่างกัน ที่เวลา 0 ชั่วโมง 48 ชั่วโมง และหลังจากนำกลับมาไว้ที่ความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน เป็นเวลา 2 วัน

จากการทดลองที่ระดับความเค็มต่างๆ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าออสโมลาลิตี้ภายในเวลา 48 ชั่วโมง อย่างเห็นได้ชัด จึงทำการทดลองต่อไปอีก 48 ชั่วโมง โดยนำปูม้ากระตอยที่ความเค็มต่างๆ นำกลับไปเลี้ยงที่ความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน ดังเดิม พบว่าที่ระดับความเค็ม 10, 15 และ 20 ส่วนในพันส่วน จะมีค่าออสโมลาลิตี้เพิ่มขึ้นจากค่าออสโมลาลิตี้ 439 ± 64 mOsM/kg , 650 ± 69 mOsM/kg และ 809 ± 48 mOsM/kg เป็น 1082 mOsM/kg , 1050 ± 54 mOsM/kg และ 1109 ± 41 mOsM/kg ตามลำดับ ซึ่ง ใกล้เคียงกับค่าออสโมลาลิตี้เริ่มต้น (0 ชั่วโมง) ในขณะที่ระดับความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน ค่าออสโมลาลิตี้ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ส่วนที่ระดับความเค็ม 40 ส่วนในพันส่วนและที่โผล่พ้นน้ำจะมีค่าออสโมลาลิตี้ลดลงจากที่มีค่าออสโมลาลิตี้ 1427 ± 78 mOsM/kg และ 1295 ± 149 mOsM/kg เป็น 1094 ± 30 mOsM/kg และ 1075 ± 25 mOsM/kg ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับค่าออสโมลาลิตี้ในเาลาเริ่มต้น (0 ชั่วโมง) ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ค่าออสโมลาลิตี้ของเลือดปูม้ากระตอยที่ระดับความเค็มน้ำต่างกัน ที่เวลา 0 และ 48 ชั่วโมง และหลังจากที่นำกลับมาไว้ที่ความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน เป็นเวลา 2 วัน

จากการทดลองหาความเข้มข้นเลือด (Blood osmolality) ของปูม้ากระตอยที่ระดับความเค็มต่างๆ ทำให้ทราบถึงความสามารถในการปรับตัวเมื่อสภาพความเค็มเปลี่ยนแปลงไป โดยแสดงออกมาเป็นค่าออสโมลาลิตี้ เมื่อทำการทดลองโดยเลี้ยงปูในน้ำที่มีความเค็มแตกต่างกัน ค่าออสโมลาลิตี้จะเพิ่มขึ้นตามระดับความเค็มที่สูงขึ้นและความเค็มที่เปลี่ยนแปลงไปย่อมมีผลต่อค่าออสโมลาลิตี้ ซึ่งสอดคล้องกับ รสสุคนธ์ สมสา[3] ที่พบว่าความเค็มมีผลต่อค่าออสโมลาลิตี้ในเลือดปูทะเลโดยที่ระดับความเค็มน้ำ 10 ส่วนในพันส่วน จะมีค่าออสโมลาลิตี้ต่ำสุด และที่ระดับความเค็มน้ำ 40 ส่วนในพันส่วน จะมีค่าออสโมลาลิตี้สูงที่สุด ส่วนที่ระดับ 15 –30 ส่วนในพันส่วน จะมีค่าออสโมลาลิตี้ค่อนข้างคงที่ ทั้งนี้เนื่องจากที่ระดับความเค็มดังกล่าวอยู่ในช่วงความเค็มปกติที่ปูอาศัยอยู่ จึงทำให้ปูสามารถปรับสมดุลของเลือดภายในร่างกายได้

การรักษาสมดุลของของเหลวภายในร่างกายของปูม้ากระตอยเป็นแบบ osmoconformer สัตว์ที่มีพฤติกรรมการปรับตัวเช่นนี้ค่าความเข้มข้นของเกลือแร่ภายในร่างกายจะเปลี่ยนแปลงตามความเข้มข้นของเกลือแร่ภายนอกร่างกาย เนื่องจากปูม้ากระตอยอาศัยอยู่ในทะเลเปิดที่มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มน้อยมาก หรือไม่ค่อยได้รับอิทธิพลใดๆ จากสิ่งแวดล้อม ทำให้เมื่อปูอยู่ในน้ำที่มีความเค็มสูงขึ้นหรือลดลง ซึ่งแตกต่างจากบริเวณที่อาศัยอยู่ จึงปรับสมดุลได้ไม่ดีนัก ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับปูชนิดอื่น เช่น การทดลองของ บุษรินทร์ ธัญญเจริญ[2] ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับความเค็มที่มีผลต่อค่าออสโมลาลิตี้ในเลือดของปูก้ามหัก *Macrophthalmus (Mareotis) teschi* พบว่าปูก้ามหักจะมีพฤติกรรมการปรับตัวแบบ hyper-hypo osmoregulation และมี isomotic point ที่ประมาณ 26 ส่วนในพันส่วน (850 mOsM/kg) ซึ่งมีการปรับตัวที่แตกต่างกับปูม้ากระตอย เนื่องจากปูก้ามหักเป็นปูที่อาศัยอยู่บริเวณป่าชายเลน ที่มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มอยู่ตลอดเวลา และได้อิทธิพลจากน้ำขึ้น-น้ำลง ความเค็มที่ลดลงในช่วงน้ำลงของวันที่ฝนตก หรือความเค็มที่สูงขึ้นที่เกิดจากการระเหยของน้ำทะเลในช่วงน้ำลงของวันที่แดดจัดในตอนกลางวัน ส่งผลให้ปูที่อาศัยอยู่บริเวณเขตน้ำขึ้นน้ำลงดังกล่าว มีการปรับตัวได้ ทำให้มีความสามารถและทนทานในการปรับตัวได้ดีกว่าเช่นเดียวกันกับปูที่อาศัยอยู่ในน้ำกร่อย เช่นบริเวณปากแม่น้ำ ที่มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มอยู่ในช่วงกว้าง จะมีพฤติกรรมการปรับตัวได้เช่นเดียวกับปูที่อาศัยในเขตน้ำขึ้นน้ำลง โดยส่วนใหญ่จะมีการปรับตัวแบบ hyper-osmoregulation เช่นการทดลองของ Davenport และ Wong[5] ที่พบว่าปูทะเลจะมีพฤติกรรมการปรับตัวแบบ hyper-osmoregulation อย่างไรก็ตาม สัตว์น้ำทั่วๆ ไป

สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพความเค็มของน้ำที่เปลี่ยนแปลงได้ แต่ทั้งนี้ก็จะต้องค่อยเป็นค่อยไป และขึ้นอยู่กับขอบเขตความสามารถของสัตว์ชนิดนั้น ๆ ด้วย

ค่าออสโมลาลิตี้ของเลือดปูม้ากระตอยที่เวลา 0, 3, 6, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง ที่ระดับความเค็มต่างๆ พบว่าที่ความเค็ม 10, 15 และ 20 ส่วนในพันส่วน ค่าออสโมลาลิตี้ที่ 48 ชั่วโมงมีแนวโน้มลดลงจากที่เวลาเริ่มต้น (0 ชั่วโมง) เนื่องจากเมื่อปูอยู่ในน้ำที่มีความเค็มต่ำ โมเลกุลของน้ำจะมีการแพร่หรือออสโมซิสเข้าไปในร่างกาย ในขณะเดียวกันโมเลกุลของอิออนต่างๆ ภายในร่างการจะแพร่ออกมาภายนอก ทำให้เกิดการสูญเสียอิออนหรือเกลือแร่ ส่งผลให้ค่าออสโมลาลิตี้มีค่าลดลงจนมีค่าใกล้เคียงกับค่าความเข้มข้นของเกลือแร่ภายนอก และที่ระดับความเค็ม 40 ส่วนในพันส่วน และที่โผล่พ้นน้ำ ค่าออสโมลาลิตี้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากที่เวลาเริ่มต้น (0 ชั่วโมง) ทั้งนี้เนื่องมาจากเมื่อความเค็มหรือความเข้มข้นของเกลือแร่ภายนอกมีค่าสูงขึ้น น้ำภายในร่างกายจะแพร่ออกนอกร่างกายทำให้เกิดการสูญเสียน้ำ เกลือแร่ภายในร่างกายจะเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้เมื่อเวลาผ่านไปค่าออสโมลาลิตี้จะมีค่าสูงขึ้นเรื่อยๆ และที่ความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน ค่าออสโมลาลิตี้จะมีค่าคงที่ทุกช่วงระยะเวลา ดังนั้น จึงเป็นไปได้ว่า ที่ความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน ซึ่งใกล้เคียงกับช่วงความเค็มที่ปูอาศัยอยู่ในธรรมชาติ เป็นความเค็มที่เหมาะสมในการดำรงชีวิตอยู่ของปูม้ากะตอย เนื่องจากปูไม่ต้องอาศัยพลังงานมากเกินไปในการปรับสมดุลของของเหลวและเกลือแร่ภายในร่างกาย ทั้งนี้สัตว์ที่มีความสามารถในการรักษาสมดุลเกลือแร่ที่ดีนั้น อาจจะต้องมีการใช้พลังงานอย่างมากเพื่อรักษาสมดุลเกลือแร่ ซึ่งส่งผลต่ออัตราเมตาบอลิซึมและประสิทธิภาพในการเจริญเติบโตเปลี่ยนแปลงไป ตามปกติสัตว์น้ำจะมีช่วงความเค็มที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตที่แตกต่างกัน จากการทดลองของ Romano และ Zeng[6] ได้ทำการศึกษาผลของความเค็มที่มีต่อการเจริญเติบ อัตราการรอด และค่าออสโมลาลิตี้ของเลือดปูม้าวัยอ่อน โดยทำการเลี้ยงปูที่ความเค็มระดับต่างกันพบว่าที่ระดับความเค็ม 25-30 ส่วนในพันส่วน เป็นช่วงความเค็มที่ปูม้ามีอัตราการรอดตายสูงที่สุด ในขณะที่ความเค็มที่เหมาะสมต่ออัตราการรอดและการพัฒนาของปูทะเลวัยอ่อนอยู่ที่ 30 ส่วนในพันส่วน[4] แสดงให้เห็นว่าความเค็มที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์ทะเลส่วนใหญ่อยู่ที่ความเค็ม 25-30 ส่วนในพันส่วน

สรุป

1. ความเค็มน้ำที่ระดับต่าง ๆ มีผลต่อค่าการเปลี่ยนแปลงค่าออสโมลาลิตี้ของเลือดปูม้ากระตอย โดยที่ระดับความเค็ม 10 ส่วนในพันส่วน มีค่าออสโมลาลิตี้ต่ำสุด และที่ระดับความเค็ม 40 ส่วนในพันส่วน จะมีค่าออสโมลาลิตี้สูงสุด
2. ปูม้ากะตอยมีพฤติกรรมการปรับตัวแบบ Osmoconformer และความเค็มที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของปูม้ากระตอยน่าจะมีค่าประมาณ 30 ส่วนในพันส่วน

เอกสารอ้างอิง

1. พันธุ์ทิพย์ วิเศษพงษ์พันธ์ ธนิษฐา ศิริวิรินทรัตน์ วชิระ ใจงาม กฤษธนสรรค์ อินทร์บำรุง และวีระพงษ์ ศรีโฉมงาม. ความหลากหลายทางชีวภาพของปูจากอวนจมปู จ.ระยอง ใน เรื่องเต็ม การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51 (สาขาประมง) 5 - 7 กุมภาพันธ์ 2013 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ หน้า 422-429, 2556.
2. บุษรินทร์ ธัญญเจริญ. ผลของความเค็มต่อการเปลี่ยนแปลงค่าออสโมลาลิตี้ในเลือดปูก้ามหัก *Macrophthalmus (Mareotis) teschi* . ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต. ภาควิชาวาริชศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา, 2550.
3. รสสุคนธ์ สมสา. ผลของความเค็มที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงค่าออสโมลาลิตี้และปริมาณไอออนบางชนิดในเลือดปูทะเล *Scylla serrata* (Forkal). ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต, ภาควิชาวาริชศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา, 2547

4. สิริวรรณ หนูเซ่ง และ อาภรณ์ เทพพสนิช. ระดับความเค็มน้ำที่เหมาะสมต่ออัตราการรอดตายและพัฒนาการของปูทะเลวัยอ่อน *Scylla paramamosian* Estampodor,1949. เอกสารวิชาการฉบับที่ 25/2549. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2549
5. Davenport, J. and Wong, T.M. Responses of adult mud crab (Sccylla serrata) (Forkal) to salinity and low oxygen trnsion. Comp. Biochem Physiol. 86A: 43-47, 1987
6. Romano, N. and Zeng, C. The effect of Salinity on the survival, growth and haemolymph osmolality of early juvenile blue swimmer crab, Potunus pelagicus. Aquaculture 260, 151-162, 2006

[BS-P06] ความหลากหลายของราเอนโดไฟท์จากพืชชายเลน ภาคตะวันออกของประเทศไทย
Diversity of Endophytic Fungi from Mangrove Plants in Eastern Thailand

อภิรดี ปิลันธนภาคย์* และ ดวงนภา เครืออยู่
Apiradee Pilantanapak* and Duangnapa Khrueayu
ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จ. ชลบุรี 20131
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: apiradee@buu.ac.th*

บทคัดย่อ

สามารถแยกราเอนโดไฟท์จากใบพืชชายเลน 13 ชนิด จำนวน 75 ใบ จากจังหวัดจันทบุรี ชลบุรี และฉะเชิงเทรา ได้ทั้งหมด 84 แทกซา (150 ไอโซเลท) พบว่าราเอนโดไฟท์ที่แยกได้จากใบปรงทะเล มีอัตราการแยกราเอนโดไฟท์ได้สูงสุด (3.67 ไอโซเลทต่อใบ) และใบโปรงดอกแดงมีอัตราการแยกราเอนโดไฟท์ได้น้อยที่สุด (0.80 ไอโซเลทต่อใบ) ราที่แยกได้ส่วนใหญ่เป็นราที่ไม่พบโครงสร้างสืบพันธุ์ จึงไม่สามารถจัดจำแนกได้ ราที่สามารถจัดกลุ่มและจำแนกชนิดได้มีเพียง 31 ไอโซเลท (20.7%) เป็น Ascomycete 1 สกุล คือ *Guignardia* spp. กลุ่ม Coelomycete 3 สกุล คือ *Collettotrichum* sp. *Phyllosticta* sp. และ *Phomopsis* sp. *Fusarium oxysporum* เป็นรา กลุ่ม Hyphomycete เพียงชนิดเดียวที่พบในการศึกษานี้

คำสำคัญ: *ความหลากหลาย, ราเอนโดไฟท์, ใบพืชชายเลน*

Abstract

A total of 84 endophytic fungal taxa (150 isolates) were isolated from 13 mangrove leaves in Chanthaburi, Chonburi and Chachoengsao Province, Eastern Thailand. The highest ratio of isolates/leave was in *Acrostichum auream* L. (3.67/leave) while the lowest was recorded for *Ceriops tagal* (Perr.) C.B. Rob. The reproductive structure could not be detected in the majority of fungi isolated. Only 31 isolates (20.7%) were identified, these isolates included 1 Ascomycete; *Guignardia* spp., 3 Coelomycetes; *Colletrotrichum* sp. *Phyllostrcta* sp. and *Phomopsis* sp. *Fusarium oxysporum* was only one Hyphomycete recorded in this study.

Keywords: *divesity, endophytic fungi, mangrove leaves*

บทนำ

ราเอนโดไฟท์เป็นจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อของพืชโดยไม่ก่อให้เกิดโรค หรือทำให้สรีรวิทยาของพืชเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม[1] รากลุ่มนี้มีความสำคัญต่อพืชที่อาศัยอยู่ทั้งทางตรงและทางอ้อม ในระยะหลายปีที่ผ่านมามีรายงานวิจัยอย่างต่อเนื่องว่าพืชที่มีราเอนโดไฟท์อาศัยอยู่จะมีความสามารถในการต้านทานศัตรูพืชต่างๆ และทนทานต่อสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ดีกว่าพืชที่ไม่มีราเอนโดไฟท์อาศัยอยู่ อีกทั้งเอนโดไฟท์ยังมีอิทธิพลต่อความหลากหลายทางชีวภาพของพืชกลุ่มนั้นๆ ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้เป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรรม[2] ราเอนโดไฟท์ยังมีความสามารถในการผลิตสารทุติยภูมิที่มีประโยชน์ เช่นผลิตสารทุติยภูมิที่มีฤทธิ์เป็นยาต้านจุลชีพ[3] และฤทธิ์ในการยับยั้งราสาเหตุโรคพืช[4] สามารถพบราเอนโดไฟท์ได้ในพืชตระกูลต่างๆเป็นจำนวนมาก

Chaeprasert et al. (2010) [5] รายงานการแยกเอนโดไฟท์จากใบพืชชายเลน 7 สกุล จากจังหวัดในประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดชลบุรี ประจวบคีรีขันธ์ และระนอง เอนโดไฟท์ที่พบส่วนใหญ่จะมี host ที่หลากหลาย *Phyllosticta* sp. พบได้มากที่สุดในพืชชายเลนทั้งสามจังหวัด ราเอนโดไฟท์ที่พบได้ทั่วไป เช่น *Cladosporium* sp., *Colletotrichum* sp., *Phomopsis* sp. และ *Xylaria* sp. ราเอนโดไฟท์จากพืชชายเลนจานวนมากเป็นราชนิดใหม่และอาจมีการสร้างสารเคมีที่มีหน้าที่และโครงสร้างใหม่ๆ[6] ตัวอยางราเอนโดไฟท์ที่พบการสร้างสารก่อฤทธิ์ชีวภาพ ได้แก่ ราเอนโดไฟท์ 14 ไอโซเลทจากต้นเหงือกปลาหมอ (*Acanthus*

ilicifolius) และต้นปรงทอง (*Acrostichum aureum*) โดยพบว่า *Aspergillus* sp. และ *Pestalotiopsis* sp. มีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียกรัมบวก *Bacillus subtilis, Staphylococcus aureus* และและยีสต์ *Candida albicans* [7]

อย่างไรก็ตามการนำราเอนโดไฟท์ในประเทศไทยมาใช้ประโยชน์ยังมีอยู่จำกัด เนื่องจากราส่วนใหญ่ยังรอการค้นพบและจัดจำแนก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเอนโดไฟท์จากพืชชายเลน ทั้งที่ป่าชายเลนในประเทศไทยเป็นระบบนิเวศที่อุดมสมบูรณ์เหมาะสมสำหรับการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์หลายชนิดรวมทั้งรา งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาชนิดและความหลากหลายราเอนโดไฟท์ในใบพืชชายเลนชนิดต่างๆ ในบริเวณป่าชายเลน เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลและเป็นเครื่องมือประเมินความหลากหลายทางชีวภาพของราเอนโดไฟท์รวมถึงแหล่งที่น่าสนใจนำมาใช้ประโยชน์ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ตัวอย่างและสถานที่เก็บตัวอย่าง

เก็บใบไม้สดชนิดต่างๆจากพื้นที่ชายเลนโรงเรียนบวรวิทยา (พิพิธภัณฑ์นิเวศป่าชายเลน) อำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา ศูนย์ศึกษาอนุรักษ์ป่าชายเลนคลองตำหรุ จังหวัดชลบุรี และศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดจันทบุรี จำนวน 75 ใบ ทำการเก็บตัวอย่างจำนวน 3-11 ใบต่อพืช 1 ชนิด (ตารางที่ 1) พืชที่เลือกมาทำการศึกษา ได้แก่โกงกางใบเล็ก *(Rhizophora apiculata* Bl.) โกงกางใบใหญ่ *(Rhizophora mucronata* Poir.), ตะบัน *(Xylocarpus rumphii* (Kostel.) Mabberley ตะบูนขาว *(Xylocarpus granatum* Koen.) ตาตุ่มทะเล *(Excoecaria agallocha* L.) ปรงทะเล *(Acrostichum aureum* L.) โปรงแดง *(Ceriops tagal* (Perr.) C.B. Rob.) พังกาหัวสุมดอกขาว *(Bruguiera sexangula* (Lour.) Poir. พังกาหัวสุมดอกแดง *(Bruguiera gymnorrhiza* (L.) Savigny โพทะเล *(Thespesia populnea* (L.) Sol. ex Correa, ลำพูทะเล *(Sonneratia alba* J. Smith ลำแพน *(Sonneratia ovata* Back) และ แสมทะเล *(Avicennia marina* forssk.) vierh ตัวอย่างลักษณะพื้นที่เก็บตัวอย่างแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ลักษณะพื้นที่เก็บตัวอย่าง ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดจันทบุรี

2. การคัดแยกราเอนโดไฟท์จากใบพืชชายเลน (ดัดแปลงจาก (Vichitsoonthonkul, Amporn & Boonmakad (2008) [8]

นำใบพืชที่มีลักษณะสมบูรณ์ไม่มีลักษณะอาการของโรคมาล้างด้วยน้ำประปาและตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาด 0.5×0.5 ซม. จำนวน 5 ชิ้นต่อใบ แช่ในแอลกอฮอล์ ความเข้มข้น 70% นาน 2 นาที และแช่ใน Clorox ความเข้มข้น 10% นาน 1 นาที แล้วนำมาล้างด้วยน้ำกลั่นที่ปลอดเชื้อ 3 ครั้ง หลังจากนั้นนำมาซับบนกระดาษกรองปลอดเชื้อ แล้วนำมาวางบนอาหารเลี้ยงเชื้อ 2% water agar (WA) บ่มที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน หลังจากนั้นเก็บ stock เชื้อโดยใช้เข็มเขี่ยเส้นใยวางลงบน 2% WA slant และ potato dextrose agar (PDA) บ่มที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เพื่อเก็บเป็นเชื้อบริสุทธิ์ไว้ใช้ศึกษาต่อไป

คำนวณอัตราการแยกราเอนโดไฟท์ ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงจำนวนของราเอนโดไฟท์ที่แยกได้ต่อหนึ่งหน่วยของตัวอย่างพืช โดยคำนวณจากสูตร

อัตราการแยกราเอนโดไฟท์ (isolation rate) = จำนวนราเอนไฟท์ที่แยกได้/จำนวนใบพืชที่นำมาศึกษา

3. การจัดจำแนกกลุ่มราเอนโดไฟท์

เพาะเลี้ยงราเอนโดไฟท์บนอาหาร PDA และ corn meal agar (CMA) บ่มที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7-21 วัน ศึกษาลักษณะโคโลนี สีโคโลนี ผิวโคโลนี การเปลี่ยนสีวุ้นอาหาร การสร้างโครงสร้างสืบพันธุ์บนอาหารเลี้ยงเชื้อและศึกษาอัตราการเจริญ หลังจากนั้นจึงศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาโดยศึกษาลักษณะโครงสร้างสืบพันธุ์ทั้งแบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบ light microscope และภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบ stereo zoom เป็นระยะๆ เชื้อที่ยังไม่พบการสร้างโครงสร้างสืบพันธุ์จะนำมาบ่มที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 2 สัปดาห์ ตามด้วยอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3-4 สัปดาห์ และนำมาศึกษาใต้กล้องอีกครั้ง บันทึกลักษณะทางสัณฐานวิทยาแล้วนำมาจำแนกชนิดราเอนโดไฟท์ ตามวิธีของ Abbas (1995)[9], Barnett & Hunter (2006)[10] และ Hanlin (1997)[11] นำราที่พบโครงสร้างสืบพันธุ์นำมาทำ slide culture เก็บไว้เป็น herbarium ณ ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ผลการการวิจัยและอภิปรายผล

1. การคัดแยกราเอนโดไฟท์จากใบพืชชายเลน

จากการเก็บตัวอย่างใบพืชชายเลน 13 ชนิดจากจังหวัดจันทบุรี ชลบุรี และฉะเชิงเทรา จำนวน 75 ใบ สามารถคัดแยกราเอนโดไฟท์ได้ทั้งหมด 150 ไอโซเลท อัตราการแยกราเอนโดไฟท์จากใบพืชชายเลนทุกชนิดเฉลี่ยเท่ากับ 2 ไอโซเลทต่อใบ โดยพบว่าราเอนโดไฟท์ที่แยกได้จากใบปรงทะเล มีอัตราการแยกราเอนโดไฟท์ได้สูงสุด (3.67 ไอโซเลทต่อใบ) และใบโปรงแดงมีอัตราการแยกราเอนโดไฟท์ได้น้อยที่สุด (0.80 ไอโซเลทต่อใบ) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 จำนวนราเอนโดไฟท์ที่แยกได้จากใบพืชชายเลน

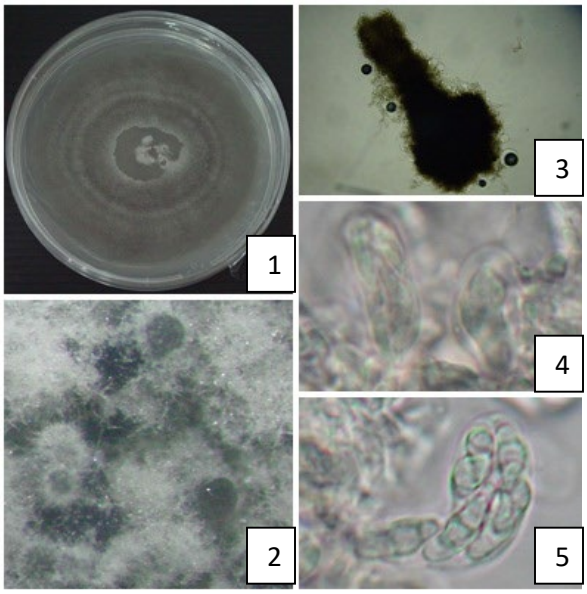
ลำดับ	พืชชายเลน	จำนวนใบ	จำนวนราเอนโดไฟท์	อัตราการแยกเชื้อ (ไอโซเลทต่อใบ)
1	โกงกางใบเล็ก	5	11	2.20
2	โกงกางใบใหญ่	8	9	1.13
3	ตะบัน	3	5	1.67
4	ตะบูนขาว	5	15	3.00
5	ตาตุ่มทะเล	3	6	2.00
6	ปรงทะเล	3	11	3.67
7	โปรงแดง	5	4	0.80
8	พังกาหัวสุมดอกขาว	3	4	1.33
9	พังกาหัวสุมดอกแดง	8	7	0.88
10	โพทะเล	11	37	3.36
11	ลำพูทะเล	11	25	2.27
12	ลำแพน	5	9	1.80
13	แสมทะเล	5	7	1.40
	รวม	75	150	2.00

2. การจัดจำแนกกลุ่มราเอนโดไฟท์

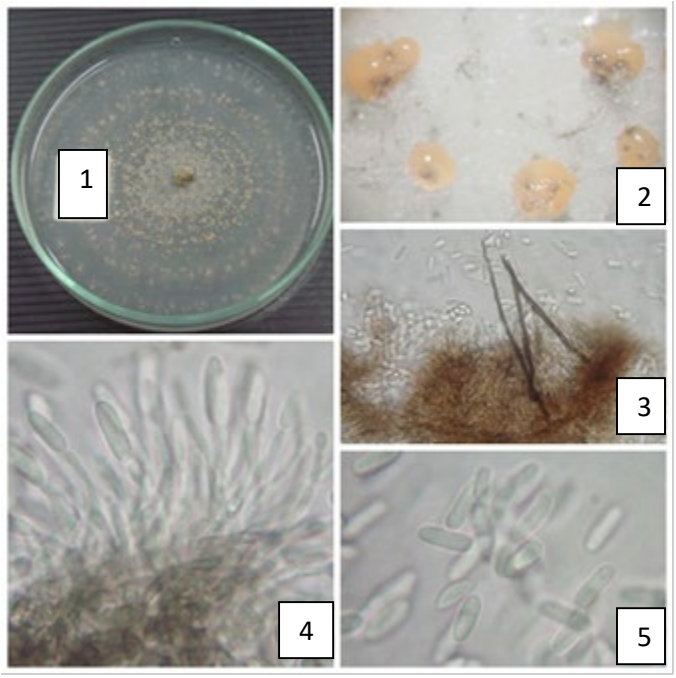
ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลการจัดจำแนกราเอนโดไฟท์ 150 ไอโซเลทจากใบพืชชายเลน พบว่าราเอนโดไฟท์ส่วนใหญ่ไม่พบการสร้างโครงสร้างสืบพันธุ์ และเมื่อกระตุ้นให้ราสร้างสปอร์โดยเพาะเลี้ยงในสภาวะที่ไม่เหมาะสมที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 2 สัปดาห์แล้วนำมาบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3-4 สัปดาห์ พบว่าราสกุล *Phomopsis*, *Phyllosticta* และ *Guignardia* บางสายพันธุ์มีการสร้างฟรุตบอดีบนโคโลนีและในอาหารเลี้ยงเชื้อเพิ่มขึ้น ราที่พบโครงสร้างสืบพันธุ์สามารถจำแนกกลุ่มได้ดังนี้ กลุ่ม Ascomycete 1 สกุล คือ *Guignardia* spp. (4 สปีชีส์ 7 สายพันธุ์) กลุ่ม Coelomycete 3 สกุล คือ *Colletrotrichum* sp. (8 สายพันธุ์) *Pyllosticta* spp. (3 สปีชีส์ 10 สายพันธุ์) และ *Phomopsis* sp. 5 สายพันธุ์ กลุ่ม Hyphomycete 1 สกุล คือ *Fusarium oxysporum* (1 สายพันธุ์) ส่วนสายพันธุ์ที่ยังไม่พบการสร้างสปอร์รวมทั้งหมด 74 สปีชีส์ ได้ทำการจำแนกในเบื้องต้นให้อยู่ในกลุ่ม Agronomycetes (mycelia sterilia) ตามลักษณะโคโลนีและอัตราการเจริญที่แตกต่างกัน โดยพบ mycelia sterilia 10 มากที่สุดจำนวน 6 สายพันธุ์ รองลงมาคือ mycelia sterilia 9 mycelia sterilia 16 และ mycelia sterilia 24 จำนวนชนิดละ 5 สายพันธุ์ ตัวอย่างลักษณะราแสดงในภาพที่ 2 – 5

ตารางที่ 2 การจัดจำแนกราเอนโดไฟท์ที่แยกได้

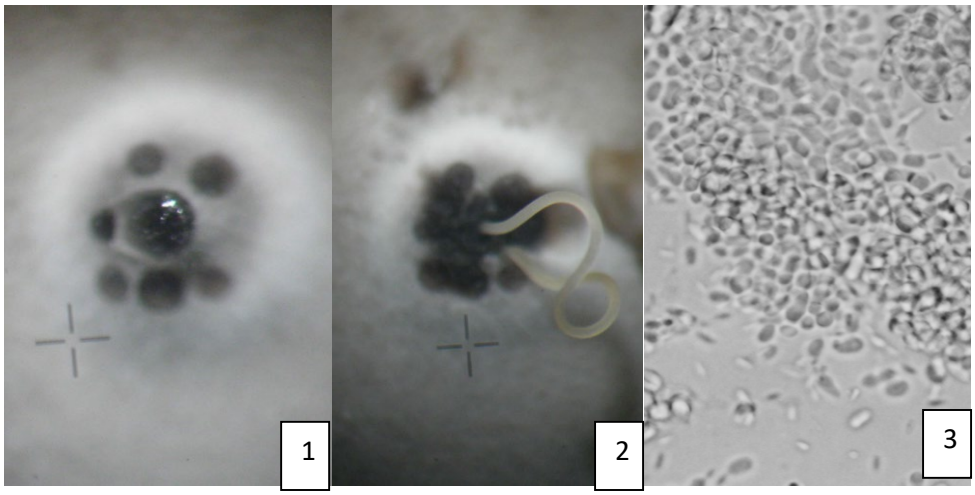
แทกซา	แหล่งตัวอย่างที่พบ			โฮสท์ที่พบ
	พิพิธภัณฑ์นิเวศฯ ฉะเชิงเทรา	ศูนย์ศึกษาอนุรักษ์ฯ จังหวัดชลบุรี	ศูนย์ศึกษาพัฒนาฯ จังหวัดจันทบุรี	
Ascomycetes				
Guignardia sp. 1	-	2	-	โพทะเล ลำพูทะเล
Guignardia sp. 2	-	2	-	ตะบูนขาว ลำพูทะเล
Guignardia sp. 3	-	2	-	ตะบูนขาว โพทะเล
Guignardia sp. 4	-	1	-	โปรงดอกแดง
Coelomycetes				
Colletotrichum spp.	3	-	-	ตะบูนขาว พังกาหัวสุมดอกขาว
	-	3	-	โพทะเล ลำพูทะเล แสมทะเล
	-	-	2	พังกาขาว ตาตุ่มทะเล
Phomopsis sp.	1	-	-	โพทะเล
	-	3	-	โพทะเล
	-	-	1	โพทะเล
Phyllosticta sp. 1	2			โกงกางใบใหญ่ พังกาหัวสุมดอกขาว
	-	1	-	พังกาหัวสุมดอกแดง
Phyllosticta sp. 2	1	-	-	ปรงทะเล
	-	3	-	พังกาหัวสุมดอกแดง ลำพูทะเล แสมทะเล
Phyllosticta sp. 3	1	-	-	แสมทะเล
	-	2	-	โปรงแดง แสมทะเล
Hyphomycetes				
Fusarium oxysporum	1	-	-	ตะบูนขาว
Agronomycetes				
Mycelia sterilia 1-74	55	29	35	ทุกชนิด



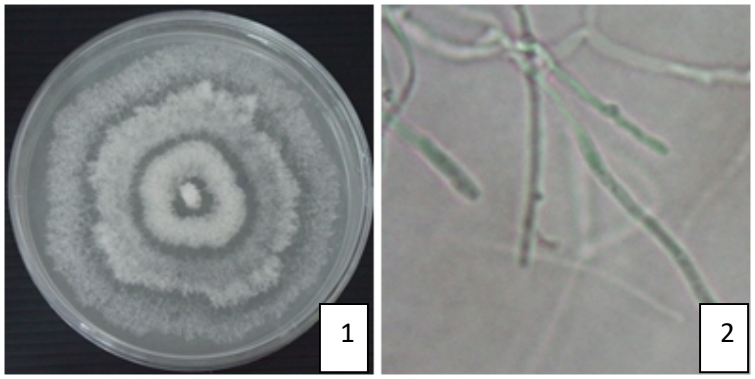
ภาพที่ 2 ลักษณะของ *Guignardia* sp. ; 1: ลักษณะด้านหน้าโคโลนีบนอาหาร PDA, 2: ลักษณะของฟรุตบอดีบนด้านหน้าโคโลนี, 3: ลักษณะของฟรุตบอดีภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (10X), 4, 5: ลักษณะของแอสโคสปอร์ภายในแอสคัสภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (40X)



ภาพที่ 3 ลักษณะของรา *Colletotrichim* sp., 1: ลักษณะด้านหน้าโคโลนีบนอาหาร PDA, 2: ลักษณะของ acervulus บนผิวหน้าโคโลนี, 3: ลักษณะของ setae บน acervulus ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (10X), 4: ลักษณะโคนิเดียบน conidiogenouscells ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (40X), 5: โคนิเดียภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (40X)



ภาพที่ 4 ลักษณะของรา *Phomopsis* sp., 1,2**:** ลักษณะโคโลนีบนอาหาร PDA, 3: ลักษณะโคนิเดียภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (40X)



ภาพที่ 5 ลักษณะของรา mycelia sterilia 10, 1: ลักษณะของโคโลนีบนอาหาร PDA, 2: ลักษณะเส้นใยราแบบมีผนังกั้น ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (40X)

ราเอนโดไฟท์ที่แยกได้ส่วนใหญ่ในการศึกษานี้ ไม่สามารถระบุได้ว่าเป็นชนิดใดเนื่องจากไม่มีการสร้างโครงสร้างสืบพันธุ์ สอดคล้องกับรายงานเอนโดไฟท์จากหลายแหล่งในประเทศไทย Kokaew et al. (2008)[12] และ Chaeprasert et al. (2010)[5] พบว่าราเอนโดไฟท์ในพืชชายเลนประเทศไทยที่ศึกษาเป็นกลุ่ม sterile mycelium เป็นส่วนใหญ่ ในขณะที่ Wiyakrutta et al., (2004)[13] ศึกษาเอนโดไฟท์พืชสมุนไพรไทย 81 ชนิด พบว่าส่วนใหญ่ราเอนโดไฟท์ที่แยกได้ไม่สามารถระบุได้ว่าเป็นชนิดใดเนื่องจากไม่มีการสร้างสืบพันธุ์เช่นกัน ดังนั้นการใช้วิธีการทางพันธุศาสตร์ซึ่งเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ได้ดีในการระบุชนิดรา อาจนำมาช่วยในการระบุชนิดเอนโดไฟท์กลุ่มนี้[14, 15]

เอนโดไฟท์ที่จัดจำแนกได้ในการศึกษานี้ส่วนใหญ่จะอยู่ใน Ascomycota และ asexual morph (กลุ่มของ anamorphic fungi) สอดคล้องกับการศึกษาอื่นๆ Moore-Landecker (1996)[16] รายงานว่าเอนโดไฟท์ใหญ่จะอยู่ใน Ascomycota และ asexual morph บางชนิดเป็น Basidiomycetes และมีสมาชิกจำนวนน้อยมากที่อยู่ใน Oomycota รา *Phyllosticta* sp., *Colletotrichum* sp. และ *Phomopsis* sp. เป็นราจากพืชชายเลนที่เคยมีผู้รายงานไว้แล้ว Hodkinson & Parnell (2007)[17] รายงานการพบรา *Collectotrichum* sp., *Phomopsis* sp. และ *Phyllosticta* sp. ได้บ่อยในกลุ่มพืชที่มีท่อลำเลียง (vascular plants)

สรุป

พบว่าราเอนโดไฟท์ป่าชายเลนในภาคตะวันออกของไทยที่พบในการศึกษานี้มีความชุกชุมและมีความหลากหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งใบปรงทะเลที่มีอัตราการแยกราเอนโดไฟท์ได้สูงสุด สามารถแยกราเอนโดไฟท์จากใบพืชชายเลน 13 ชนิด จำนวน 75 ใบ และสามารถเก็บเป็นเชื้อบริสุทธิ์เพื่อการศึกษาและใช้ประโยชน์ต่อไปได้ทั้งหมด 84 แทกซา รวม 150 ไอโซเลท แต่เนื่องจากส่วนใหญ่เป็นราที่ไม่พบโครงสร้างสืบพันธุ์ การศึกษาการจัดจำแนก โดยวิธีอณูพันธุศาสตร์ก่อนนำไปใช้ประโยชน์จึงมีความจำเป็นเพื่อระบุชนิดได้แน่ชัด

เอกสารอ้างอิง

1. Petrini O, Sieber TN, Toti L. Viret O. Ecology, metabolite production, and substrate utilization in endophytic fungi. Nat Toxins 1992;1:185–196.
2. Saikkonen K. Forest structure and fungal endophytes. Fungal Biol Rev 2007;21:67-74.
3. Sadananda TS, Nirupama R, Chaithra K, Govindappa M, Chandrappa CP, Vinay RB. Antimicrobial and antioxidant activities of endophytes from *Tabebuia argentea* and identification of anticancer agent (Lapachol). J Med plant Res 2011;5:3643-3652.
4. Ma Y, Zhao J, Zhou X. Anti-plant pathogenic fungal compounds from endophytic fungi. Prog Chem 2010;22:440-448.
5. Chaeprasert S, Piapukiew J, Whalley A, Sihanonth P. Endophytic fungi from mangrove plant species of Thailand: Their antimicrobial and anticancer poteincial. Bot Mar 2010;53:555-564.
6. Huang H, Feng X, Xiao Z, Liu L, Li H, Ma L, et al. Azaphilones and p-terphenlyls from the mangrove endophytic fungus *Penicillium chermesinum* (ZH4-E2) isolated from the south China sea. J Nat Prod 2011;74:997-1002.
7. Maria GL, Sridhar KR, Raviraja NS. Antimicrobial and enzyme activity of mangrove endophytic fungi of southwest coast of India. J Agric Tech 2005;1:67-80.
8. Vichitsoonthonkul T, Boonmakad C, Supatrakul A. Bioactive compound produced by endophytic fungi of Stemona spp. for bacterial plant pathogen control. Agric Sci 2007;38:339-343.
9. Abbas SQ. Taxonomic studies on the fungi (coelomycetes) of Karachi. Doctoral dissertation, Department of Botany, University of Karachi; 1995.
10. Hanlin RT. Illustrated Genera of Ascomycetes Volume 1 4thed. USA: The American Phytopathological Society; 1997.
11. Banett HL, Hunter BB. Illustrated genera of imperfect fungi. 4thed. Minnesota: The American Phytopathological Society Press; 2006.
12. Kokaew J, Manoch L, Visarathaninth N, Singburadom N, Warapong J. Diversity of endophytic fungi in wild plant from Phu Luang wild life sanctuary and Samasarn island. M.Sc. Thesis, Kasetsart University. Thailand; 2008.
13. Wiyakrutta S, Sriubolmas N, Panphut W, Thongon N, Danwisetkanjana K, Ruangrungsi N, Meevootisom, V. Endophytic fungi with anti-microbial, anti-cancer and anti-malarial activities isolated from Thai medicinal plants. World J Microbiol Biotechnol 2004;20,265-272.
14. Lacap DC, Hyde KD, Liew ECY. An evaluation of the fungal ‘morphotype’ concept based on rhibosomal DNA sequences. Fungal Divers 2003;12:53-66.

15. Sanders GM, Korsten l. A comparative morphological study of South African avocado and mango isolates of *Colletotrichum gloeosporiodes*. Can J Bot 2003;81:877-885.
16. Moore-Landecker E. *Fundamentals of the fungi*, New Jersey: Prentice-Hall, Inc. 1996.
17. Sridhar KR. Mangrove fungi in India. Curr Sci 2004;86:1586-1587.
18. Hodkinson TR, Parnell JAN. Reconstructing the tree of life: Taxonomy and systematics of species rich taxa. Florida: CRC Press; 2007.

[BS-P07] พยาธิใบไม้ระยะเมตาเซอร์คาเรียในอวัยวะต่างๆ ของปูนา (*Sayamia bangkokensis*) ในตำบลบุ่งคล้า และตำบลลานบ่า จังหวัดเพชรบูรณ์

Flukes Metacercariae in Different Organs of Rice Field Crab, *Sayamia bangkokensis*, in Bungkhla Sub-district and Lanba Sub-district, Phetchabun Province

พวงผกา แก้วกรม*,สุรางค์รัตน์ พันแสง, และ สุรีย์พร ธรรมิกพงษ์
Puangpaka Kaewkrom*, Surangrat Punsaeng and Sureeporn Thummikapong
หลักสูตรสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
หลักสูตรสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: kpuangpaka@hotmail.com*

บทคัดย่อ

ปูนาชนิด *Sayamia bangkoensis* ได้ถูกเก็บตัวอย่างจากตำบลบุ่งคล้าและตำบลลานบ่า อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์เพื่อทำการตรวจสอบการติดเชื้อของตัวอ่อนพยาธิใบไม้ในอวัยวะต่าง ๆ คือ กล้ามเนื้อ hepatopancrease และเหงือก โดยลักษณะของตัวอ่อนพยาธิที่ตรวจพบจะอยู่ในซีสต์ที่มีลักษณะกลม มีผนังหนา 2 ชั้น พบอวัยวะขับถ่ายและช่องปาก 2 อัน คือ oral and ventral sucker เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นการติดเชื้อและความหนาแน่นของตัวอ่อนพยาธิในอวัยวะต่าง ๆ ผลการศึกษาพบว่าอวัยวะ hepatopancrease มีการติดเชื้อและมีความหนาแน่นของตัวอ่อนพยาธิสูงที่สุด รองลงมาคือ กล้ามเนื้อ
คำสำคัญ: *ปูนา, เมตาเซอร์คาเรีย, พยาธิใบไม้*

Abstract

Rice field crabs, *Sayamia bangkoensis*, were collected from Boongkhla and Lanba Subdistrict, Phetchabun Province. The characteristic of trematoad metacercariae cysts was oval with two thick walls. Metacercariae have an excretory bladder and two suckers including oral and ventral suckers. The results revealed that infection rates by metacercaria in S. bangkokensis were highest at hepatopancrease, following muscles and gills.
Keywords: *rice filed crab, Metacercariae, fluke*

บทนำ

ปูน้ำจืดเป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่สำคัญพบอาศัยอยู่ตามแหล่งน้ำจืด ลำธารในภูเขา แม่น้ำ และพื้นที่ที่มีน้ำขัง [(1)] ส่วนใหญ่แล้วปูน้ำจืดเป็นสัตว์ประเภทที่หากินกลางคืน โดยจะมีบทบาทเป็นทั้งสัตว์กินซาก (Scarvenger) และผู้ล่า (Predators) ปูน้ำจืดบางชนิดโดยเฉพาะปูนาที่เป็นสัตว์ที่ประชาชนนิยมนำมาบริโภคเป็นโฮสต์ตัวกลาง (Intermediate host) ของปรสิตก่อโรคที่สำคัญคือ พยาธิใบไม้ อาทิเช่นพยาธิใบไม้ในลำไส้ หรือพยาธิใบไม้ในปอดซึ่งเป็นสาเหตุของโรคพยาธิใบไม้ปอด (Paragonimiosis) เกิดจากการบริโภคปูนาที่มีตัวอ่อนของพยาธิในระยะติดต่อ (Metacercaria) แบบดิบๆ หรือสุกๆ ดิบๆ ปรสิตนี้จะเจริญเป็นตัว เต็มวัยอาศัยอยู่ในปอดโฮสต์ตัวกลางตัวแรก (Primary Intermediate host) เช่น หอยน้ำจืด หลังจากนั้นตัวอ่อนออกจากหอย เพื่อไช

เข้าโฮสต์ตัวกลางตัวที่สอง (Secondary Intermediate host คือ ปูนาและเจริญเป็นระยะติดต่อ ฉะนั้นหากมีการมีการนำเอาปูเหล่านี้มาบริโภคอย่างไม่ถูกวิธีจะทำให้ประชาชนในพื้นที่เกิดโรคจากปรสิตกลุ่มนี้ได้ โดยเฉพาะการนิยมบริโภคขี้ปูที่ผลิตขึ้นจากปูนา ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการตรวจสอบอัตราการติดเชื้อจากปรสิตก่อโรคที่มีการสะสมในปูน้ำจืด โดยทำการเปรียบเทียบอัตราการติดเชื้อในอวัยวะต่างๆ ที่สำคัญของปูน้ำจืดที่พบในเขตพื้นที่ตำบลลานบ่าและตำบลบุ่งคล้า อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งเป็นพื้นที่สำคัญในการจับปูไปทำเป็นขี้ปูเพื่อส่งขายในจังหวัดเพชรบูรณ์ ดังนั้นผลการวิจัยนี้ใช้เป็นข้อมูลที่สำคัญในการวางแผนป้องกันอันตรายจากการติดเชื้อจากตัวอ่อนพยาธิชนิดนี้สู่คน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเก็บตัวอย่างปู

สุ่มเก็บตัวอย่างปูนาชนิด *S. bangkokensis* ในพื้นที่นาข้าวตำบลลานบ่า (LB) และตำบลบุ่งคล้า (BK) อำเภอเมืองหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ ด้วยวิธีการจับด้วยมือเปล่าและการดักจับ โดยทำการเก็บตัวอย่างปูนาในช่วงเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน พ.ศ.2561 ตรวจสอบชนิดโดยดูจากลักษณะภายนอกโดยการอ้างอิงจาก จาก Naiyanetr [(2)]และ Ng and Naiyanetr[(3)]

2. การตรวจหาตัวอ่อนพยาธิ

นำอวัยวะส่วน Hepatopancreas (HP) กล้ามเนื้อ (Muscles, G) และเหงือก (Grill, G) มาทำการชั่งน้ำหนัก แล้วบดด้วยแผ่นสไลด์ แล้วทำการตรวจสอบหาปรสิตก่อโรคจำพวกพยาธิในระยะเมตาเซอร์คาเรีย (Matecercariae) ตามวิธีการของ Doanh et al.[(4)]

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์หาค่าเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อของอวัยวะและค่าความหนาแน่นของตัวอ่อนระยะเมตาเซอร์คาเรียต่อน้ำหนักของอวัยวะ

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

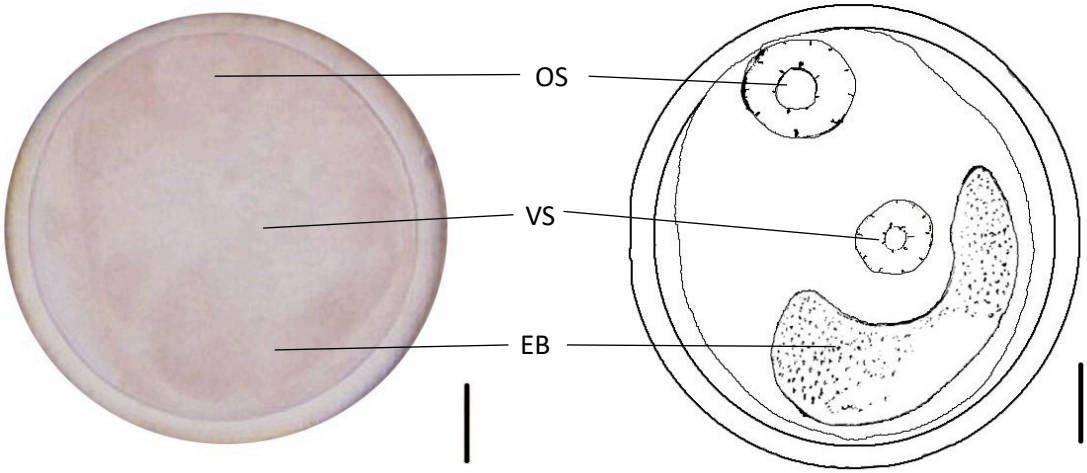
ข้อมูลความหนาแน่นของตัวอ่อนพยาธิจะนำมาวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว One-way analysis of variance (One-way ANOVA) และ Duncan' s Multiple Range Test (DMRT)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ลักษณะสัณฐานวิทยาของตัวอ่อนระยะเมตาเซอร์คาเรียของพยาธิใบไม้

ตัวอ่อนระยะเมตาเซอร์คาเรียของพยาธิใบไม้ที่พบในปูนาชนิด *S.bangkokensis* ในตำบลลานบ่าที่อยู่ในระยะซีสต์ (Encyst) จำนวน 28 ตัว จากตัวอย่างทั้งหมด 56 ตัว และในตำบลบุ่งคล้าพบจำนวน 5 ตัว จากตัวอย่างทั้งหมด 19 ตัว ตัวอ่อนระยะนี้จะพบในถุงหุ้มซีสต์ (Cyst wall) 2 ชั้น โดยมีช่องว่างระหว่างเยื่อหุ้มชั้นนอกและชั้นใน ด้านล่างของลำตัวจะพบกระเพาะขับถ่าย (Excretory bladder) ที่มีสีค่อนข้างดำและมีขนาดใหญ่ไม่มีการแตกแขนง (Dendritic shape) ซีสต์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมีขนาดประมาณ 30-45 μm (ภาพที่ 1) โดยมีรายงานวิจัยที่ระบุลักษณะสัณฐานวิทยาของตัวอ่อนพยาธิใบไม้ชนิด *P. harinasutai*, *P. heterotremus* และ *P. bangkokensis* [(5)] บริเวณด้านบนจะพบช่องปาก เรียกว่า Oral sucker บริเวณกลางลำตัวจะพบช่องปากที่เรียกว่า Ventral sucker ซึ่งจะมีลักษณะเป็นวงแหวนที่ล้อมรอบด้วยกล้ามเนื้อ และซีสต์มีขนาดเส้นผ่าน

ศูนย์กลางเฉลี่ย 624.45 x 647.00 μm ส่วนของกระเพาะขับถ่ายจะมีการแตกแขนง[6] ซึ่งมีความแตกต่างจากตัวอ่อนระยะเมตาเซอร์คาเรียที่พบในการวิจัยนี้ ในขณะที่ซีสต์ที่พบนี้มีจำนวนชั้นของผนังซีสต์ ลักษณะรูปร่างและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของซีสต์ที่ใกล้เคียงกับพยาธิใบไม้ลำไส้ *Microphaloides* spp. ที่มีรายงานไว้ในการศึกษาความชุกและความหนาแน่นของพยาธิใบไม้ลำไส้ขนาดเล็ก *Microphaloides* spp. ในปูนา (*Somaniathelphusa* sp.) จากจังหวัดนครพนม ปี 2559 [7]



ภาพที่ 1 ภาพตัวอ่อนระยะเมตาเซอร์คาเรียของพยาธิใบไม้ที่พบในปูชนิด *S. bangkokensis* (ภาพถ่าย: ซ้าย, ภาพวาด: ขวา)
(OS: Oral sucker, VS: Ventral sucker, EB: Excretory bladder; Scale bar = 0.01 mm)

2. อัตราการติดเชื้อและความหนาแน่นของตัวอ่อนระยะเมตาเซอร์คาเรียในอวัยวะต่างๆ

อัตราการติดเชื้อของตัวอ่อนระยะเมตาเซอร์คาเรียในปูนาชนิด *S. bangkokensis* ที่เก็บจากตำบลลานบ่าพบร้อยละ 50 โดยพบปูที่มีการติดเชื้อ 28 ตัว จากปูทั้งหมด 56 ตัว ในตำบลบุ่งคล้าพบปูมีการติดเชื้อร้อยละ 42.10 โดยปูที่มีการติดเชื้อจำนวน 8 ตัว จากตัวอย่างปูทั้งหมด 19 ตัว เมื่อเปรียบเทียบอัตราการติดเชื้อในอวัยวะต่างๆ พบการติดเชื้อสูงสุดที่อวัยวะ hepatopancrease ร้อยละ 50 จากปูนาที่เก็บจากตำบลลานบ่า จำนวน 56 ตัว และรองลงมา คือ พบการติดเชื้อที่อวัยวะ hepatopancrease ร้อยละ 28.57 และที่กล้ามเนื้อร้อยละ 14.29 จากปูนาที่เก็บจากตำบลบุ่งคล้า จำนวน 19 ตัว และไม่พบอัตราการติดเชื้อเลยในส่วนของเหงือก (ตารางที่ 1) ส่วนความหนาแน่นเฉลี่ยของจำนวนซีสต์พบสูงสุดในอวัยวะ Hepatopancreas ในตำบลบุ่งคล้า รองลงมาคืออวัยวะ Hepatopancreas ในตำบลลานบ่า (ตารางที่ 2) จากข้อมูลดังที่กล่าวมานี้ถ้าประชาชนในพื้นที่บริโภคปูนาชนิด *S. bangkokensis* แบบดิบจะมีส่งผลให้ผู้บริโภคมีโอกาสได้รับตัวอ่อนพยาธิเข้าสู่ร่างกายมาก โดยเฉพาะหากผู้บริโภคบริโภคอวัยวะ Hepatopancreas แบบดิบจะยิ่งส่งผลให้มีโอกาสสูงกว่าการบริโภคส่วนเนื้อปูที่จะทำให้ผู้บริโภคได้รับตัวอ่อนพยาธิเข้าสู่ร่างกาย ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันการระบาดของโรคพยาธิใบไม้ในปอด ประชาชนควรหลีกเลี่ยงการบริโภคปูนาที่ไม่สุกโดยเฉพาะส่วนอวัยวะ Hepatopancreas รวมไปถึงส่วนกล้ามเนื้อของปูนาด้วย สอดคล้องกับผลงานวิจัยที่ทำการศึกษาความชุกและความหนาแน่นของพยาธิใบไม้ลำไส้ขนาดเล็ก *Microphaloides* spp. ในปูนา (*Somaniathelphusa* sp.) จากจังหวัดนครพนม ปี 2559 [7] รายงานไว้ว่าความชุกชุมรวมของปรสิตในปูนาในจังหวัดนครพนมมีอัตราการระบาดที่สูง โดยเฉพาะอำเภอเมืองทำให้ประชาชนในพื้นที่มีอัตราเสี่ยงที่จะติดปรสิตชนิดนี้สูงไปด้วยจากการบริโภคปูนาดิบที่ประชาชนนิยมนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในส้มตำ

ตารางที่ 1 การติดเชื้อตัวอ่อนระยะเมตาเซอร์คาเรียของพยาธิใบไม้ในอวัยวะต่างๆ ของปูนา *S. bangkokensis* (n คือ จำนวนตัวอย่าง)

พื้นที่	เปอร์เซ็นต์การติดเชื้อในอวัยวะต่างๆ		
	M	HP	G
LB (n = 56)	0	50.00	0.00
BK (n = 19)	14.29	28.57	0.00

ตารางที่ 2 ความหนาแน่นเฉลี่ยของตัวอ่อนระยะเมตาเซอร์คาเรียของพยาธิใบไม้ในอวัยวะต่างๆ ของปูนา *S. bangkokensis* ที่มีการติดเชื้อ

พื้นที่	อวัยวะ	ความหนาแน่นเฉลี่ย (no/g)
LB	M	0.00 ± 0.00^{b}
	HP	1765.98 ± 629.20^{a}
	G	0.00 ± 0.00^{b}
BK	M	20.62 ± 6.02^{b}
	HP	6944.57 ± 447.48^{a}
	G	0.00 ± 0.00^{b}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กเหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

สรุป

จากการศึกษาในครั้งนี้สรุปได้ว่าการติดเชื้อและความหนาแน่นของตัวอ่อนพยาธิใบไม้ระยะเมตาเซอร์คาเรียในปูชนิด *S. bangkokensis* จะพบสูงที่สุดในส่วนของ Hepatopancrease รองลงมา คือ กล้ามเนื้อ และประชาชนในตำบลลานบ่าและตำบลบุ่งคล้ามีอัตราเสี่ยงต่อการติดเชื้อของปรสิตชนิดนี้สูงหากมีการบริโภคปูนาดิบ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนโดยงบประมาณแผ่นดินที่พิจารณาผ่านความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ปีงบประมาณ พ.ศ.2562 (รหัสโครงการสัญญา PCRU_2562_KN026)

เอกสารอ้างอิง

1. Yeo, D.C.J., et al. Global diversity of crabs (Crustacea: Decapoda: Brachyura) in freshwater. *In*: Balian, E.V., C. Leveque, H. Segers, K. Martens (eds.). Freshwater Animal Diversity Assessment. Hydrobiologia 2008;575:275–286.
2. Naiyanetr, P. Crustacean Fauna of Thailand (Decapoda and Stomatopoda). 2nd Ed., Dept. Biol., Fac. Sci., Chulalongkorn Univ., Bangkok., 71 pp. 1992.
3. Ng, P.K.L. and Naiyanetr, P. New and recently described freshwater crabs (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Potamidae, Gecarcinucidae and Parathelphusidae) from Thailand. Zoologische Verhandelingen 1993;284: 1–117.
4. Doanh, P. N., et al. Morphologicak and molecular identification of two *Paragonimus* spp. of which metacercariae concurrently found in a land crab, *Patamiscus tannanti*, collected in Yenbai Province, Vietnam. Parasitol Res. 2007;100:1075-1082.
5. Doanh, P. N., et al. Morphological differences and molecular similarities between *Paragonimus bangkokensis* and *P. harinasutai*. Parasitol Res. 2009;105:429-439.
6. วิมลมาลย์ โสพรรณรัตน์ ฮิโรมุ ซุกิยามา และอัจฉริยา รังษิรุจิ. การระบุสัณฐานวิทยาและชีววิทยาระดับโมเลกุลของ Paragonimus paishuihoensis จากจังหวัดจันทบุรี. วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 2554;27(2):194-206.
7. อดิเทพชัยย์การณ์ ภาชนะวรรณ และคณะ. ความชุกและความหนาแน่นของพยาธิใบไม้ลำไส้ขนาดเล็ก *Microphaloides* spp. ในปูนา (*Somaniathelphusa* sp.) จากจังหวัดนครพนม ปี 2559. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ. 2560;20:9-16.

[BS-P08] ความสัมพันธ์ของราสายต่อการเจริญเติบโตของลูกน้ำยุงลายบ้านและยุงรำคาญ

Relation of Filamentous Fungi to Growth Rates of *Aedes* and *Culex* Larvae

ลดาวัลย์ วศินปิยมงคล[1*] นฤมล ปักแสง[2] และ สุชิน ไวยศิลา[1]
Ladawan Wasinpiyamongkol[1*] Naruemon Puksang[2] and Suchin Waisil[1]
[1]ภาควิชาวิทยาศาสตร์การแพทย์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
[2]หลักสูตรวิทยาศาสตร์ชีวการแพทย์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: ladawan_w@hotmail.com*

บทคัดย่อ

ยุงลายบ้าน (*Aedes aegypti*) เป็นพาหะสำคัญของโรคไข้เลือดออก (Dengue hemorrhagic fever) และไข้ซิก้า (Zika fever) ส่วนยุงรำคาญ (*Culex quinquefasciatus*) ก่อให้เกิดโรคไข้สมองอักเสบเจอี (Japanese encephalitis) ปัจจุบันโรคเหล่านี้ยังไม่มียารักษาและมาตรการในการควบคุมที่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นการใช้เชื้อราที่ทำให้เกิดโรคแมลงจึงเป็นอีกทางเลือกที่มีแนวโน้มที่จะนำมาใช้ในการควบคุมยุง จุดประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของเชื้อราต่อการเจริญเติบโตของลูกน้ำยุงจนเป็นตัวเต็มวัย โดยนำลูกน้ำยุง *Aedes aegypti* และยุง *Culex quinquefasciatus* มาเลี้ยงร่วมกันกับเชื้อรา 5 ชนิด คือ *Beauveria bassiana, Aspergillus flavus, Penicillium* sp. *Rhizopus oryzae* และ *Trichoderma brevicompactum* ที่ความเข้มข้น $1x10^8$ โคนิเดีย/มิลลิลิตร โดยทำการเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ผลการศึกษาพบว่าเชื้อราไม่มีผลต่อระยะเวลาการเจริญในระยะลูกน้ำจนถึงระยะตัวเต็มวัยในยุงทั้ง 2 ชนิดแต่พบว่าเชื้อราทั้ง 5 ชนิดมีผลต่ออัตราการตายของลูกน้ำยุง *Culex quinquefasciatus* ประมาณ 7-18 เปอร์เซ็นต์ แต่พบว่าเชื้อรามีเชื้อราเพียง 2 ชนิดเท่านั้น คือ *Beauveria bassiana* และ *Penicillium* sp. ที่มีผลต่ออัตราการตายของลูกน้ำยุง *Aedes aegypti* ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: *ยุงลาย, ยุงรำคาญ, เชื้อรา, การเจริญเติบโต*

Abstract

The Aedes mosquito (*Aedes aegypti*) is an important vector of dengue hemorrhagic fever and Zika fever, while Culex mosquito (*Culex quinquefasciatus*) is the main vector of Japanese encephalitis. At present, there is still a lack of medicine and an effective measure to control management. Therefore, the use of entomopathogenic fungi is a promising alternative to against mosquitoes. The aim was to determine the influence of filamentous fungi on the larval growth and development to adults of *Ae. aegypti* and *Cx. quinquefasciatus* on 5 fungi including *Beauveria bassiana, Aspergillus flavus, Penicillium* sp. *Rhizopus oryzae* and *Trichoderma brevicompactum*. Development of larval stages to the adult stage of both species was examined by exposing to 5 fungi at the concentration of $1x10^8$ conidia/ml and fish food as a control. The results showed that there were no significant differences in the development of both mosquito species after fungi exposure compared with the control group ($p>0.05$). In addition, five fungi species associated with dead larvae

of *Cx. quinquefasciatus.* The mortality varied from 7 to 18 %. But only *Beauveria bassiana* and *Penicillium* sp. were affected to *Aedes aegypti* with a mortality rate of 5 %.

Keywords: *Aedes, Culex filamentous fungi, larval growth*

บทนำ

ยุงจัดเป็นพาหะที่สำคัญที่เป็นสาเหตุของหลายโรค เช่น ยุงลายบ้าน (*Aedes aegypti*) นำโรคไข้เลือดออก (Dengue hemorrhagic fever, DHF) ยุงลายสวน (*Aedes albopictus*) นำโรคชิกุนคุนยา (Chikungunya fever, CHIKV) และยุงรำคาญ (*Culex quinquefasciatus*) เป็นพาหะของโรคไข้สมองอักเสบเจอี (Japanese encephalitis , JE) เป็นต้น ปัจจุบันโรคเหล่านี้ยังคงเป็นปัญหาทางสาธารณสุข จากสถิติพบว่ามีผู้ป่วยที่เกิดจากยุงกัดเป็นจำนวนมากและมีผู้เสียชีวิตเพิ่มขึ้นในทุกๆปี[1]

ปัจจุบันเน้นการใช้สารเคมีในการควบคุมยุงพาหะเป็นส่วนใหญ่และใช้ติดต่อกันเป็นเวลานานจึงก่อให้เกิดปัญหาของสารตกค้างที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมและทำให้ยุงพาหะเกิดการดื้อต่อสารเคมีเพิ่มขึ้นมาก[2,3] จึงได้มีการนำเอาวิธีการควบคุมทางชีวภาพมาใช้ โดยการนำแบคทีเรีย *Bacillus thuringensis israelensis* (Bti) ในการควบคุมลูกน้ำยุงร่วมกันกับการใช้สารเคมีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมและกำจัดการแพร่กระจายของยุง[4] นอกจากนั้นยังมีการนำเอาเชื้อราที่ทำให้เกิดโรคกับแมลง (Entomopathogenic fungi) ซึ่งเป็นทางเลือกที่น่าสนใจอีกทางหนึ่งในการควบคุมลูกน้ำยุง โดยเชื้อราที่ก่อโรคที่มีผลต่อประชากรของยุง ได้แก่ *Beauveria bassiana* และ *Metarhizium anisopliae* เป็นเชื้อราที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการใช้กำจัดแมลงศัตรูพืช และยังมีรายงานว่าเชื้อราในกลุ่ม *Lagenidium Coelomomyces* และ *Culicinomyces* สามารถฆ่าลูกน้ำยุงและตัวเต็มวัยได้[5] ดังนั้น งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของเชื้อรา 5 ชนิด ได้แก่ *Beauveria bassiana Aspergillus flavus Penicillium* sp. *Rhizopus oryzae* และ *Trichoderma brevicompactum* กับต่อการเจริญเติบโตของลูกน้ำยุงในระดับห้องปฏิบัติการ โดยเชื้อราเหล่าเป็นเชื้อราที่สามารถพบได้ทั่วไปในธรรมชาติและบางชนิดพบว่ามีคุณสมบัติเป็นกลุ่มที่ก่อโรคทั้งในแมลงและพืชแต่ยังมีการศึกษาในลูกน้ำยุงไม่มากนัก จึงยังไม่มีข้อมูลที่ชัดเจนถึงผลกระทบของเชื้อราเหล่านี้ต่อการเจริญเติบโตของลูกน้ำยุงลายบ้านและยุงรำคาญ โดยเป้าหมายเพื่อให้ได้ข้อมูลที่นำไปสู่แนวทางในการควบคุมยุงด้วยเชื้อราที่ก่อโรคในแมลง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. **การเพาะเลี้ยงเชื้อรา**

   นำราสาย 5 ชนิด ได้แก่ *Beauveria bassiana Rhizopus oryzae Aspergillus flavus Penicillium* sp. และ *Trichoderma brevicompactum* นำมาเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) และบ่มเพาะเชื้อราไว้ที่อุณหภูมิ 26±2 ºC เป็นเวลา 8-10 วัน จำนวนสปอร์ของเชื้อราที่ใช้ในการทดลองมีความเข้มข้น $1x10^8$ โคนิเดียต่อมิลลิลิตร โดยใช้เครื่องมือ hemacytometer นับจำนวนโคนิเดียภายใต้กล้องจุลทรรศน์

2. **การเพาะเลี้ยงลูกน้ำยุงลายบ้าน (*Ae. aegypti*) และยุงรำคาญ (*Cx. quinquefasciatus*)**

2.1 นำไข่ยุงทั้ง 2 สายพันธุ์ คือ ยุงลายบ้าน (*Ae. aegypti*) และยุงรำคาญ (*Cx. quinquefasciatus*) มาเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิ 26±2ºC ความชื้นสัมพัทธ์ 70-80%

2.2 เตรียมน้ำกลั่นที่ใช้เลี้ยงลูกน้ำยุง นำไป autoclave ที่ 121°C ภายใต้ความดันไอน้ำนาน 15 นาที จากนั้นเติมน้ำ 1.5 ลิตร ใส่ถาดพลาสติกขนาด 25×36×7.5 เซนติเมตร แล้วนำไข่แช่ลงในถาดที่เตรียมไว้จำนวน 300- 500 ฟองต่อถาด ทำการเลี้ยงจนได้ลูกน้ำยุงในแต่ละชนิดจนถึงระยะที่ 2

2.3. คัดเลือกลูกน้ำแต่ละชนิดในระยะที่ 2 จำนวน 20 ตัวต่อน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตรต่อถ้วยพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9.5 x สูง 7.5 ซม จำนวนชนิดละ 6 ถ้วย พักลูกน้ำไว้หนึ่งคืน

3. วิธีการทดลอง

3.1 ทำการเตรียมอาหารและราสายทั้ง 5 ชนิดที่ความเข้มข้น 1×10^8 โคนิเดียต่อมิลลิลิตร ในปริมาณ 1 มิลลิลิตร

ถ้วยที่ 1 0.9 % Normal saline solution + อาหารปลายี่ห้อซากุระ 0.02 กรัม (กลุ่มควบคุม)

ถ้วยที่ 2 *B. bassiana* + อาหารปลายี่ห้อซากุระ 0.02 กรัม

ถ้วยที่ 3 *R. oryzae* + อาหารปลายี่ห้อซากุระ 0.02 กรัม

ถ้วยที่ 4 *A. flavus* + อาหารปลายี่ห้อซากุระ 0.02 กรัม

ถ้วยที่ 5 *Penicillium* sp. + อาหารปลายี่ห้อซากุระ 0.02 กรัม

ถ้วยที่ 6 *T. brevicompactum* + อาหารปลายี่ห้อซากุระ 0.02 กรัม

3.2 นำเอาเชื้อราที่เตรียมจากข้างต้น มาใส่ในถ้วยที่มีลูกน้ำยุงลายบ้านและยุงรำคาญ อย่างละ 20 ตัวในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตรต่อถ้วย และให้อาหารปลาทุกวัน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3.3 สังเกตและจดบันทึกการเจริญเติบโตและอัตราการรอดและตายของลูกน้ำจนถึงตัวเต็มวัย

วิเคราะห์ทางสถิติ

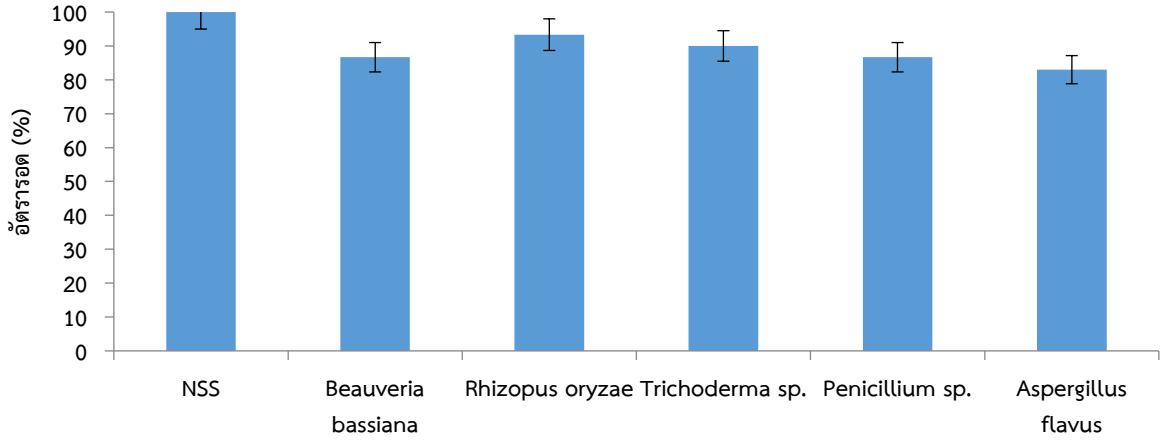
การวิเคราะห์ผลโดยใช้ โปรแกรม SPSS statistics V.22, Non parametric ในการศึกษาการเจริญเติบโตตั้งแต่ระยะลูกน้ำ L2-L4 จนถึงระยะตัวเต็มวัยต่อเชื้อราที่แตกต่างกัน และใช้ Kruskal-Wallis Test หาค่าความแตกต่าง โดยตั้งค่าระดับความน่าเชื่อถือทางสถิติที่ 95% ($P<0.05$)

ผลการวิจัย

1. อัตราการเจริญของยุง *Ae. aegypti* ที่เลี้ยงในเชื้อรา

1.1 อัตราการรอดของยุง *Ae. aegypti* ที่เลี้ยงในเชื้อราที่แตกต่างกัน 5 ชนิด

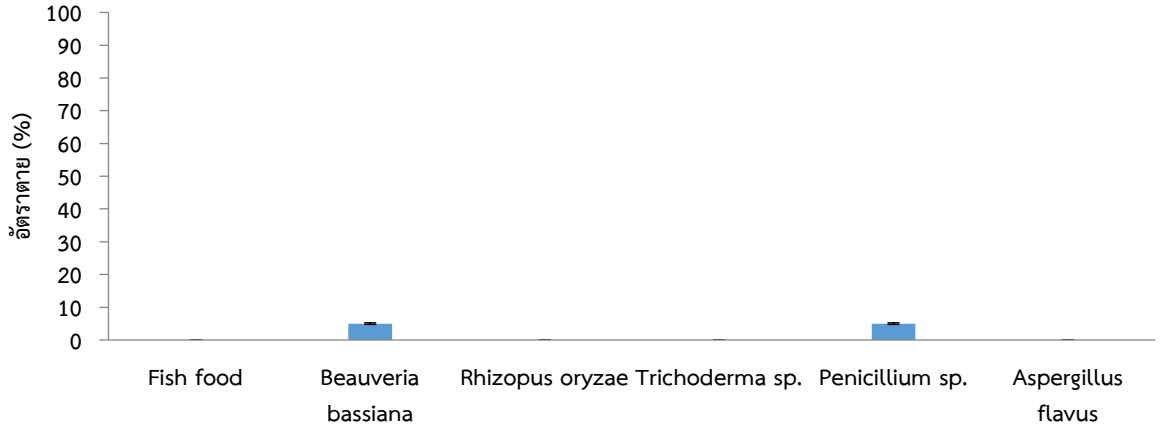
ผลการศึกษาอัตราการรอดของยุง *Ae. aegypti* ตั้งแต่ระยะ larva ระยะที่ 2 ถึง adult ที่เลี้ยงในน้ำที่มีเชื้อราแตกต่างกัน 5 ชนิด โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม คือ Fish Food (ภาพที่ 1) พบว่ายุงที่เลี้ยงในน้ำที่มีเชื้อราทั้ง 5 ชนิดและกลุ่มควบคุมมีอัตราการรอดประมาณ 97-100% จากการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงให้เห็นว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 1 อัตราการรอดของยุง *Ae. aegypti* ระยะ L2 ถึง adult ในเชื้อราที่แตกต่างกัน 5 ชนิด

1.2 อัตราการตายของยุง *Ae. aegypti* ที่เลี้ยงในเชื้อราที่แตกต่างกัน 5 ชนิด

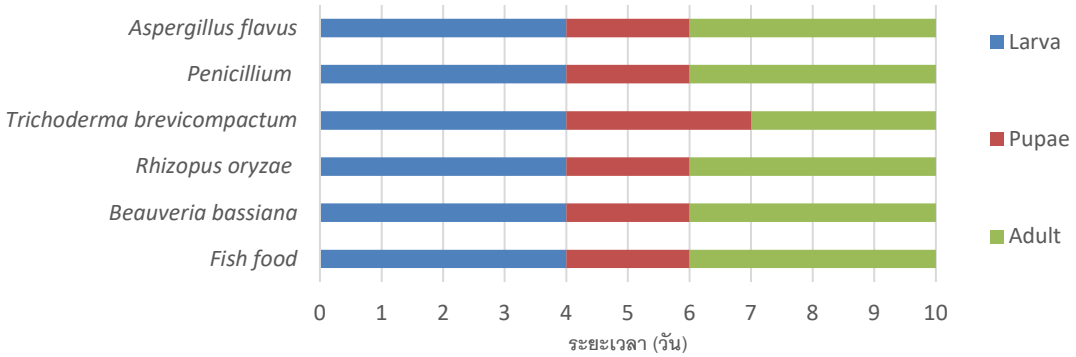
ผลการศึกษาอัตราการตายของยุง *Ae. aegypti* ตั้งแต่ระยะ larva ระยะที่ 2 ถึง adult ที่เลี้ยงในน้ำที่มีเชื้อราแตกต่างกัน 5 ชนิด โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมคือ Fish food (ภาพที่ 2) พบว่ายุงที่เลี้ยงในน้ำที่มีเชื้อรา *Beauveria bassiana* และ *Penicillium* sp. มีอัตราการตายประมาณ 5 % เมื่อเทียบกับกลุ่มเชื้อราตัวอื่นและกลุ่มควบคุมที่ไม่เกิดการตาย นอกจากนี้ยังพบว่ายุงที่เลี้ยงในน้ำที่มีเชื้อรา *Beauveria bassiana* และ *Penicillium* sp. เริ่มมีการตายเกิดขึ้นในวันที่ 6 ในระยะlarva ระยะที่ 4 และ papa (ไม่ได้แสดงข้อมูล) จากการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงให้เห็นว่าอัตราการตายของยุง *Ae. aegypti* ที่เลี้ยงในน้ำที่มีทั้ง 2 ชนิดเทียบกับกลุ่มเชื้อราตัวอื่นและกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 2 อัตราการตายของยุง Ae. aegypti ระยะ L2 ถึง adult ในเชื้อราที่แตกต่างกัน 5 ชนิด

1.3 วงจรชีวิตของยุง *Ae. aegypti* ที่เลี้ยงในเชื้อราที่แตกต่างกัน 5 ชนิด

ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของยุง *Ae. aegypti* โดยดูจากวงจรชีวิตของยุงที่เลี้ยงในเชื้อราที่แตกต่างกัน 5 ชนิด ตั้งแต่ larva ระยะที่ 2 (L2) ถึง adult เป็นเวลา 10 วัน โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม คือ Fish Food (ภาพที่ 3) พบว่ายุงที่เลี้ยงในเชื้อราทั้ง 4 ชนิด คือ *Aspergillus flavus, Penicillium* sp., *Rhizopus oryzae* และ *Beauveria bassiana* มีการเจริญในระยะ larva (L2) จนถึงระยะ adult ใช้เวลา 6 วัน ในขณะที่ยุงที่เลี้ยงในเชื้อรา *Trichoderma brevicompactum* ใช้เวลา 7 วันซึ่งจะนานกว่ายุงกลุ่มอื่นและกลุ่มควบคุม

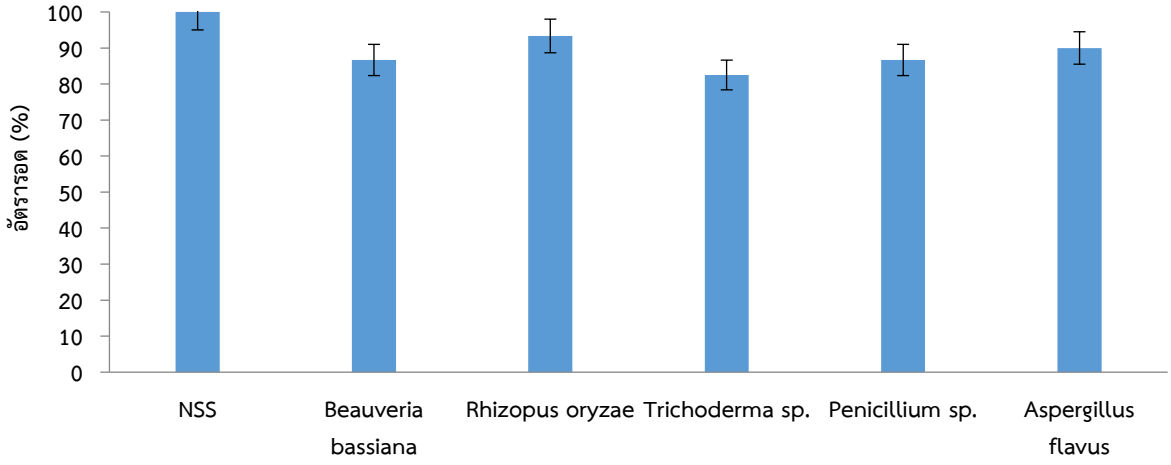


ภาพที่ 3 วงจรชีวิตของยุง *Ae. aegypti* ที่เลี้ยงในเชื้อราที่แตกต่างกัน 5 ชนิดที่ความเข้มข้น 1×10^8 conidia/ml

2. อัตราการเจริญของยุง *Cx. quinquefasciatus* ที่เลี้ยงในเชื้อรา

2.1 อัตราการรอดของยุง *Cx. quinquefasciatus* ที่เลี้ยงในเชื้อราที่แตกต่างกัน 5 ชนิด

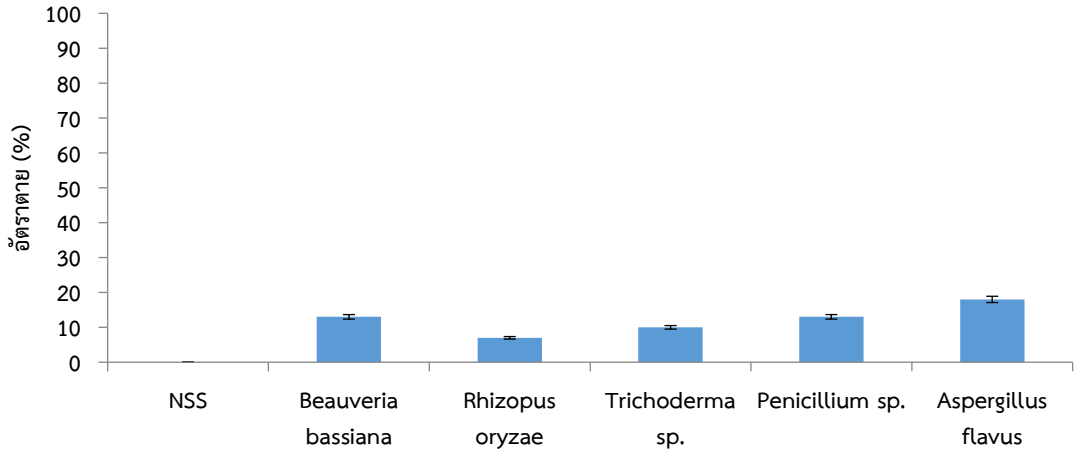
ผลการศึกษาอัตราการรอดของยุง *Cx. quinquefasciatus* ตั้งแต่ระยะ larva ระยะที่ 2 ถึง adult ที่เลี้ยงในน้ำที่มีเชื้อราแตกต่างกัน 5 ชนิด โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม คือ Fish Food (ภาพที่ 4) พบว่ายุงที่เลี้ยงในน้ำที่มีเชื้อราทั้ง 5 ชนิดและกลุ่มควบคุม มีอัตราการรอดประมาณ 83-100% จากการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงให้เห็นว่ายุงที่เลี้ยงในน้ำที่มีเชื้อราทั้ง 5 ชนิดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 4 อัตราการรอดของยุง *Cx. quinquefasciatus* ระยะ L2 ถึง adult ในเชื้อราที่แตกต่างกัน 5 ชนิด

2.2 อัตราการตายของยุง *Cx. quinquefasciatus* ที่เลี้ยงในเชื้อราที่แตกต่างกัน 5 ชนิด

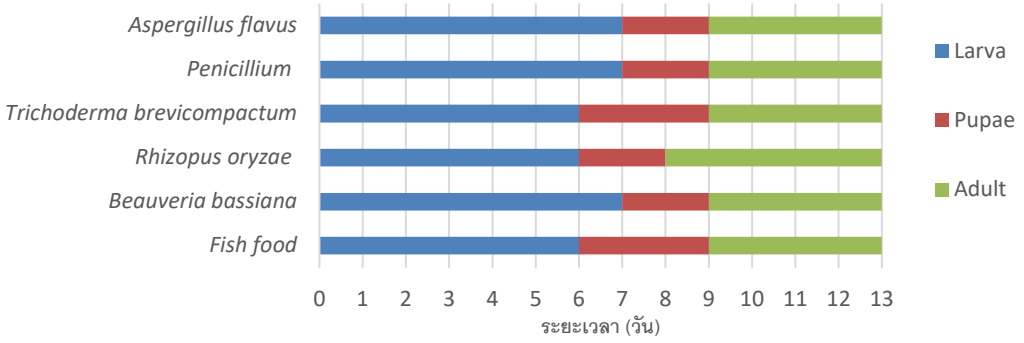
ผลการศึกษาอัตราการตายของยุง *Cx. quinquefasciatus* ตั้งแต่ระยะ larva ระยะที่ 2 ถึง adult ที่เลี้ยงในน้ำที่มีเชื้อราแตกต่างกัน 5 ชนิด โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม คือ Fish food (ภาพที่ 5) พบว่ายุงที่เลี้ยงในน้ำที่มีเชื้อราทุกชนิดมีอัตราการตายอยู่ระหว่าง 7-18 % โดยพบว่ายุงที่เลี้ยงในน้ำที่มีเชื้อรา *Aspergillus flavus,* พบว่ามีอัตราการตายสูงกว่ายุงในเชื้อรากลุ่มอื่น นอกจากนี้ยังพบว่ายุงจะเริ่มตายในตั้งแต่วันที่ 4 ตั้งแต่ระยะ larva ระยะที่ 3 และ ในวันที่ 9 จะพบว่ามีการตายของระยะ papa (ไม่ได้แสดงข้อมูล) จากการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงให้เห็นว่ายุงที่เลี้ยงในน้ำที่มีเชื้อราทั้ง 5 ชนิดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 5 อัตราการตายของยุง Ae. aegypti ระยะ L2 ถึง adult ในเชื้อราที่แตกต่างกัน 5 ชนิด

2.3 วงจรชีวิตของยุง *Cx. quinquefasciatus* ที่เลี้ยงในเชื้อราที่แตกต่างกัน 5 ชนิด

ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของยุง *Cx. quinquefasciatus* โดยดูจากวงจรชีวิตของยุงที่เลี้ยงในเชื้อราที่แตกต่างกัน 5 ชนิด ตั้งแต่ larva ระยะที่ 2 (L2) ถึง adult เป็นเวลา 10 วัน โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม คือ Fish Food (ภาพที่ 6) พบว่ายุงที่เลี้ยงในเชื้อราทั้ง 4 ชนิด คือ *Aspergillus flavus, Penicillium* sp. *Trichoderma brevicompactum* และ *Beauveria bassiana* มีการเจริญในระยะ larva (L2) จนถึงระยะ adult ใช้เวลา 9 วัน ในขณะที่ยุงที่เลี้ยงในเชื้อรา *Rhizopus oryzae* ใช้เวลา 8 วันซึ่งจะเร็วกว่ากว่ายุงกลุ่มอื่นและกลุ่มควบคุม



ภาพที่ 6 วงจรชีวิตของยุง *Cx. quinquefasciatus* ในเชื้อราที่แตกต่างกัน 5 ชนิดที่ความเข้มข้น 1×10^8 conidia/ml

อภิปรายผล

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของลูกน้ำยุง *Aedes aegypti* และ *Culex quinquefasciatus* ที่เลี้ยงรวมกันกับเชื้อรา 5 ชนิด คือ *Beauveria bassiana Aspergillus flavus Penicillium* sp. *Rhizopus oryzae* และ *Trichoderma brevicompactum* พบว่าเชื้อราไม่มีผลต่อระยะเวลาการเจริญในระยะลูกน้ำจนถึงระยะตัวเต็มวัยในยุงทั้ง 2 ชนิด เนื่องจากโดยทั่วไปการเจริญเติบโตตั้งแต่ระยะลูกน้ำจนถึงตัวเต็มวัยของยุง *Aedes* และ *Culex* ใช้เวลาประมาณ 7 -10 วัน [6]

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า เชื้อราทั้ง 5 ชนิด คือ *Beauveria bassiana Aspergillus flavus Penicillium sp. Rhizopus oryzae* และ *Trichoderma brevicompactum* มีผลต่ออัตราการตายของลูกน้ำยุง *Culex quinquefasciatus* แต่พบว่าเชื้อรามีเชื้อราเพียง 2 ชนิดเท่านั้น คือ *Beauveria bassiana* และ *Penicillium* sp. ที่มีผลต่ออัตราการตายของลูกน้ำยุง *Aedes aegypti* ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Geetha และ Balaraman ในปี 1999[7)] พบว่าเชื้อรา *B. bassiana* มีฤทธิ์ที่รุนแรงต่อระยะลูกน้ำของ *Cx. quinquefasciatus* และ *An. Stephensi* มากกว่า *Ae. aegypti* เนื่องจากยุงชนิดนี้เป็นสายพันธุ์ที่อ่อนแอจึงมีแนวโน้มที่จะติดเชื้อได้ง่าย การศึกษาของ Govindarajan (2005) [8] ยังพบว่า *Aspergillus flavus,* และ *Trichoderma viride* มีผลต่ออัตราการตาย (LC50) ของลูกน้ำยุง *Culex quinquefasciatus* และ Salwa และคณะ ในปี 2014[9] ได้ทำการศึกษาความสามารถในการก่อโรคของเชื้อรากลุ่ม *Aspergillus (A. niger, A. ochraceus* และ *A. parasiticus)* และ *Penicillium (P. citrinum* และ *P. stoloniferum)* ในลูกน้ำยุง *Cx. pipiens* พบว่าเชื้อราในกลุ่ม *Aspergillus* มีประสิทธิภาพในการฆ่าลูกน้ำยุงมากกว่าเชื้อราในกลุ่ม *Penicillium* นอกจากนี้ *Aspergillus flavus* ยังสามารถสร้างสารอัลฟ่าทอกซินที่มีผลกระทบต่อเซลล์เยื่อบุลำไส้ของลูกน้ำยุง ซึ่งมีผลต่ออัตราการตายของลูกน้ำยุง (Vasantha และคณะ, 2019) [10]

อย่างไรก็ตาม จากผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า *Rhizopus oryzae* มีผลต่อการตายของลูกน้ำยุง *Culex quinquefasciatus* ซึ่งจะแตกต่างจาก Tajedin และคณะ ในปี 2009[11] พบว่าเชื้อรา *Rhizopus* ที่พบในแหล่งเพาะพันธุ์และในกระเพาะของลูกน้ำยุง *An. stephensi* จะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของลูกน้ำยุงและสามารถทนต่อเอนไซน์ในกระเพาะอาหารของยุงแต่ไม่มีผลต่อในการก่อโรค ซึ่งผลการทดลองที่เกิดขึ้นอาจจะเกิดจากหลายปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง เช่น สายพันธ์ของยุงและเชื้อรา ชนิดของเชื้อรา ปริมาณของยุงและเชื้อรา อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้นที่ทำการทดสอบในยุงและเชื้อราที่เพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องมีการศึกษาและพัฒนาต่อไปเพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับยุงและเชื้อราได้ชัดเจนมากขึ้นและนำความรู้ไปประยุกต์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมยุงพาหะในธรรมชาติ

สรุป

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของลูกน้ำยุง *Aedes aegypti* และ *Culex quinquefasciatus* กับเชื้อราทั้ง 5 ชนิด พบว่าเชื้อรา *Beauveria bassiana Aspergillus flavus Penicillium* sp. *Rhizopus oryzae* และ *Trichoderma brevicompactum* มีผลต่อการตายของลูกน้ำยุง *Culex quinquefasciatus* และมีเพียงเชื้อรา 2 ชนิดเท่านั้น คือ *Beauveria bassiana* และ *Penicillium* sp. ที่มีผลต่อการตายของลูกน้ำยุง *Aedes aegypti*

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยรังสิตและผู้วิจัยขอขอบคุณคณะเวชศาสตร์เขตร้อน มหาวิทยาลัยมหิดลที่ให้ความอนุเคราะห์เรื่องยุงในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. สถานการณ์โรคไข้ปวดข้อยุงลายประเทศไทย ประจำสัปดาห์ที่ 9/2562 ณ วันที่ 12 มีนาคม พ.ศ. 2562. กลุ่มโรคติดต่อนำโดยยุงลาย สำนักโรคติดต่อนำโดยแมลง กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข, 2562. [เข้าถึงเมื่อ 20 กุมภาพันธ์ 2562] เข้าถึงได้จาก: https://ddc.moph.go.th/uploads/ckeditor/6f4922f45568161a8cdf4ad2299f6d23/files/Dangue/Situation/2562/ DHF%205%20edit.pdf
2. Ranson H, N'guessan R, Lines J, Moiroux N, Nkuni Z, Corbel V. Pyrethroid resistance in African anopheline mosquitoes: what are the implications for malaria control. Trends Parasitol. 2011; 91- 8. doi: 10.1016/j.pt.2010.08.004.
3. Ponlawat A, Scott JG, Harrington LC. Insecticide susceptibility of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* across Thailand. J. Med.Entomol. 2005; 821-25.
4. Boyce R, Lenhart A, Kroeger A, Velayudhan R, Roberts B, Horstick O. *Bacillus thuringiensis* israelensis (Bti) for the control of dengue vectors: systematic literature review. Trop Med Int Health. 2013; 564-77. doi: 10.1111/tmi.12087.
5. Scholte EJ, Knols BG, Samson RA, Takken W. Entomopathogenic fungi for mosquito control: a review. J Insect Sci. 2004; 1-24.
6. Clements AN. The biology of mosquitoes. Volume 1, Development, nutrition and reproduction. Wallingford, UK: CABI Publishing. 2000.
7. Geetha I, Balaraman K. Effect of entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* on larvae of three species of mosquitoes. Indian J Exp Biol. 1999; 1148-50.
8. Govindarajan M, Jebanesan A., Reetha D. Larvicidal effect of extracellular secondary metabolites of different fungi against the mosquito, *Culex quinquefasciatus* Say. Trop Biomed. 2005; 1-3.
9. Salwa SR, Gamal AH, Eman MR, Wageha AM. Pathogenicity of entomopathogenic fungi on larvae of *Culex pipiens* mosquitoes (Diptera: Culicidae). J Appl Sci Res. 2014; 6636-42.
10. Vasantha-Srinivasan P, Karthi S, Chellappandian M., et al. *Aspergillus flavus* (link) toxins reduces the fitness of dengue vector *Aedes aegypti* (Linn.) and their non-target toxicity against aquatic predator. Microb Pathog. 2019; 281-287.
11. Tajedin L, Hashemi J, Abaei M, Hosseinpour L, Rafei F, Basseri H. Study on fungal flora in the midgut of the larva and adult of the different populations of the malaria vector *Anopheles stephensi*. Iran J Arthropod Borne Dis. 2009; 36-40.

[BS-P09] การปรับตัวของนกพิราบในระบบนิเวศเมือง: กรณีศึกษาในเขตเทศบาลนครลำปาง

Adaptation of Pigeons (*Columba livia*) in Urban Ecosystem : A Case Study in The Area of Lampang Municipality

สุรกานต์ พยัคฆบุตร*
Surakan Payakkhabutra*
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
*ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: surakan913@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปรับตัวของนกพิราบ (*Columba livia*) ในระบบนิเวศเมือง: กรณีศึกษาในเขตเทศบาลนครลำปาง ทำการศึกษาตั้งแต่เดือนมกราคม–เดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 จากการศึกษาพบว่านกพิราบจะอาศัยอยู่ เกาะคอนนอน สร้างรัง และวางไข่ตามชายคาอาคาร บ้านเรือนของมนุษย์เท่านั้น ไม่พบนกพิราบอาศัยอยู่ เกาะคอนนอน สร้างรัง และวางไข่บนต้นไม้เลย ซึ่งต่างจากนกชนิดอื่นที่อาศัยอยู่ในแหล่งที่อยู่เดียวกันกับนกพิราบ เช่น นกเขาใหญ่ (*Spilopelia chinensis*) นกเอี้ยงสาริกา *(Acridotheres tristis*) และนกเอี้ยงหงอน (*Acridotheres grandis*) ซึ่งจะเกาะคอนนอน สร้างรัง และวางไข่บนต้นไม้ มีพบบ้างเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่สร้างรังและวางไข่บริเวณชายคาอาคาร บ้านเรือนของมนุษย์ นกพิราบสามารถปรับตัวให้เป็นนกที่กินอาหารได้หลากหลาย ไม่เฉพาะเจาะจงกับอาหารบางประเภท การที่มีแหล่งที่อยู่ที่ปลอดภัยจากการรบกวนของสัตว์ผู้ล่าและมีแหล่งอาหารที่อุดมสมบูรณ์ทำให้นกพิราบไม่ต้องสิ้นเปลืองเวลาและพลังงานในการป้องกันตัว หลบภัย และหาอาหาร จึงมีสภาพความสมบูรณ์และความพร้อมของร่างกาย (fitness) สูง และสามารถจับคู่ผสมพันธุ์ได้ตลอดทั้งปี ส่งผลให้มีจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นในระบบนิเวศเมืองอย่างต่อเนื่อง ต่างจากนกชนิดอื่นที่อาศัยอยู่ในแหล่งที่อยู่เดียวกันที่มีฤดูผสมพันธุ์อยู่เฉพาะในบางช่วงของปีเท่านั้น ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่านกพิราบเป็นนกที่ประสบความสำเร็จอย่างแท้จริงในการปรับตัวเพื่ออาศัยอยู่ในระบบนิเวศเมือง

คำสำคัญ: *การปรับตัว, นกพิราบ, ระบบนิเวศเมือง*

Abstract

The main purpose of this research was to study the adaptation of pigeons (*Columba livia*) in the urban ecosystem: a case study in the area of Lampang municipality. The study was conducted from January – December 2018. The study found that the pigeons usually inhabited, roosted, built nests and laid eggs only on the eaves of human houses and buildings, but, not in the tree. It was different from some other bird species inhabiting in the same habitat such as Spotted Dove (*Spilopelia chinensis*, Common Myna *(Acridotheres tristis*) and White-vented Myna (*Acridotheres grandis*) that inhabited, roosted, built nests and laid eggs in the tree, just a few that built nests and laid eggs on the eaves of human houses and buildings. The pigeons could adapt themselves to be Euryphagous, they could eat a variety of foods. Because the pigeons inhabited in safe habitat and had abundant food sources in urban ecosystem, they were not necessary to waste time and energy for

self-protection from predators and finding food, it caused the pigeons had high fitness and be able to mate and nest in all months of the year, therefore, pigeon population in urban ecosystem increased continuously, different from some other bird species inhabiting in the same habitat that had breeding season only in some months of the year. Therefore, it was concluded that pigeons absolutely succeed in adaptation for inhabiting in the urban ecosystem.

Keyword**:** *adaptation, pigeon, urban ecosystem*

บทนำ

นกพิราบถูกจัดอยู่ในอาณาจักรสัตว์ (Animalia) ไฟลัมคอร์ดาตา (Chordata) ชั้นเอวีส (Aves) อันดับโคลัมบิฟอร์มีส (Columbiformes) วงศ์โคลัมบิดี (Columbidae) [1] มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Columba livia* นกพิราบมีถิ่นกำเนิดในทวีปยุโรปและเอเชียตอนเหนือ ไม่ทราบแน่ชัดว่าถูกนำเข้ามาในประเทศไทยเมื่อใด พบทั่วทุกภาคของประเทศไทย นกพิราบเป็นนกที่มักพบอาศัยอยู่ในแหล่งชุมชนเมือง หมู่บ้าน และบริเวณพื้นที่เกษตรกรรม อาศัยอยู่เป็นฝูงตามชายคา โพรงหรือหลืบของสิ่งปลูกสร้างต่างๆ [2] ไม่ได้รับการจัดให้เป็นสัตว์ป่าคุ้มครอง [3] การที่มักพบนกพิราบอาศัยอยู่ในระบบนิเวศเมืองนั้น ส่วนหนึ่งก็มีสาเหตุเนื่องมาจากในปัจจุบันนี้ป่าไม้ลดความอุดมสมบูรณ์ลงจนแทบจะไม่มีแหล่งอาหารให้นกหากิน ในเมืองน่าจะสามารถหาอาหารกินได้ง่ายกว่าระบบนิเวศป่า นกพิราบไม่จำเป็นต้องสิ้นเปลืองเวลาและพลังงานในการหาอาหาร อีกทั้งอาคาร บ้านเรือนก็เป็นแหล่งที่อยู่ สร้างรัง และวางไข่ที่ปลอดภัย นกพิราบน่าจะสามารถปรับตัวให้เข้ากับระบบนิเวศเมืองได้เป็นอย่างดีจึงมีการเพิ่มจำนวนประชากรได้อย่างรวดเร็ว การที่นกพิราบสามารถผสมพันธุ์ สร้างรัง วางไข่ และเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็วจนมีประชากรเป็นจำนวนมากนั้นส่งผลกระทบต่อมนุษย์ โดยเฉพาะปัญหาเรื่องมูลนกที่ทำลายทัศนียภาพบริเวณตัวเมือง ทำให้บ้านเมืองสกปรกเนื่องจากมูลของนกพิราบต้องสูญเสียงบประมาณในการทำความสะอาดในแต่ละปีเป็นจำนวนมาก ในมูลนกมีกรดยูริกที่สามารถกัดกร่อนโลหะ ทำให้เกิดสนิมสร้างความเสียหายต่อสิ่งก่อสร้าง วัสดุอุปกรณ์ และเครื่องใช้ต่างๆ นอกจากนี้นกพิราบยังก่อให้เกิดโรคติดต่อมาสู่มนุษย์ เพราะนกพิราบเป็นที่รวมของเชื้อโรคชนิดต่างๆ ที่อาจติดต่อมาสู่มนุษย์ได้ อาทิ โรคเยื่อหุ้มสมองอักเสบจากเชื้อรา, ปอดอักเสบ, ท้องเสีย หรือแม้กระทั่งหมัดจากตัวนก ผลจากการศึกษาการกระจายของเชื้อชนิดก่อโรคในมูลนกชนิดต่างๆ ได้แก่ นกพิราบ อีกา นกปากห่าง นกแก้ว ซึ่งเก็บรวบรวมมาจาก 13 แหล่งที่มีนกเหล่านี้ชุกชุมพบว่าในมูลนกพิราบมีเชื้อรา *Cryptococcus neoformans* ซึ่งก่อปัญหาเยื่อหุ้มสมองอักเสบทั้งในเด็กและผู้ใหญ่สูงถึงร้อยละ *9.09* [4] เชื้อรา *C. neoformans* เป็นเชื้อราฉวยโอกาสที่ก่อให้เกิดโรคเยื่อหุ้มสมองอักเสบจากเชื้อรา (Cryptococcosis) โดยเฉพาะในผู้ที่มีระบบภูมิคุ้มกันบกพร่องสามารถได้รับเชื้อโดยการหายใจเอาสปอร์ของเชื้อเข้าไปในปอดจากแหล่งธรรมชาติซึ่งมักอยู่ในมูลของสัตว์ปีกโดยเฉพาะในมูลนกพิราบ คนที่ได้รับเชื้อนี้เข้าไปจะมีอาการปวดศีรษะเป็นพักๆ และอาการปวดจะเพิ่มขึ้นมีอาการหน้ามืด วิงเวียน มีอาการปวดขมับ เบ้าตา บางครั้งอาจถึงอาเจียน คนที่เป็นโรคนี้ที่ปอดจะมีอาการไอและมีเสมหะปนเลือด มีไข้ต่ำ น้ำหนักลดอาจมีอาการของหลอดลมอักเสบร่วมด้วย ในบางคนอาจจะไม่มีอาการอยู่เลย เชื้ออาจจะฟักตัวบนร่างกายคนเราเป็นเวลาหลายปี จนเมื่อร่างกายอ่อนแอจะแสดงอาการออกมา ในกรณีของคนที่เป็นโรคภูมิคุ้มกันบกพร่องหรือเอดส์ เชื้อนี้จะเจริญเติบโตได้ดีเพราะภูมิต้านทานต่ำ มีอาการรุนแรงกว่าคนปกติและรักษาได้ยากกว่า การรักษาจะใช้ยาปฏิชีวนะเป็นเวลาระยะหนึ่งและรักษาตามอาการอื่นๆ ส่วนการศึกษาวิจัยโดยการเก็บตัวอย่างมูลนกตามอาคารต่างๆ 25 อาคารภายในบริเวณมหาวิทยาลัยอุบลราชธานีมาตรวจหาเชื้อรา *C. neoformans* ได้ตัวอย่างมูลนกทั้งหมด 53 ตัวอย่าง ซึ่งเป็นตัวอย่างจากมูลนกพิราบ นกเอี้ยง นกกระจอกบ้าน และค้างคาว เพาะเลี้ยงตัวอย่างสารละลายมูลนกที่ผสมยาปฏิชีวนะลงบนอาหาร Sabouraud Dextrose Agar (SDA) และ Littman Oxgallagar (LOA) บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

เป็นเวลา 1 สัปดาห์ ย้อมดูโคโลนีที่สงสัย พิสูจน์ชนิดโดยอาศัยลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์ จากการย้อมด้วยหมึกอินเดียและการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมีพบว่าแยกเชื้อราได้จากมูลนกพิราบมากที่สุด 20 จาก 37 ตัวอย่าง (ร้อยละ 54.05) มูลนกกระจอกบ้าน 1 จาก 6 ตัวอย่าง (ร้อยละ 16.66) ผลการศึกษาสรุปได้ว่าภายในมหาวิทยาลัยอุบลราชธานีสามารถตรวจพบเชื้อรา *C. neoformans* ได้ในมูลนก โดยเฉพาะมูลนกพิราบ ดังนั้นควรมีการให้ความรู้ในเรื่องการป้องกันและควบคุมการติดเชื้อนี้ และมหาวิทยาลัยควรเล็งเห็นประโยชน์และความสำคัญในการกำจัดมูลนกภายในมหาวิทยาลัย [5] การสัมผัสมูลนกที่มีอยู่ในธรรมชาติอาจก่อให้เกิดโรคเยื่อหุ้มสมองอักเสบได้ ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากแหล่งอาหารในธรรมชาติของนกมีน้อยลง ทำให้นกอพยพเข้ามาอาศัยอยู่ในเขตเมืองและอยู่ใกล้ที่อยู่อาศัยของมนุษย์มากขึ้น ขณะเดียวกันมนุษย์ก็มีความเสี่ยงต่อการได้รับเชื้อง่ายขึ้นเนื่องจากสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป อีกทั้งอุบัติการณ์ของโรคภูมิคุ้มกันบกพร่องมีมากขึ้นในปัจจุบัน [6] นอกจากนี้นกพิราบยังนำโรคที่สำคัญซึ่งอาจเป็นอันตรายถึงชีวิตได้ คือ โรคไข้หวัดนก (Avian influenza) โดยเชื้อจะปนเปื้อนมากับสิ่งขับถ่ายและมูลของนกพิราบสามารถถ่ายทอดสู่สัตว์เลี้ยงและอาจแพร่มายังมนุษย์ได้ จากรายงานของกรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช ที่รายงานสถานการณ์ของนกพิราบในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งเก็บตัวอย่างตั้งแต่เดือนมิถุนายน-ตุลาคม 2548 จำนวน 11,705 ตัวอย่าง พบว่ามีเชื้อไข้หวัดนกจำนวน 18 ตัวอย่าง เป็นนกกระจอกบ้านจำนวน 3 ตัวอย่าง นกกระติ๊ดขี้หมูจำนวน 1 ตัวอย่าง และนกพิราบจำนวน 14 ตัวอย่าง [4] เทศบาลนครลำปางก็ประสบปัญหาเกี่ยวกับนกพิราบเช่นเดียวกับเมืองใหญ่เมืองอื่นๆ เนื่องจากนกพิราบเข้ามาอาศัยอยู่เป็นจำนวนมาก จึงเป็นที่น่าสนใจศึกษาเพื่อให้ได้คำตอบที่แน่ชัดเกี่ยวกับวิธีการปรับตัวของนกพิราบเพื่อเข้ามาอาศัยอยู่ในระบบนิเวศเมือง เช่น มีวัฏจักรชีวิตอย่างไร มีการปรับตัวด้านพฤติกรรมและสรีรวิทยาอย่างไร จึงทำให้ดำรงชีวิตอยู่ได้เป็นอย่างดียิ่งในระบบนิเวศเมือง กลยุทธ์ในการควบคุมจำนวนประชากรของนกพิราบนั้นจำเป็นที่จะต้องศึกษาให้ทราบถึงวัฏจักรชีวิตและพฤติกรรมในด้านต่างๆ ของนกพิราบก่อน และต้องมีการศึกษาหาแนวทางป้องกันอาคารบ้านเรือน สิ่งปลูกสร้างต่างๆ จากการเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยและเพาะพันธุ์ของนกพิราบร่วมด้วย เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาในด้านสิ่งแวดล้อมและสุขอนามัยของประชาชนในพื้นที่

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวัฏจักรชีวิตของนกพิราบในรอบปี เพื่อศึกษาแหล่งที่อยู่อาศัยของนกพิราบในระบบนิเวศเมือง เพื่อศึกษาชนิดของอาหารของนกพิราบ และเพื่อศึกษาเปรียบเทียบวัฏจักรชีวิตและพฤติกรรมการปรับตัวของนกพิราบกับนกชนิดอื่นที่อาศัยอยู่ในแหล่งที่อยู่ (Habitat) เดียวกัน เช่น นกเขาใหญ่ นกเอี้ยงสาริกา และนกเอี้ยงหงอน ทั้งนี้เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับนกพิราบมากขึ้น และสามารถนำความรู้นี้ไปบูรณาการและประยุกต์ร่วมกับความรู้ด้านอื่นๆ ใช้ประโยชน์ในการควบคุมจำนวนประชากรของนกพิราบให้มีความเหมาะสมต่อไป เนื่องจากนกพิราบเป็นที่รวมของเชื้อโรคชนิดต่างๆ ที่อาจติดต่อมาสู่มนุษย์ได้ การที่มีจำนวนประชากรของนกพิราบในระบบนิเวศเมืองมากเกินไปจึงไม่เป็นผลดีต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์

วิธีดำเนินการวิจัย

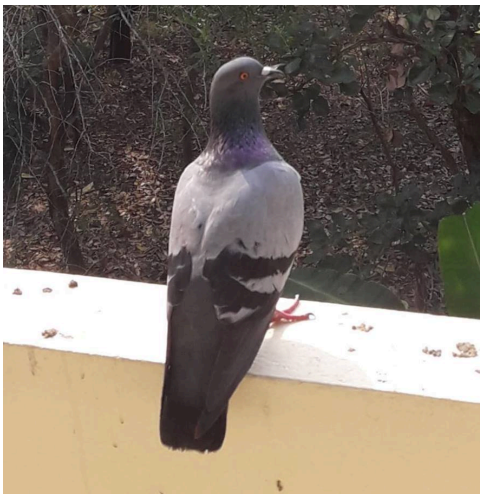
1. ศึกษาวัฏจักรชีวิตของนกพิราบในรอบปี (ตั้งแต่แต่เดือนมกราคม–เดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 รวม 12 เดือน 3 ฤดูกาล)
2. ศึกษาแหล่งที่อยู่อาศัยของนกพิราบในระบบนิเวศเมือง
3. ศึกษาชนิดของอาหารของนกพิราบ
4. ศึกษาเปรียบเทียบวัฏจักรชีวิตและพฤติกรรมการปรับตัวของนกพิราบกับนกชนิดอื่นที่อาศัยอยู่ในแหล่งที่อยู่เดียวกัน เช่น นกเขาใหญ่ นกเอี้ยงหงอน และนกเอี้ยงสาริกา เป็นต้น
5. เทคนิคและวิธีการเก็บข้อมูล ทำโดยการสังเกตพฤติกรรมของนกพิราบในภาคสนาม ศึกษาแหล่งที่อยู่ อาหารของนกพิราบ พฤติกรรมต่างๆ ของนกพิราบ แล้วจดบันทึก (ทำ Ethogram) อย่างเป็นระบบระเบียบและสม่ำเสมอตามแผนงานที่ได้

วางไว้ (สัปดาห์ละ 2 วัน) ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลทำโดยการนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนามมาวิเคราะห์ตามหลักการทางวิชาการด้านพฤติกรรมวิทยาและปักษีวิทยา

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ลักษณะทั่วไปของนกพิราบ

นกพิราบเป็นนกที่มีขนาดเล็ก–ขนาดกลาง (33 ซม.) ลำตัวเป็นสีเทาแกมน้ำเงิน มีลายแถบสีดำขนาดกว้าง 2 แถบพาดผ่านปีก และมีลายแถบสีดำ 1 แถบที่ปลายหาง ขนปกคลุมใต้ปีกสีขาว คอสีเข้มเป็นมันสีเขียวและสีม่วง ปากสีดำ ขาและนิ้วสีแดง (ภาพที่ 1) นกพิราบตัวผู้จะมีร่างกายที่บึกบึน สูงกว่า หัวกะโหลกมีขนาดใหญ่กว่านกพิราบตัวเมีย นอกจากนี้ยังมักมีพฤติกรรมก้าวร้าวมากกว่านกพิราบตัวเมียด้วย



ภาพที่ 1 นกพิราบตัวเต็มวัย

2. แหล่งที่อยู่อาศัยของนกพิราบในระบบนิเวศเมือง

นกพิราบจะอาศัยอยู่ นอน สร้างรัง และวางไข่ตามชายคาอาคาร บ้านเรือนของมนุษย์ สำนักงาน สถานที่ราชการ สถาบันการศึกษา โรงพยาบาล โรงงาน โรงสี วัด ศาสนสถาน เท่านั้น ไม่พบนกพิราบอาศัยอยู่ เกาะคอนนอน สร้างรัง และวางไข่บนต้นไม้เลย ซึ่งต่างจากนกชนิดอื่นที่อาศัยอยู่ในแหล่งที่อยู่เดียวกันกับนกพิราบ เช่น นกเขาใหญ่ นกเอี้ยงสาริกา และนกเอี้ยงหงอน ซึ่งนกเหล่านี้ถึงแม้จะอาศัยอยู่ในแหล่งที่อยู่บริเวณเดียวกันกับนกพิราบก็ตาม แต่ส่วนใหญ่จะเกาะคอนนอน สร้างรัง และวางไข่บนต้นไม้ มีพบบ้างเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่สร้างรังและวางไข่บริเวณชายคาบ้านเรือนของมนุษย์

3. อาหารของนกพิราบ

โดยธรรมชาติแล้ว นกพิราบเป็นนกที่กินเมล็ดธัญพืชเป็นอาหาร เช่น ข้าวเปลือก ข้าวกล้อง ข้าวฟ่าง ข้าวโพด ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่วแดง เมล็ดทานตะวัน ซึ่งถือว่ามีความเฉพาะเจาะจงต่ออาหารที่กิน หรือกินได้แต่อาหารอย่างใดอย่างหนึ่งโดยเฉพาะ (Stenophagous หรือ Specialist) แต่เมื่อเข้ามาอาศัยอยู่ในระบบนิเวศเมืองจะสามารถปรับตัวให้กลายเป็นนกที่กินอาหารได้หลากหลาย ไม่เฉพาะเจาะจงกับอาหารบางประเภท (Euryphagous หรือ Generalist) อาหารที่นกพิราบกินได้นอกเหนือจาก

เมล็ดธัญพืชได้แก่ เศษอาหารเหลือทิ้งตามบ้านเรือน ตลาด กองขยะ (ภาพที่ 2) บางครั้งพบว่ามีผู้นำอาหารมาให้แก่นกพิราบที่อาศัยอยู่บริเวณลานหน้าศาลหลักเมืองลำปางด้วย จากการศึกษาพบว่านกชนิดอื่นที่อาศัยอยู่ในแหล่งที่อยู่เดียวกันกับนกพิราบ เช่น นกเขาใหญ่ นกเอี้ยงสาริกา และนกเอี้ยงหงอน ก็เป็น Euryphagous เช่นกัน



ภาพที่ 2 นกพิราบกินเศษอาหารเหลือทิ้งในเขตชุมชน

4. การจับคู่ผสมพันธุ์ การสร้างรัง วางไข่ และการเลี้ยงลูกนกของนกพิราบ

นกพิราบผสมพันธุ์ได้เกือบตลอดทั้งปี (แต่จะพบมากในช่วงระหว่างเดือนพฤษภาคม – กรกฎาคม) แม่นกจะวางไข่ได้ประมาณทุกๆ 2 เดือน สร้างรังโดยใช้กิ่งไม้ขนาดเล็ก ใบไม้ ใบหญ้า มาวางซ้อนกันอย่างง่ายๆ บริเวณชายคาสิ่งปลูกสร้าง และตามแหล่งที่อยู่อาศัยต่างๆ ลักษณะไข่เป็นรูปรี สีขาว มีขนาดเฉลี่ย 27.8 × 36.9 มิลลิเมตร ในแต่ละรังมีไข่ 2 ฟอง (ภาพที่ 3) โดยนกพิราบตัวผู้และตัวเมียช่วยกันสร้างรังและฟักไข่ ใช้เวลาในการฟักไข่ประมาณ 16 วัน ลูกนกที่เพิ่งฟักออกมาจากไข่เป็นลูกนกประเภท Altricial ยังไม่ลืมตา มีขนปกคลุมตัวห่างๆ (ภาพที่ 4) จึงยังไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ ระยะแรกลูกนกจะถูกกกเพื่อให้ความอบอุ่นโดยพ่อและแม่นก [7] แม่นกจะเลี้ยงลูกโดยการป้อนสารที่มีลักษณะคล้ายน้ำนม (Milk-Like Substance) ที่เรียกว่าน้ำนมนกพิราบ (pigeon’s milk) ให้แก่ลูกนก น้ำนมนกพิราบดังกล่าวนี้คือเซลล์ที่บุกระเพาะพักอาหารของนก (Crop) ซึ่งจะออกมารวมกับเมล็ดธัญพืช มีไขมันสูงถึงร้อยละ 10 มีโปรตีนสูงถึงร้อยละ 23 การสร้างน้ำนมนกพิราบนี้ถูกควบคุมโดยฮอร์โมนโพรแลกติน (Prolactin) ซึ่งเป็นฮอร์โมนชนิดเดียวกับที่ควบคุมการสร้างน้ำนมในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม [8] เมื่อลูกนกโตพอประมาณแล้ว พ่อแม่นกก็จะช่วยกันเลี้ยงลูกโดยหาอาหารชนิดอื่น เช่น เมล็ดธัญพืช มาป้อนลูกจนกระทั่งลูกนกเจริญเติบโต แข็งแรงขึ้น เมื่อเจริญเติบโตพอที่จะหัดบินได้แล้ว (อายุประมาณ 35 วัน) นกพิราบจะหัดบินรอบๆ รังที่อยู่อาศัย (ภาพที่ 5) พ่อแม่นกก็จะหยุดหาอาหารมาป้อน ลูกนกจะต้องหาอาหารกินเอง และจะทิ้งรังไปในที่สุด โดยทั่วไปแล้วลูกนกพิราบจะอยู่ในรังประมาณ 28-30 วัน เมื่ออายุประมาณ 5-6 เดือนนกพิราบจะโตเต็มที่และสามารถจับคู่ผสมพันธุ์ได้ ต่างจากนกชนิดอื่นที่อาศัยอยู่ในระบบนิเวศเดียวกัน เช่น นกเขาใหญ่ นกเอี้ยงสาริกา และนกเอี้ยงหงอน ซึ่งนกเหล่านี้จะมีฤดูผสมพันธุ์ที่แน่นอน กล่าวคือ นกเขาใหญ่มีฤดูผสมพันธุ์อยู่ระหว่างเดือนพฤษภาคม–มิถุนายน นกเอี้ยงสาริกามีฤดูผสมพันธุ์อยู่ระหว่างเดือนมีนาคม–เมษายน และนกเอี้ยงหงอนมีฤดูผสมพันธุ์อยู่ระหว่างเดือนพฤษภาคม–กรกฎาคม



ภาพที่ 3 แสดงลักษณะการสร้างรังและไข่ของนกพิราบในรัง



ภาพที่ 4 นกพิราบอายุประมาณ 3 วัน



ภาพที่ 5 ลูกนกพิราบหัดบิน

จากการศึกษาพบว่านกพิราบสายพันธุ์ *Columba livia* ที่พบในประเทศไทยนั้น เป็นนกที่มีการปรับตัวได้ดีมากเพื่ออาศัยอยู่ในระบบนิเวศเมือง และปรับตัวได้ดีกว่านกชนิดอื่นๆ ที่อาศัยอยู่ในระบบนิเวศเดียวกันอันเนื่องมาจากเหตุผลหลายประการ กล่าวคือ นกพิราบสามารถปรับตัวเพื่อเข้ามาอาศัย เกาะคอนนอน ผสมพันธุ์ สร้างรัง และวางไข่บริเวณชายคาอาคารบ้านเรือนและสิ่งปลูกสร้างของมนุษย์ เข้าใจว่าบริเวณดังกล่าวน่าจะเป็นบริเวณที่ปลอดภัยจากศัตรูและสัตว์ผู้ล่า ไม่พบนกพิราบอาศัย เกาะคอนนอน ผสมพันธุ์ สร้างรัง และวางไข่บนต้นไม้เลย ทั้งที่บริเวณรอบอาคารและสิ่งปลูกสร้างในระบบนิเวศเมืองนั้นจะมีต้นไม้ใหญ่อยู่ล้อมรอบก็ตาม มีบ้างที่บินลงมาเดินจิกอาหารกินบริเวณพื้นที่โล่งหรือสนามหญ้า ต่างจากนกพิราบ Picazuro (*Columba picazuro*) ที่พบในทวีปอเมริกาใต้ ซึ่งก็พบอาศัยอยู่ในระบบนิเวศเมือง หากินบนพื้นที่โล่ง และสามารถผสมพันธุ์ สร้างรัง วางไข่ได้ตลอดทั้งปีเช่นกัน แต่ยังคงอาศัย เกาะคอนนอน สร้างรัง และวางไข่บนต้นไม้ (*Syagrus romanzoffianum*, Palmae) [9] แสดงว่ายังไม่สามารถปรับตัวเพื่อเข้ามาอาศัยอยู่ในระบบนิเวศเมืองได้ดีเท่านกพิราบ *Columba livia* ที่พบในประเทศไทย นอกจากนี้นกพิราบ *Columba livia* ยังต่างจากนกชนิดอื่นที่อาศัยอยู่ในระบบนิเวศเดียวกัน เช่น นกเขาใหญ่ นกเอี้ยงสาริกา และนกเอี้ยงหงอน ซึ่งนกทั้งสามชนิดนี้ส่วนใหญ่พบอาศัย เกาะคอนนอน ผสมพันธุ์ สร้างรัง และวางไข่บนต้นไม้ โดยเฉพาะนกเอี้ยงสาริกาและนกเอี้ยงหงอนซึ่งมักจะพบหากินอยู่บริเวณพื้นที่โล่งหรือสนามหญ้าในช่วงเวลากลางวัน ถ้าพบนกเอี้ยงสาริกาก็มักจะพบนกเอี้ยงหงอนด้วย และตอนพลบค่ำก็จะมาเกาะคอนนอนบนต้นไม้ในบริเวณเดียวกันเป็นฝูง (พบเกาะคอนนอนบนสายไฟฟ้าบ้าง) จนทำให้นกทั้งสองชนิดนี้สามารถสื่อสารด้วยเสียงร้องเข้าใจกันได้ระหว่างชนิด (Interspecific Communication) ในบางความหมายที่สำคัญต่อการดำรงชีวิต เช่น เสียงร้องเตือนภัย (Alarm Call) [10] ในช่วงฤดูผสมพันธุ์สามารถพบนกเหล่านี้เข้ามาสร้างรังและวางไข่บริเวณชายคาบ้านเรือนและสิ่งปลูกสร้างของมนุษย์ได้บ้างแต่ก็ไม่มากนัก ในส่วนของประเภทของอาหารที่กินนั้น เนื่องจากระบบนิเวศเมืองมีแหล่งอาหารที่อุดมสมบูรณ์ จึงทำให้ทั้งนกพิราบและนกชนิดอื่นๆ ที่อาศัยอยู่ในแหล่งที่อยู่เดียวกันต่างก็ปรับตัวเป็น Euryphagous ซึ่งกินอาหารได้หลากหลายประเภท ลักษณะเช่นนี้ทำให้นกไม่ต้องสิ้นเปลืองเวลาและพลังงานในการหาอาหาร ถึงแม้ว่านกเอี้ยงสาริกาและนกเอี้ยงหงอนจะสามารถกินอาหารได้อย่างหลากหลายประเภทเช่นเดียวกับนกพิราบก็ตาม แต่ก็ยังไม่สามารถปรับตัวเพื่อเข้ามาอาศัยอยู่บริเวณอาคาร บ้านเรือน และสิ่งปลูกสร้างของมนุษย์ได้ดีเท่านกพิราบ การที่นกพิราบมีแหล่งที่อยู่ในระบบนิเวศเมืองบริเวณเดียวกับที่อยู่อาศัยของมนุษย์ทำให้ปลอดภัยจากการรบกวนของสัตว์ผู้ล่า รวมทั้งในระบบนิเวศเมืองมีแหล่งอาหารที่อุดมสมบูรณ์สำหรับนกพิราบดังกล่าว ทำให้นกพิราบไม่ต้องสิ้นเปลืองเวลาและพลังงานในการป้องกันตัว หลบภัย และหาอาหาร จึงมีสภาพความสมบูรณ์และความพร้อมของร่างกาย (fitness) สูง และสามารถจับคู่ผสมพันธุ์ได้ตลอดทั้งปี ส่งผลให้มีจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นในระบบนิเวศเมืองอย่างต่อเนื่อง ต่างจากนกชนิดอื่นที่อาศัยอยู่ในแหล่งที่อยู่เดียวกันที่มีฤดูผสมพันธุ์อยู่เฉพาะในบางช่วงของปีเท่านั้น นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่พบว่านกพิราบส่วนใหญ่ที่อาศัยอยู่ในระบบนิเวศเมืองมักจะมีขนสีดำเข้ม อันเนื่องมาจากในขนมีเม็ดสีเมลานิน (Melanin) สะสมอยู่ ยิ่งขนมีสีดำเข้มมากเท่าไหร่ก็ยิ่งจะมีการสะสมของเม็ดสีเมลานินอยู่ในปริมาณมากเท่านั้น ในทางทฤษฎีเม็ดสีเมลานินสามารถรวมตัวกับโลหะหนัก เช่น สังกะสี (Zinc) ได้ ซึ่งนกพิราบมักได้รับโลหะหนักเข้าสู่ร่างกายโดยการปนเปื้อนมากับอาหารและน้ำดื่ม และในที่สุดเม็ดสีเมลานินที่รวมตัวกับโลหะหนักนี้ก็จะไปสะสมอยู่ที่ขนนก เมื่อนกมีการผลัดขนก็เท่ากับว่าเป็นการช่วยกำจัดโลหะหนักออกจากร่างกายด้วย นกพิราบที่มีขนสีดำเข้มมากกว่าจะสามารถสะสมโลหะหนักไว้ในขนได้ในปริมาณที่สูงกว่านกพิราบที่มีขนสีซีดจางกว่า [11] ดังนั้นจึงสรุปได้ว่านกพิราบเป็นนกที่ประสบความสำเร็จในการปรับตัวเพื่ออาศัยอยู่ในระบบนิเวศเมืองอย่างแท้จริง

อย่างไรก็ตาม นกพิราบถือว่าเป็นตัวการหนึ่งที่ทำให้เกิดความสกปรกแก่บ้านเมืองและยังเป็นพาหะของโรคเยื่อหุ้มสมองอักเสบจากเชื้อรา และโรคอื่นๆ อีกหลายโรค การควบคุมจำนวนประชากรของนกพิราบโดยการใช้ยาเบื่อหรือการใช้ตาข่ายดักจับนกอาจได้รับการคัดค้านที่รุนแรงโดยให้เหตุผลว่าเป็นการทรมานสัตว์ ดังนั้นการใช้สมุนไพรช่วยคุมกำเนิดนกพิราบจึงเป็นอีก

ทางเลือกหนึ่ง เช่น การนำผงจากกวาวเครือขาว (*Pueraria mirifica*) ตากแห้งมาผสมกับปลายข้าวสุก แล้วนำไปให้นกพิราบกิน โดยกวาวเครือขาวจะมีผลไปยับยั้งพฤติกรรมการเกี้ยวพาราสี พฤติกรรมการผสมพันธุ์ และการเจริญของอัณฑะในนกพิราบตัวผู้ และยังสามารถยับยั้งการออกไข่โดยการไปยับยั้งการเจริญของฟอลลิเคิลในนกพิราบตัวเมีย [12] นอกจากนี้ยังมีการประดิษฐ์เครื่องไล่นกด้วยแสงเลเซอร์อัตโนมัติ ซึ่งสามารถใช้ในการไล่นกได้เป็นอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากสามารถทำงานซ้ำทุก 10 นาที ทำงานได้จริงและแม่นยำ เมื่อยิงลำแสงไปที่ตัวนกพิราบจะเกิดความร้อนที่ตัวนก ทำให้นกบินหนีไปจากบริเวณนั้น ช่วยลดจำนวนนกพิราบที่เข้ามาอาศัยอยู่บริเวณอาคารบ้านเรือนได้ [13]

สรุป

นกพิราบจะอาศัยอยู่ เกาะคอนนอน สร้างรัง และวางไข่ตามชายคาอาคาร บ้านเรือนของมนุษย์เท่านั้น ไม่พบนกพิราบอาศัยอยู่ เกาะคอนนอน สร้างรัง และวางไข่บนต้นไม้เลย ซึ่งต่างจากนกชนิดอื่นที่อาศัยอยู่ในแหล่งที่อยู่เดียวกันกับนกพิราบ เช่น นกเขาใหญ่ นกเอี้ยงสาริกา และนกเอี้ยงหงอน ซึ่งจะเกาะคอนนอน สร้างรัง และวางไข่บนต้นไม้ มีพบบ้างเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่สร้างรัง วางไข่บริเวณชายคาอาคาร บ้านเรือนของมนุษย์ นกพิราบสามารถปรับตัวให้กลายเป็นนกที่กินอาหารได้หลากหลาย ไม่เฉพาะเจาะจงกับอาหารบางประเภท การที่มีแหล่งที่อยู่ที่ปลอดภัยจากการรบกวนของสัตว์ผู้ล่าและมีแหล่งอาหารที่อุดมสมบูรณ์ ทำให้นกพิราบไม่ต้องสิ้นเปลืองเวลาและพลังงานในการป้องกันตัว หลบภัย และหาอาหาร จึงมีสภาพความสมบูรณ์และความพร้อมของร่างกายสูง และสามารถจับคู่ผสมพันธุ์ได้ตลอดทั้งปี ส่งผลให้มีจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นในระบบนิเวศเมืองอย่างต่อเนื่อง ต่างจากนกชนิดอื่นที่อาศัยอยู่ในแหล่งที่อยู่เดียวกันที่มีฤดูผสมพันธุ์อยู่เฉพาะในบางช่วงของปีเท่านั้น ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่านกพิราบเป็นนกที่ประสบความสำเร็จอย่างแท้จริงในการปรับตัวเพื่ออาศัยอยู่ในระบบนิเวศเมือง

เอกสารอ้างอิง

1. Gill, F. B. Ornithology. 3rd ed. New York: W. H. Freeman and Company; 2007.
2. มงคล ไชยภักดี, วัลยา ไชยภักดี. แนวทางในการป้องกันการรบกวนจากนกพิราบ. ผลงานวิจัย และรายงานความก้าวหน้างานวิจัย ประจำปี 2551 กลุ่มงานวิจัยสัตว์ป่า สำนักอนุรักษ์สัตว์ป่า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช 2552:185 - 194.
3. โอภาส ขอบเขตต์. หนังสือชุด นกในประเทศไทย เล่ม 3. กรุงเทพฯ: สารคดี; 2543.
4. วีระชัย ศักดาจิวะเจริญ. คู่มือการควบคุมนกพิราบในเขตเมืองเพื่อป้องกันไข้หวัดนก. กรุงเทพฯ: ฝ่ายระบาดวิทยาโรคสัตว์ติดคน กองสัตวแพทย์สาธารณสุข สำนักอนามัย กรุงเทพมหานคร; 2550.
5. ธันยาการย์ ศรีวรมาศ, ธารินี ไชยวงศ์. การตรวจหาเชื้อรา *Cryptococcus neoformans* จากมูลนกภายในบริเวณมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 2554;13:14-21.
6. สุพรรณ สุขอรุณ. ระวังอันตรายจากมูลนกพิราบ. จุฬาสัมพันธ์ 2550;50:10-15.
7. สุรกานต์ พยัคฆบุตร. ปักษีวิทยา. กรุงเทพฯ: ดวงกมลพับลิชชิ่ง; 2557.
8. นริทธิ์ สีตะสุวรรณ. พฤติกรรมวิทยา. เชียงใหม่: หน่วยพิมพ์เอกสาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2547.
9. Oniki Y, Willis E.O. Nesting Behavior of The Picazuro Pigeon, *Columba picazuro* (Columbidae, Aves). Rev. Brasil Biol 2000;60:663-666.

10. Jaimipak T, Kamtaeja S, Payakhabutra S, Viruhpintu S. Interspecific Communination Between The Common Myna (*Acridotheres tristis*) and The White-Vented Myna (*Acridotheres grandis*). Journal of Wildlife in Thailand 2018.;25:41-48.
11. Chatelain M, Gasparini J, Jacquin L, Frantz A. The adaptive function of melanin-based plumage coloration to trace metals. Biology Letters 2014;10:1-4.
12. ยุทธนา สมิตะสิริ, สันติ ศักดารัตน์. รูปแบบของสมุนไพรกวาวเครือขาวที่เหมาะสมสำหรับใช้คุมกำเนิดนกพิราบขาว. วารสารเทคโนโลยีสุรนารี 2538;2:89-96.
13. องอาจ ชนะเลิศไพบูลย์, เจษฎา พิบูลย์, ปฏิภาณ ช้างพึ่ง. เครื่องไล่นกด้วยแสงเลเซอร์อัตโนมัติ. รายงานผลการวิจัยแผนกอุตสาหกรรม วิทยาลัยเทคนิคสิงห์บุรี, สิงห์บุรี; 2561.

[BS-P10] ประสิทธิภาพการควบคุมเพลี้ยอ่อน *Lipaphis erysimi* (Kalt.) โดยชีววิธีจากพืชสมุนไพร

Bio-efficacy of Herbal Plants Against Mustard Aphid, *Lipaphis erysimi* (Kalt.)

วันวิสาข์ ลิจ้วน*[1] และ ดวงใจ บุญกุศล[2]
Wanwisa Lijuan* and Duangjai Boonkusol
[1]*สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี*
[2]*สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี*
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: wanwisalij@hotmail.com*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพร 2 ชนิด ได้แก่ มะระขี้นก และบอระเพ็ดในการควบคุมเพลี้ยอ่อนต่อการควบคุมเพลี้ยอ่อนในแปลงปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ในจังหวัดลพบุรี จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดจากมะระขี้นก พบสาร propyl5, 8-diethoxyquinoxaline-2 ,3-dicarboxylate มากที่สุด เท่ากับ 21.46 เปอร์เซ็นต์ และองค์ประกอบสารเคมีของสารสกัดจากบอระเพ็ด พบสาร (23S)-ethylcholest-5-en-3.beta.-ol มากที่สุด เท่ากับ 17.06 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการศึกษาประสิทธิภาพของสมุนไพรที่มีต่อการควบคุมเพลี้ยอ่อน พบว่าสารสกัดบอระเพ็ดในอัตราส่วน 0.5 กรัมน้ำหนักแห้งต่อมิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำ 1 ต่อ 10 มีประสิทธิภาพในการควบคุมเพลี้ยอ่อนในแปลงปลูกพืชระบบไฮโดรโปนิกส์ได้ดีที่สุด นอกจากนี้ผลการศึกษาพบว่าพืชที่ได้รับการฉีดพ่นสารสกัดจากพืชสมุนไพรมีการเจริญเติบโตดีกว่าพืชที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นสารสกัดจากพืชสมุนไพรอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: *เพลี้ยอ่อน, ไฮโดรโปนิกส์, พืชสมุนไพร*

Abstract

This research aims to investigate the chemical composition and to study the effect of *Momordica charantia* L. and *Tinospora crispa* (L.) Hook. f. & Thomson extract in controlling of mustard aphid, *Lipaphis erysimi* (Kalt.). The experiment was conducted in a hydroponics plot in Lopburi province. The results showed that the most major chemical composition of *Momordica charantia* L. and *Tinospora crispa* (L.) Hook. f. & Thomson were propyl 5, 8-diethoxyquinoxaline-2, 3-dicarboxylate (21.46%) and (23S)-ethylcholest-5-en-3.beta.-ol (17.06%), respectively. The extraction solution of *Tinospora crispa* (L.) Hook. f. & Thomson at 0.5 gram dry weight per mL, and by 1 : 10 water dilution showed the highest efficiency against *Lipaphis erysimi* (Kalt.) in hydroponics plot. Moreover, plants treated with herbal plant extracts revealed significantly higher growth than that of untreated plants.

Keywords: *Lipaphis erysimi* (Kalt.)*, hydroponics, herbal plants*

บทนำ

การปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์สามารถพบปัญหาเกี่ยวกับโรคและแมลงได้ ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์มีสภาวะ เช่น อุณหภูมิ ความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อโรค และการแพร่ระบาดของแมลง โดยชนิดของแมลงที่พบระบาดในพืชไฮโดรโปนิกส์ ได้แก่ เพลี้ยอ่อน เพลี้ยไฟ หนอนกระทู้ผัก ด้วงหมัดผัก เป็นต้น เพลี้ยอ่อนจัดอยู่ในวงศ์ Hemiptera อันดับ Aphididae เป็นแมลงศัตรูพืชที่สำคัญชนิดหนึ่ง พบการแพร่ระบาดตลอดทั้งปี เพลี้ยอ่อนที่พบในแถบร้อนและแถบอบอุ่นมีมากกว่า 200 ชนิด ซึ่งชนิดที่สร้างความเสียหายให้กับพืชผักเป็นอย่างมาก คือ เพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kal.) ซึ่งสามารถเข้าทำลายพืชผักได้หลายชนิด เช่น ผักกวางตุ้ง ผักกาดขาว กวางตุ้งฮ่องเต้ ผักคะน้า และผักโขม เป็นต้น [1]

การลดปัญหาการระบาดของเพลี้ยอ่อนที่มีความปลอดภัยและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และลดการใช้สารเคมีที่เป็นอันตรายคือ การควบคุมโดยชีววิธี จากการศึกษารายงานที่เกี่ยวข้องในการควบคุมเพลี้ยอ่อน พบว่า สารสกัดจากเมล็ดสะเดา ใบยาสูบและ ใบรักสามารถนำมาใช้ควบควบคุมเพลี้ยอ่อนได้ [2, 3] นอกจากนี้พบว่า การใช้เชื้อราก่อโรคแมลง เช่น เชื้อรา *Metarhizium anisopliae* สามารถควบคุมเพลี้ยอ่อนผักบนต้นคะน้า ในระบบไฮโดรโปนิกส์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ [4] จากการติดตามโครงการและสำรวจปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงเรือนปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ชุมชนบ้านเขาขวาง อำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี พบว่ามีการระบาดของแมลงศัตรูพืช เช่น ด้วงหมัดผัก เพลี้ยไฟ และเพลี้ยอ่อน เป็นต้น สารสกัดจากพืชสมุนไพรจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชดังกล่าว เพื่อทดแทนการใช้สารเคมี

มะระขี้นก (*Momordica charantia* L.) จัดเป็นพืชในวงศ์ Cucurbitaceae มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาคือ มีสรรพคุณช่วยเจริญอาหารและเป็นยาระบายอ่อนๆ เนื่องจากมีสารแอลคาลอยด์ชนิดโมโมดิซินซึ่งให้รสขม [5] นอกจากนี้พบว่าสารสกัดหยาบด้วยเอทานอลจากผลมะระขี้นกมีฤทธิ์ในการฆ่าแมลงสูง [6] สารสกัดจากใบมะระขี้นกสามารถฆ่าลูกน้ำได้ [7] และมีประสิทธิภาพในการควบคุมด้วงถั่วเขียว [8] สารสกัดจากมะระขี้นกที่ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร) มีประสิทธิภาพในการควบคุมเพลี้ยแป้งมันสำปะหลังได้ดีที่สุด สามารถทำให้เพลี้ยแป้งมันสำปะหลังตายได้ 80.00 เปอร์เซ็นต์ [9] สำหรับบอระเพ็ด (*Tinospora crispa* (L.) Hook. f. & Thomson) ในด้านการเกษตรใช้บอระเพ็ดในการป้องกัน กำจัดเชื้อรา แบคทีเรียได้ดี และยังป้องกันขับไล่แมลงทุกชนิดได้ผลดีมาก โดยนำเถาบอระเพ็ดสด 5 กิโลกรัม มาหั่นและบดให้ละเอียด ผสมน้ำ 12 ลิตร เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำมากรอง แล้วฉีดพ่นเพื่อไล่ศัตรูพืช [10] นอกจากนี้ ยังพบว่า เถาบอระเพ็ดที่สกัดด้วยเอทานอล 95% สามารถทำให้เพลี้ยแป้งแจ๊คเบียดเลย์ตายได้ที่เวลา 24 ชั่วโมง [11]

จากการศึกษารายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าทั้งมะระขี้นก และบอระเพ็ดมีฤทธิ์ในการควบคุมแมลงได้ ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากมะระขี้นก และบอระเพ็ด ที่มีต่อการควบคุมเพลี้ยอ่อน ทดแทนการใช้สารเคมี ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค สิ่งแวดล้อม และสร้างความมั่นคงในกระบวนการผลิตภาคการเกษตรต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมสารสกัดจากพืชสมุนไพร

นำผงบดละเอียดของมะระขี้นก และบอระเพ็ด มาแช่ในตัวทำละลายเอทานอล 95% ในอัตราส่วน พืชสมุนไพร 50 กรัม และ 100 กรัม ต่อเอทานอล 200 มิลลิลิตร ซึ่งจะได้สารสกัดที่มีความเข้มข้นอัตราส่วนสารสกัดต่อตัวทำละลาย 0.25 และ 0.50 กรัมน้ำหนักแห้งต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 (Whatman No. 1) รอนำไปทดสอบ

2. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัด

นำสารสกัดจากพืชสมุนไพรทั้ง 2 ชนิดมาระเหยตัวทำละลาย โดยใช้เครื่องระเหยสารภายใต้ความดันต่ำ (Rotary evaporator) และนำไปทำให้แห้งอีกครั้งด้วยเครื่อง freeze dryer และทำการตรวจวิเคราะห์สารสกัดหยาบด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟีและแมสสเปกโทรเมตรี (Gas chromatography-mass spectrometry) ด้วยเครื่องมือรุ่น Agilent 7890A Gas chromatography ต่อเข้ากับ Mass selective detector รุ่น 5975C โดยใช้คอลัมน์ DB-5 MS 30 m X 0.25 mm ID X 0.25µm ใช้ดีเทคเตอร์เป็น mass spectrometer อุณหภูมิ 280°C ที่ 250°C เป็นเวลา 4 นาที แล้วใช้ 60°C/min จนถึง 300°C ตั้งแต่เวลา 4-70 นาที ทำการระบุชนิดของสารโดยการเทียบค่า Retention time และ Mass spectrum กับค่ามาตรฐานที่บันทึกไว้ใน Wiley Library โดยปริมาณสารที่พบเป็นการเปรียบเทียบ Relative peak area เท่านั้น เนื่องจากไม่มีการฉีดสารมาตรฐานเปรียบเทียบ

3. การเตรียมแปลงทดลอง

ทำการวิจัยในแปลงปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ของเกษตรกรในตำบลเขาขวาง อำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี ปลูกผักกาดฮ่องเต้จำนวน 100-195 ต้นต่อกลุ่มการทดลอง จากนั้นนำเพลี้ยอ่อนที่มีการระบาดตามธรรมชาติ มาทำการระบาดเทียมโดยการใช้พู่กันเขี่ยลงบนผักกาดฮ่องเต้ต้นละ 5-10 ตัว ทิ้งไว้เป็นเวลา 2 วัน จากนั้นทำการนับจำนวนต้นที่มีเพลี้ยอ่อนจำนวนตั้งแต่ 1 – 5 ตัวเกาะอยู่ทั้งบริเวณด้านบน ใต้ใบ และลำต้น ก่อนทำการทดลอง

4. การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพรในการควบคุมเพลี้ยอ่อน

นำพืชสมุนไพรแต่ละชนิด ที่ความเข้มข้นต่างๆ ในอัตราส่วนสารสกัดสารสกัด 100 มิลลิลิตร ต่อน้ำกลั่น 1 ลิตร นำไปฉีดพ่นในแปลงผักไฮโดรโปนิกส์ จากนั้นนับจำนวนต้นที่มีเพลี้ยอ่อนเกาะอยู่ทั้งบริเวณด้านบน ใต้ใบ และลำต้น ในวันที่ 1, 3 และ 5 หลังการฉีดพ่น โดยแบ่งผักกาดฮ่องเต้ออกเป็น 5 กลุ่มๆ ละ 100-195 ต้น ดังนี้

กลุ่มที่ 1 (T0) กลุ่มควบคุม ฉีดพ่นด้วยน้ำเปล่า

กลุ่มที่ 2 (T1) กลุ่มที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยสารสกัดบอระเพ็ดในอัตราส่วน 0.25 กรัมน้ำหนักแห้งต่อมิลลิลิตร

กลุ่มที่ 3 (T2) กลุ่มที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยสารสกัดบอระเพ็ดในอัตราส่วน 0.50 กรัมน้ำหนักแห้งต่อมิลลิลิตร

กลุ่มที่ 4 (T3) กลุ่มที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยสารสกัดมะระขี้นกอัตราส่วน 0.25 กรัมน้ำหนักแห้งต่อมิลลิลิตร

กลุ่มที่ 5 (T4) กลุ่มที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยสารสกัดมะระขี้นกอัตราส่วน 0.50 กรัมน้ำหนักแห้งต่อมิลลิลิตร

5. การศึกษาการเจริญเติบโตของพืช

เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ ลักษณะการเจริญและความผิดปกติของพืช จากนั้นนำผลผลิตที่ได้ไปชั่งน้ำหนักรวมของพืช วัดความยาวราก และนับจำนวนใบของผักกาดฮ่องเต้ นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของพืชสมุนไพร

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดจากมะระขี้นก พบสาร propyl 5, 8-diethoxyquinoxaline-2, 3-dicarboxylate มากที่สุด เท่ากับ 21.46 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ palmitic acid เท่ากับ 10.31 เปอร์เซ็นต์ และ α, β-angelica lactone เท่ากับ 8.08 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1) สำหรับบอระเพ็ด พบสาร (23S)-ethylcholest-5-en-3.beta.-ol มาก

ที่สุด เท่ากับ 17.06 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ cycloleucalenol เท่ากับ 10.91 เปอร์เซ็นต์ และ lupeol เท่ากับ 7.29 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดมะระขี้นก

ลำดับที่	เวลา (นาที)	ชื่อสาร	ปริมาณที่พบ (%)
1	5.064	α,β-Angelica lactone	8.08
2	6.595	-4-hydroxy-2-methyl-2-cyclopentenone	1.98
3	25.838	6-allyl-4,5-dimethoxy-1,3-benzodioxole	0.26
4	31.757	neophytadiene	0.47
5	35.161	palmitic acid	10.31
6	35.663	palmitic acid, ethyl ester	0.62
7	38.332	phytol	4.50
8	39.620	octadecanoic acid	1.73
9	46.710	unknown	1.56
10	55.929	unknown	0.61
11	57.300	vitamin E	0.57
12	58.838	unknown	2.00
13	58.999	unknown	0.23
15	59.788	4-oxa-a-homocholest-5-en-3.xiol	4.21
16	59.964	Dibenzo [A,C] cyclooctene-3,8-diol,5,6,7,8-2,4,10,11,12-pentamethoxy-6,7-dimethly-, stereoisomer	3.99
17	60.183	unknown	0.84
18	60.687	stigmasta-7,25-dien-3-ol	5.80
19	60.935	stigmast-7-en-3-ol	0.25
20	61.278	unknown	0.28
21	61.724	unknown	6.12
22	62.116	unknown	5.43
23	62.325	Vitamin E	0.32
24	62.434	unknown	1.42
25	62.820	unknown	4.81
26	63.490	propyl 5,8-diethoxyquinoxaline-2,3-dicarboxylate	21.46
27	63.584	unknown	3.45

28	64.301	unknown	1.49
29	64.448	unknown	0.21
30	64.663	unknown	1.27
31	66.212	unknown	0.85
32	68.507	unknown	4.53

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดบอระเพ็ด

ลำดับที่	เวลา (นาที)	ชื่อสาร	ปริมาณที่พบ (%)
1	16.420	2-methoxy-4-vinylphenol	1.34
2	19.165	vanillin	2.03
3	20.188	Benzeneethanol,4-hydroxy	1.77
4	29.090	unknown	1.77
5	30.526	unknown	1.17
6	35.018	palmitic acid	4.37
7	35.478	unknown	1.39
8	35.664	palmitic acid, ethyl ester	0.71
9	38.919	(9E,12E)-9,12-octadecadienoic acid	0.98
10	39.094	(9E)-9-octadecenoic acid	2.64
11	39.593	octadecanoic acid	1.19
12	45.218	unknown	2.03
13	48.304	unknown	2.49
14	49.747	3-methoxy-5-phenyltricyclo[8.4.1.0(2,7)] pentadeca-1(14),2(7),3,5,8,1,0,12-heptaen-6-ol	1.55
15	53.049	unknown	5.69
16	53.447	trans-4-methoxy-3-propoxy-b-methyl-b-nitrostyrene	0.65
17	53.64	unknown	1.15
18	54.418	unknown	2.07
19	55.900	12-[acetyl(ethyl)amino]-13,14,15,16,17-pentanorlabdan-8-one	2.45
20	56.162	unknown	0.80
21	57.215	8,8'-diapo-20-hydroxycarotene-8,8'-dial	7.29

22	58.699	ergost-5-en-3-ol	4.77
23	59.104	stigmasterol	4.26
24	59.399	unknown	1.06
25	59.636	A-norcholestan-3-one,5-ethenyl-,(5.beta.)	2.34
26	59.728	unknown	2.47
27	60.079	(23S)-Ethylcholest-5-en-3.beta.-ol	17.06
28	60.648	cycloleucalenol	10.91
29	60.809	lanosta-8,24-dien-3-ol	0.72
30	60.917	lupenone	0.86
31	61.015	3.alpha.h-2'-oxofurano[2,3]cholestan-5.alpha.-ol	2.82
32	61.407	lupeol	7.23

2. การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพรในการควบคุมเพลี้ยอ่อน

การศึกษาประสิทธิภาพของพืชสมุนไพรในการควบคุมเพลี้ยอ่อน ทำการปลูกผักกาดฮ่องเต้แบบไฮโดรโปนิกส์ ผลการศึกษา พบว่า กลุ่มที่ 1 (T0) กลุ่มควบคุม ฉีดพ่นด้วยน้ำเปล่า มีเพลี้ยอ่อนเกาะอยู่ทุกต้น เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์กลุ่มที่ 2 (T1) กลุ่มที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยสารสกัดบอระเพ็ดในอัตราส่วน 0.25 กรัมน้ำหนักแห้งต่อมิลลิลิตร ในวันเริ่มการทดลอง พบการระบาดของเพลี้ยอ่อน เท่ากับ 13 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อฉีดพ่นสารสกัด พบต้นที่มีเพลี้ยอ่อนเกาะอยู่ที่เวลา 1, 3, และ 5 วัน เท่ากับ 30, 7 และ 5 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับกลุ่มที่ 3 (T2) กลุ่มที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยสารสกัดบอระเพ็ดในอัตราส่วน 0.50 กรัมน้ำหนักแห้งต่อมิลลิลิตร ในวันเริ่มการทดลอง พบการระบาดของเพลี้ยอ่อน เท่ากับ 52 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อฉีดพ่นสารสกัด พบต้นที่มีเพลี้ยอ่อนเกาะอยู่ที่เวลา 1, 3, และ 5 วัน เท่ากับ 31, 10 และ 0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ กลุ่มที่ 4 (T3) กลุ่มที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยสารสกัดมะระขี้นกอัตราส่วน 0.25 กรัมน้ำหนักแห้งต่อมิลลิลิตร ในวันเริ่มการทดลอง พบการระบาดของเพลี้ยอ่อน เท่ากับ 67 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อฉีดพ่นสารสกัด พบต้นที่มีเพลี้ยอ่อนเกาะอยู่ที่เวลา 1, 3, และ 5 วัน เท่ากับ 5, 0 และ 4 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ กลุ่มที่ 5 (T4) กลุ่มที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยสารสกัดมะระขี้นกอัตราส่วน 0.50 กรัมน้ำหนักแห้งต่อมิลลิลิตร วันเริ่มการทดลอง พบการระบาดของเพลี้ยอ่อน เท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อฉีดพ่นสารสกัด พบต้นที่มีเพลี้ยอ่อนเกาะอยู่ที่เวลา 1, 3, และ 5 วัน เท่ากับ 10, 6 และ 16 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 3) จากผลการทดลองพบว่า สารสกัดบอระเพ็ดในอัตราส่วน 0.50 กรัมน้ำหนักแห้งต่อมิลลิลิตร มีประสิทธิภาพในการควบคุมเพลี้ยอ่อนได้ดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่พบว่าสารสกัดบอระเพ็ดด้วยเอทานอล 95% ที่ความเข้มข้น 10% สามารถทำให้เพลี้ยแป้งแจ๊ดเบียดเลย์ตายได้ 77.77 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 24 ชั่วโมง[11] ข้อสังเกตเพิ่มเติมพบว่าหลังจาก 5 วัน ประสิทธิภาพในการควบคุมเพลี้ยอ่อนของสารสกัดบอระเพ็ดในอัตราส่วน 0.50 กรัมน้ำหนักแห้งต่อมิลลิลิตรมีประสิทธิภาพลดลง โดยมีการพบเพลี้ยอ่อนที่ต้นพืชอีก และสารสกัดพืชสมุนไพรทั้ง 2 ชนิดที่ทุกความเข้มข้นไม่สามารถควบคุมเพลี้ยอ่อนที่มีการระบาดเกิน 10 ตัวต่อต้นได้ ดังนั้นจึงควรใช้เพื่อเป็นการควบคุมเบื้องต้นก่อนที่จะมีการระบาดของเพลี้ยอ่อนเป็นระยะๆ อย่างน้อยทุก 5 วัน

ตารางที่ 3 เปอร์เซ็นต์การพบเพลี้ยอ่อนในผักกาดฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์

กลุ่มการทดลอง/ วัน	การพบเพลี้ยอ่อนในผักกาดฮ่องเต้ที่เวลาต่างๆ (เปอร์เซ็นต์)			
	0	1	3	5
T0	100	100	100	100
T1	13	30	7	5
T2	52	31	10	0
T3	67	5	0	4
T4	10	10	6	16

3. **การศึกษาการเจริญเติบโตของพืช**

การศึกษาการเจริญเติบโตของผักกาดฮ่องเต้หลังจากฉีดพ่นสารสกัดที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่เวลา 5 วัน ในด้านน้ำหนักเฉลี่ยต่อต้น และจำนวนใบ พบว่า กลุ่มที่ 1 (T0) กลุ่มควบคุม ฉีดพ่นด้วยน้ำเปล่า มีน้ำหนักเฉลี่ยและจำนวนใบน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และกลุ่มที่ 2 (T1) ที่ได้รับการฉีดพ่นด้วยสารสกัดบอระเพ็ดในอัตราส่วน 0.25 กรัมน้ำหนักแห้งต่อมิลลิลิตร มีน้ำหนักเฉลี่ย และจำนวนใบมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับความยาวราก พบว่า ทั้ง 5 กลุ่มการทดลองมีความยาวรากไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 4 จากผลการศึกษาพบว่า พืชที่ได้รับการฉีดพ่นสารสกัดจากพืชสมุนไพรจะมีการเจริญเติบโตดีกว่าพืชที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นสารสกัดจากพืชสมุนไพร อาจเนื่องมาจากสมุนไพรสามารถช่วยขับไล่แมลงศัตรูพืชได้ จึงทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสมุนไพรในอัตราส่วนที่เหมาะสมจะไม่ส่งผลต่อสารละลายธาตุอาหาร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่พบว่าสารสกัดเอทานอลของดอกดาวเรืองที่ความเข้มข้นในช่วง 0.3-0.4 mg/ml สามารถเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตในด้านความสูง และสามารถเร่งรากของผักกาดหอมได้ 3 เท่า เมื่อเทียบกับตัวควบคุม[12] นอกจากนี้พบว่าสารสกัดจากหางไหลสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Alternaria* sp. ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคใบจุดของผักกาดหอมในโรงเรือนไฮโดรโปนิกส์ได้[13]

ตารางที่ 4 การเจริญเติบโตของผักกาดฮ่องเต้

กลุ่มการทดลอง	การเจริญเติบโตของผักกาดฮ่องเต้		
	น้ำหนักสดเฉลี่ยต่อต้น (กรัม)	ความยาวราก (เซนติเมตร)	จำนวนใบ (ใบ)
T0	6^{a}	25^{a}	6^{a}
T1	21^{c}	28^{a}	10^{b}
T2	12^{b}	23^{a}	9^{b}
T3	12^{b}	18^{a}	8^{b}
T4	14^{b}	23^{a}	9^{b}

$^{a, b \text{ และ } c}$ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

สรุป

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดจากมะระขี้นก พบสาร propyl 5, 8-diethoxyquinoxaline-2, 3-dicarboxylate มากที่สุด เท่ากับ 21.46 เปอร์เซ็นต์ และองค์ประกอบทางเคมีของสารบอระเพ็ด พบสาร (23S)-ethylcholest-5-en-3.beta.-ol มากที่สุด เท่ากับ 17.06 เปอร์เซ็นต์ โดยสารสกัดบอระเพ็ดในอัตราส่วน 0.50 กรัมน้ำหนักแห้งต่อมิลลิลิตร มีประสิทธิภาพในการควบคุมเพลี้ยอ่อนได้ดีที่สุด และพืชที่ได้รับการฉีดพ่นสารสกัดจากพืชสมุนไพรจะมีการเจริญเติบโตดีกว่าพืชที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นสารสกัดจากพืชสมุนไพร

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้ และขอขอบคุณโรงเรือนปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ชุมชนบ้านเขาขวาง อำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการดำเนินการวิจัย ทำให้การวิจัยครั้งนี้ลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. กนกกาญจน์ ตลึงผล. การควบคุมเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (Hemiptera: Aphididae) ในการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ด้วยเชื้อราโรคแมลง *Metarhizium anisopliae* PSUM04 และ *Beauveri abassiana* PSUB01. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชากีฏวิทยา, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา; 2560.
2. Singh, H.N. and Singh, B.K. Bio-efficacy of some botanicals against the mustard aphis, *Lipaphis erysimi* (Kalt.). Proc. Zool. Soc. India 2016; 15(1) : 43 – 7.
3. Arya, H., Singh, B.R. and Singh, K. Insecticidal activity of *Calotropis procera* leaves against mustard aphid *Lipaphis erysimi* (Kalt) and its natural predator *Coccinella septempunctata* (Linn). Research Journal of Chemical and Environmental Sciences 2016; 4 (5): 53-5.
4. กนกกาญจน์ ตลึงผล และนริศ ท้าวจันทร์. การใช้เชื้อรา *Metarhizium anisopliae* PSUM04 ควบคุมเพลี้ยอ่อนผัก *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (Hemiptera: Aphididae) ในผักคะน้าระบบไฮโดรโปนิกส์. แก่นเกษตร (พิเศษ) 2557;42(3): 634-8.
5. ทวีทอง หงส์วิวัฒน์. สารานุกรมผัก. กรุงเทพฯ : แสงแดด : 2545.
6. ทิติยา จิตติหรรษา และณรงค์ สามงามนิ่ม. การศึกษาผลของสารสกัดหยาบจากพืชบางชนิดต่อการตายและต่อพฤติกรรมการกินอาหารของเพลี้ยจักจั่นสีเขียว. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 372542: 70-7.
7. Singh,R.K., Dhiman, R.C. and Mittal, P.K. Mosquito lavacidal properties of *Momordica charantia* Linn (Family: Cucurbitaceae). J VectBrorne Dis 2006; 43: 88-91.
8. Adesina, J. M., Afolabi, L. A. and Ofuya, T, I. Evaluation of insecticidal properties of *Momordica charantia* in reducing oviposition and seed damaged by *Callosobruchus maculates* (Fab.) Walp. Journal of Agricultural Technology. 2012; 8(2):493-499.
9. วันวิสาข์ ลิจ้วน. ประสิทธิภาพของการใช้สมุนไพรในการควบคุมเพลี้ยแป้งมันสำปะหลัง. การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยกลุ่มราชภัฏกลุ่มศรีอยุธยา ครั้งที่ 7 วันที่ 7-8 กรกฎาคม 2559 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา2559.

10. ศุภวรรณ เคี่ยนเมธี, ภัสรา ชวประดิษฐ์ และ อำพร เนติกรม. สมุนไพรเพื่อการเกษตร. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด; 2546.
11. ไอลดา ใจสมัคร และกาญจน์ คุ้มทรัพย์. ประสิทธิภาพสารสกัดเอทานอลจากพืชสมุนไพรกำจัดเพลี้ยแป้งแจ๊คเบียดเลย์. แก่นเกษตร. 42(พิเศษ1) 2557; 524-9.
12. กาญจนา วงศ์กระจ่าง และอรุณ จันทร์คา. ผลของสารสกัดเอทานอลของดอกดาวเรืองต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม. วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ 2560; 9 (9): 97 -111.
13. วิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก และรัตนาภรณ์ นครไธสง. การศึกษาการป้องกันกำจัดโรคใบจุดของผักกาดหอมในระบบการปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์ด้วยสารสกัดสมุนไพร. วารสารนเรศวรพะเยา 2557; 7(2): 131-6.

[BS-P11] รูปแบบและฤทธิ์การต้านเชื้อราของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ผลิตด้วยไคติเนสจากข้าวฟ่าง เคยู 630

Patterns and Antifungal Activity of Chitooligosaccharides Produced by Chitinase from *Sorghum vulgare* Pers KU 630

พัชราวรรณ ป้องกัน และ มานะ ขาวเมฆ*
Patcharawan Pongkan and Mana Kaomek*
หลักสูตรเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: mana@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษารูปแบบและฤทธิ์การต้านเชื้อราของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ผลิตจากเอนไซม์ไคติเนสของต้นอ่อนข้าวฟ่าง เคยู 630 อายุ 1 สัปดาห์ที่สกัดด้วย 0.1 โมลาร์ โซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ พีเอช 3.0 ใน 1 เปอร์เซ็นต์ คอลลอยด์ไอดอลไคติน พบว่ามีค่ากิจกรรมเท่ากับ 0.0348 ยูนิตต่อมิลลิลิตร ปริมาณโปรตีนเท่ากับ 5.7012 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และค่ากิจกรรมจำเพาะเท่ากับ 0.0061 ยูนิตต่อมิลลิกรัม พีเอชและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาคือ พีเอช 3.0 และอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์จากการย่อย 1 เปอร์เซ็นต์ของคอลลอยด์ไอดอลไคตินที่ใช้เวลาบ่ม 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง มีไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ขนาดโมเลกุลเล็กกว่า GlcNAc และมีขนาดโมเลกุล $(GlcNAc)_3$, $(GlcNAc)_4$ และ $(GlcNAc)_5$ เหมือนกันในการบ่มทุกช่วงเวลา เมื่อนำไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากการบ่มช่วงเวลาต่าง ๆ มาทดสอบการยับยั้งเชื้อราพบว่า สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ 4 ชนิด คือ *Bipolaris oryzae, Curvularia lunata*, *Magnaporthe oryzae* และ *Setosphaeria oryzae* แต่ไม่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Rhizopus oligosporus*

คำสำคัญ: *ไคติเนส, ข้าวฟ่าง เคยู 630, ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์, ฤทธิ์การต้านเชื้อรา*

Abstract

This research was to study the chitinase extracted from 1 week old germinated of *Sorghum vulgare* Pers KU 630 with 0.1 M sodium acetate buffer pH 3.0 in 1 % of colloidal chitin. It had activity, protein and specific activity of 0.0348 unit/ml, 5.7012 mg/ml, and 0.0061 unit/mg, respectively. The pH and temperature optimum for the catalyst were 3.0 and 65 ° C, respectively. Chitooligosaccharides from 1 % hydrolysis colloidal chitin that was cured for 30 min, 1 h, 2 h, and 4 h. They were found smaller than GlcNAc, $(GlcNAc)_3$, $(GlcNAc)_4$ and $(GlcNAc)_5$ in the same time interval. Chitooligosaccharides could inhibit the growth of 4 fungal species, *Bipolaris oryzae*, *Curvularia lunata*, *Magnaporthe oryzae* and *Setosphaeria oryzae* but they could not inhibit the growth of *Rhizopus oligosporus*.

Keywords: *Chitinase, Sorghum vulgare Pers KU 630, Chitooligosaccharides, Antifungal Activity*

บทนำ

ไคตินเป็นพอลิเมอร์ที่ไม่ละลายน้ำ มีหน่วยย่อยเป็นเอ็นอะซิติลดีกลูโคซามีน (GlcNAc) ที่เชื่อมต่อด้วยพันธะเบตา 1,4 ไกลโคซิดิก พบในธรรมชาติมากเป็นลำดับสองรองจากเซลลูโลส มีโครงสร้าง ของผลึกที่แข็งแรงของสัตว์ที่ไม่มีกระดูดสันหลัง เช่น แมลง ปู กุ้ง และพบในผนังเซลล์ของเชื้อราและยีสต์ ไคตินใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบในการผลิตสารทางการแพทย์ สารอาหารชนิดต่าง ๆ และเครื่องสำอาง [1]

ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์เป็นพอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยมอโนแซคคาไรด์ตั้งแต่ 2-10 โมเลกุล เชื่อมต่อด้วยพันธะเบตา 1,4 ไกลโคซิดิก ของเอ็นอะซิติลดีกลูโคซามีนและกลูโคซามีน ซึ่งเป็นสายน้ำตาลที่เกิดจากการย่อยสลายไคตินและไคโตซานด้วยปฏิกิริยาเคมีโดยใช้กรดหรือการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์กลุ่มไคติโนไลติก เช่น ไคติเนสและไคโตซาเนส ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์สามารถผลิตได้โดยใช้ไคตินหรือไคโตซานเป็นสารตั้งต้นของเอนไซม์ไคติเนสและไคโตซาเนสที่พบในพืชหลายชนิด เช่น ยาสูบ องุ่น และข้าว [2] คุณสมบัติที่สำคัญของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์คือ สามารถละลายน้ำได้และมีประสิทธิภาพการดูดซึมได้มากกว่าไคตินและไคโตซานที่มีข้อจำกัดของการละลายในกรดอ่อนและมีความหนืดมาก ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์จึงมีมูลค่าสูงกว่าไคตินและไคโตซาน ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์เป็นอนุพันธ์หนึ่งของไคตินและไคโตซาน สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน เช่น การเป็นสารยับยั้งแบคทีเรียในอาหาร สารต้านอนุมูลอิสระ สารต้านมะเร็ง และยังมีฤทธิ์ในการสร้างภูมิต้านทาน [3] และจากรายงานการวิจัยของพูนศุข ศรีโยธา [4] มีการตรวจหาไคติเนสจากเมล็ดพืชไทยจำนวน 80 ชนิด พบว่า เมล็ดพืชจำนวน 37 ชนิด มีเอนไซม์ไคติเนส โดยข้าวฟ่าง เคยู 630 เป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีค่ากิจกรรมจำเพาะสูง

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากการย่อยของเอนไซม์ไคติเนสจากต้นอ่อนข้าวฟ่าง เคยู 630 อายุ 1 สัปดาห์ มาศึกษารูปแบบไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากเอนไซม์ไคติเนสจากต้นอ่อนข้าวฟ่าง เคยู 630 และทดสอบยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา

วิธีดำเนินการวิจัย

1. สกัดเอนไซม์ไคติเนสจากต้นอ่อนของข้าวฟ่าง เคยู 630 ที่มีอายุ 1 สัปดาห์ ด้วยวิธีของบอลเลอร์และคณะ [5] โดยนำต้นอ่อนมาบด เติมโซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์เข้มข้น 0.1 โมลาร์ พีเอช 3.0 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ที่มีฟีนิลเมธิลซัลโฟนิลฟลูออไรด์เข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ และพอลิไวนิลพอลิไพโรลิดอล เข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 25,000 g เป็นเวลา 30 นาที จะได้สารละลายของสารสกัดไคติเนส

2. หาค่ากิจกรรมของไคติเนสด้วยวิธีของบอลเลอร์และคณะ [5] โดยนำสารสกัดไคติเนส 200 ไมโครลิตรผสมกับคอยลอยด์ไอดอลไคตินเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ [6] ในโซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์เข้มข้น 0.1 โมลาร์ พีเอช 3.0 ปริมาตร 800 ไมโครลิตร บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที นำของผสมปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 5,000 g เป็นเวลา 10 นาที นำสารละลายใส 500 ไมโครลิตร มาเติม 0.8 โมลาร์โซเดียมเตตระบอเรต ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ต้มในน้ำเดือด 3 นาที เติมสารละลายพาราไดเมธิลอะมิโนเบนซัลดีไฮด์ ปริมาตร 3 มิลลิลิตร บ่มในอ่างน้ำที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที วัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 585 นาโนเมตร เทียบกับกราฟมาตรฐานเอ็นอะซิติลกลูโคซามีน

3. หาปริมาณโปรตีนด้วยวิธีของเลาว์รีและคณะ [7] โดยนำสารสกัดไคติเนสมา 10 ไมโครลิตร ปรับปริมาตรเป็น 500 ไมโครลิตร ด้วยโซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์พีเอช 3.0 เติมสารละลายผสมคอปเปอร์ซัลเฟต 2.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 10 นาที เติมสารละลาย 50 เปอร์เซ็นต์ โฟลินปริมาตร 250 ไมโครลิตร เขย่าและตั้งทิ้งไว้ 30 นาที วัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร เทียบกับกราฟมาตรฐานของโปรตีนโบไวน์ซีรัมอัลบูมิน (BSA)

4. ศึกษาผลของพีเอชและอุณหภูมิต่อการเร่งปฏิกิริยาด้วยวิธีของโกโมริ [8]

4.1 ศึกษาค่ากิจกรรมในช่วงพีเอช 3.0-10 (ช่วงต่าง 0.5) โดยพีเอชช่วง 3.0-6.0 ใช้โซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ ช่วงพีเอช 6.5-8.0 ใช้ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ และช่วงพีเอช 8.5-10 ใช้ทริสไฮโดรคลอริก เข้มข้น 0.1 โมลาร์ บ่มที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที

4.2 ศึกษาค่ากิจกรรมที่อุณหภูมิ 30-80 องศาเซลเซียส (ช่วงต่าง 5 องศาเซลเซียส) โดยใช้อะซิเตตบัฟเฟอร์พีเอช 3.0 บ่มที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 20 นาที

5. เตรียมไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ด้วยวิธีของมิลเลอร์ [9] โดยผสมคอยลอยด์ไอดอลไคตินเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 800 ไมโครลิตรกับสารสกัดไคติเนส 200 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง นำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 3 นาที และนำของผสมปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 5,000 g เป็นเวลา 10 นาที จะได้สารละลายไคโตโอลิโกแซคคาไรด์

6. ตรวจสอบรูปแบบไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ด้วยวิธีของเพานิบและไลซ์คีวิกซี [10] โดยสปอตสารละลายไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ จำนวน 4 จุด และสารมาตรฐานไคโตโอลิโกแซคคาไรด์อีก 1 จุด โดยใช้ตัวทำละลายเป็นโพรพานอล : น้ำ : แอมโมเนีย 70:30:1 และทำให้เกิดสีโดยสเปร์ยสารผสมของอะนิลีนบนแผ่น TLC ให้ความร้อนที่ 145 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที หาค่า Rf เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน COS

7. ศึกษาการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราด้วยวิธีของทรีพาธีและดูเบย์ [11] โดยตัดเชื้อราและนำมาเลี้ยงในจานเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน วางกระดาษกรองรูปวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 มิลลิเมตร รอบเชื้อราที่เลี้ยงไว้ 4 จุด โดย C คือ บัฟเฟอร์ 1 และ 2 คือ อัตราส่วนปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ เท่ากับ 1:2, 1:1 ตามลำดับ และ 3 คือ COS โดยใช้ C, 1, 2 และ 3 อย่างละ 50 ไมโครลิตร บ่มที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน สังเกตการณ์การยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา

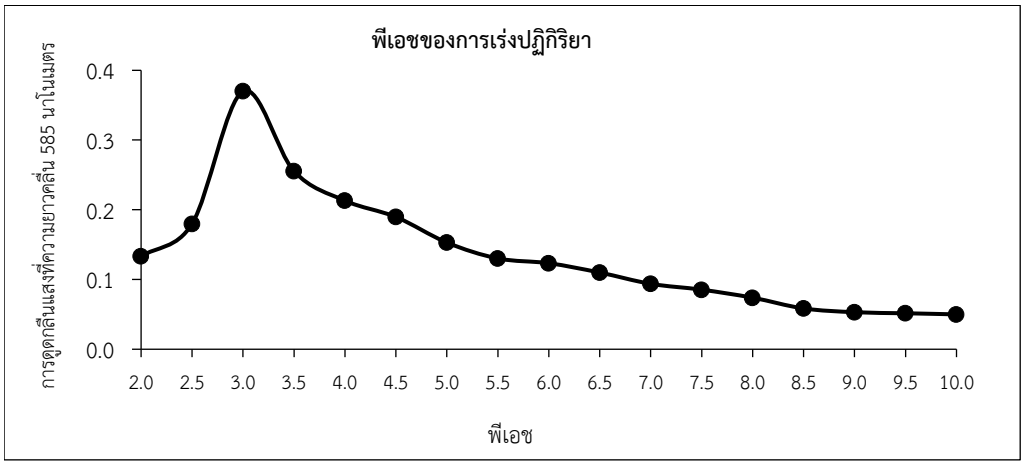
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. การหาค่ากิจกรรม ปริมาณโปรตีน และค่ากิจกรรมจำเพาะ

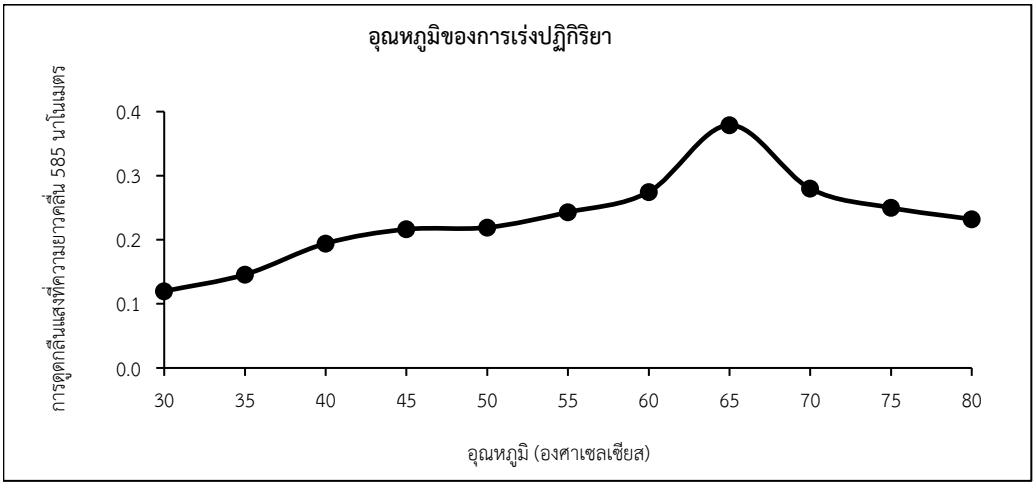
เอนไซม์ไคติเนสที่สกัดจากต้นอ่อนข้าวฟ่าง เคยู 630 อายุ 1 สัปดาห์ ด้วย 0.1 โมลาร์ โซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ พีเอช 3.0 พบว่ามีค่ากิจกรรมเท่ากับ 0.0348 ยูนิต/มิลลิลิตร ปริมาณโปรตีนเท่ากับ 5.7012 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร และเมื่อนำค่ากิจกรรมและปริมาณโปรตีนมาคำนวณค่ากิจกรรมจำเพาะ พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.0061 ยูนิต/มิลลิกรัมโปรตีน ตามลำดับ

2. การศึกษาพีเอชและอุณหภูมิต่อการเร่งปฏิกิริยา

เมื่อนำไคติเนสจากต้นอ่อนข้าวฟ่าง เคยู 630 อายุ 1 สัปดาห์ มาหาค่ากิจกรรมในการเร่งปฏิกิริยาที่พีเอช 3.0-10.0 พบว่าพีเอชที่ไคติเนสเร่งปฏิกิริยาได้ดีที่สุดเท่ากับ 3.0 ดังภาพที่ 1 และเมื่อหาค่ากิจกรรมในการเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 30-80 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิที่ไคติเนสเร่งปฏิกิริยาได้ดีที่สุดเท่ากับ 65 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 2



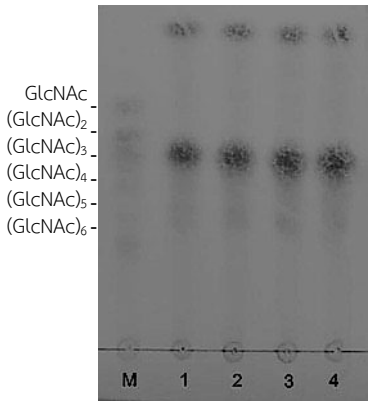
ภาพที่ 1 กราฟแสดงการเร่งปฏิกิริยาของไคติเนสในช่วงพีเอช 3.0 -10.0



ภาพที่ 2 กราฟแสดงการเร่งปฏิกิริยาของไคติเนสในช่วงอุณหภูมิ 30 –80 องศาเซลเซียส

3. การหารูปแบบของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (COS)

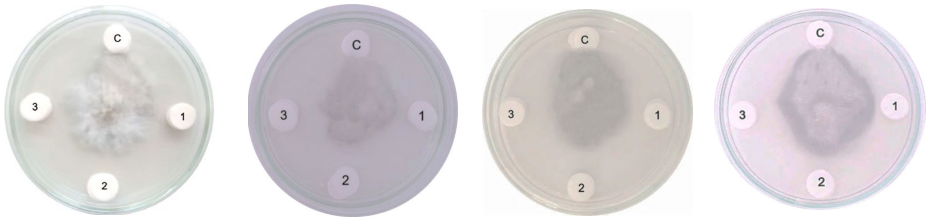
เมื่อนำไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากการสลายด้วยไคติเนสที่อุณหภูมิและพีเอชที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาคือ 65 องศาเซลเซียส พีเอช 3.0 ตามลำดับ มาศึกษารูปแบบด้วย TLC พบว่า เวลาที่ใช้ในการบ่ม 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง จะได้ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่มีขนาดโมเลกุลที่เล็กกว่า GlcNAc, และโมเลกุลของ $(GlcNAc)_3$, $(GlcNAc)_4$ และ $(GlcNAc)_5$ เหมือนกันในการบ่มทุกช่วงเวลา ดังภาพที่ 3 และเมื่อเปรียบเทียบไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากไคติเนสจากแหล่งต่าง ๆ จะมีรูปแบบต่างกัน เช่น ไคตินเนสจากแบคทีเรีย *S. marcescens* PRNK-1 จะมีรูปแบบเป็น $(GlcNAc)_{1-4}$ และเมื่อใช้เวลาในการบ่มเพิ่มขึ้นจะทำให้ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์มีขนาดเล็กลงเป็น GlcNAc และ $(GlcNAc)_2$ [12]



ภาพที่ 3 รูปแบบของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากการสลายคอลลอยด์ไอดอลไคตินที่ 65 องศาเซลเซียส พีเอช 3.0 เวลาที่ใช้บ่มต่างกัน M: สารมาตรฐานไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ขนาด 1-6 โมเลกุล ($(GlcNAc)_{1-6}$), 1: ใช้เวลาบ่ม 30 นาที 2: ใช้เวลาบ่ม 1 ชั่วโมง 3: ใช้เวลาบ่ม 2 ชั่วโมง และ 4: ใช้เวลาบ่ม 4 ชั่วโมง

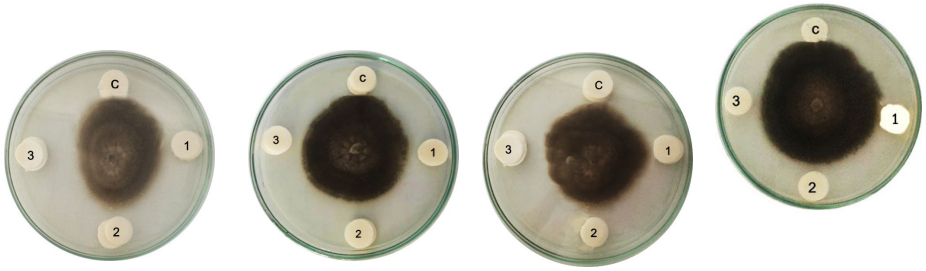
4. การศึกษาการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา

COS ที่ได้จากการสลายด้วยไคติเนสที่เวลาในการบ่มต่าง ๆ สามารถยับยั้งได้ 4 ชนิดจากเชื้อรา 5 ชนิด คือ *Bipolaris oryzae*, *Curvularia lunata*, *Magnaporthe oryzae* และ *Setosphaeria oryzae* ที่อัตราส่วนปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ เท่ากับ 1:2 และ 1:1 แต่ไม่สามารถยับยั้ง *Rhizopus oligosporus* ดังตารางที่ 1 และภาพที่ 4-8 สำหรับ COS ไม่สามารถยับยั้งเชื้อราได้ อาจเนื่องจากมีความเข้มข้นไม่เพียงพอ และโครงสร้างของเชื้อราแต่ละชนิดมีส่วนประกอบของผนังเซลล์ที่เป็นไคตินและไคโตซานต่างกัน



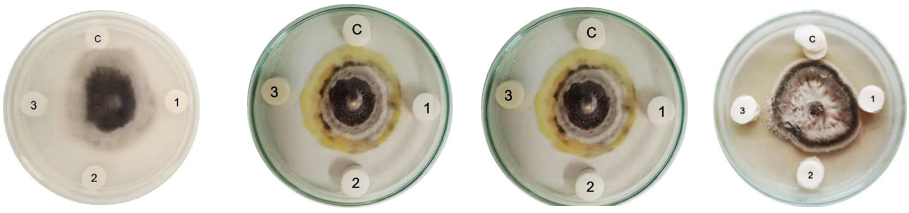
ก ข ค ง

ภาพที่ 4 การยับยั้งเชื้อรา *Bipolaris oryzae* ด้วย COS ที่ได้จากการบ่มช่วงเวลาต่าง ๆ ก. 30 นาที, ข. 1 ชั่วโมง, ค. 2 ชั่วโมง, ง. 4 ชั่วโมง และ c คือ บัฟเฟอร์, 1 คือ ปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ = 1:2, 2 คือ ปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ 1:1, 3 คือ COS



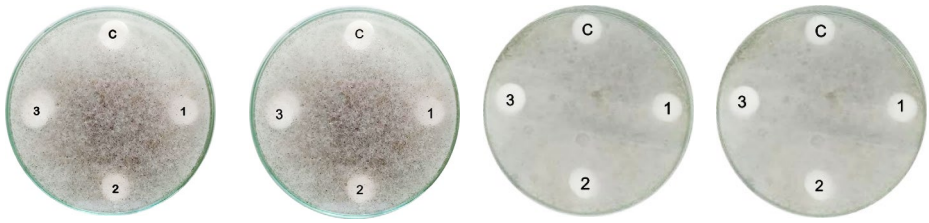
ก ข ค ง

ภาพที่ 5 การยับยั้งเชื้อรา *Curvularia lunata* ด้วย COS ที่ได้จากการบ่มช่วงเวลาต่าง ๆ ก. 30 นาที, ข. 1 ชั่วโมง, ค. 2 ชั่วโมง, ง. 4 ชั่วโมง และ c คือ บัฟเฟอร์, 1 คือ ปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ = 1:2, 2 คือ ปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ 1:1, 3 คือ COS



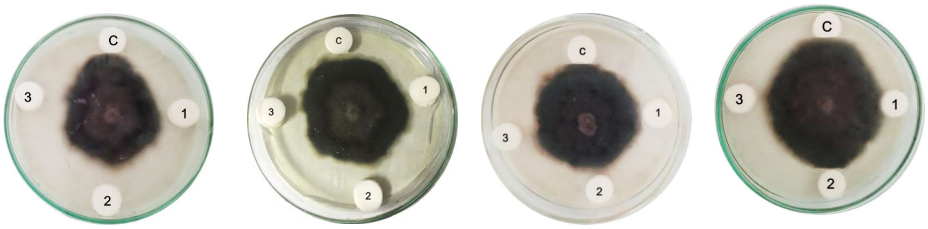
ก ข ค ง

ภาพที่ 6 การยับยั้งเชื้อรา *Magnaporthe oryzae* ด้วย COS ที่ได้จากการบ่มช่วงเวลาต่าง ๆ ก. 30 นาที, ข. 1 ชั่วโมง, ค. 2 ชั่วโมง, ง. 4 ชั่วโมง และ c คือ บัฟเฟอร์, 1 คือ ปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ = 1:2, 2 คือ ปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ 1:1, 3 คือ COS



ก ข ค ง

ภาพที่ 7 การยับยั้งเชื้อรา *Rhizopus oligosporus* ด้วย COS ที่ได้จากการบ่มช่วงเวลาต่าง ๆ ก. 30 นาที, ข. 1 ชั่วโมง, ค. 2 ชั่วโมง, ง. 4 ชั่วโมง และ c คือ บัฟเฟอร์, 1 คือ ปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ = 1:2, 2 คือ ปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ 1:1, 3 คือ COS



ก ข ค ง

ภาพที่ 8 การยับยั้งเชื้อรา *Setosphaeria oryzae* ด้วย COS ที่ได้จากการบ่มช่วงเวลาต่าง ๆ ก. 30 นาที, ข. 1 ชั่วโมง, ค. 2 ชั่วโมง, ง. 4 ชั่วโมง และ c คือ บัฟเฟอร์, 1 คือ ปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ = 1:2, 2 คือ ปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ 1:1, 3 คือ COS

ตารางที่ 1 การยับยั้งเชื้อราของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ใช้เวลาในการบ่มต่าง ๆ

เชื้อรา	เวลา/ปริมาตรไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ : บัฟเฟอร์											
	30 นาที			1 ชั่วโมง			2 ชั่วโมง			4 ชั่วโมง		
	1:2	1:1	COS	1:2	1:1	COS	1:2	1:1	COS	1:2	1:1	COS
Bipolaris oryzae	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Curvularia lunata	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Magnaporthe oryzae	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Rhizopus oligosporus	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Setosphaeria oryzae	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

เมื่อเปรียบเทียบการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราด้วยไคโตโอลิโกแซคคาไรด์จากไคติเนสแต่ละแหล่งก็จะแตกต่างกันตามชนิดของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ โดยไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่เป็นเฮกซะเมอร์และเฮปตะเมอร์จะยับยั้งเชื้อราได้ดี [13]

สรุป

เอนไซม์ไคติเนสที่สกัดจากต้นอ่อนข้าวฟ่าง เคยู 630 อายุ 1 สัปดาห์ ด้วย 0.1 โมลาร์ ของโซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์พีเอช 3.0 พบว่ามีค่ากิจกรรมเท่ากับ 0.0348 ยูนิตต่อมิลลิลิตร ปริมาณโปรตีนเท่ากับ 5.7012 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และค่ากิจกรรมจำเพาะเท่ากับ 0.0061 ยูนิตต่อมิลลิกรัม พีเอชและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาคือ พีเอช 3.0 และ 65 องศาเซลเซียสตามลำดับ ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้

จากการย่อย 1 เปอร์เซ็นต์ คอลลอยด์ไอดอลไคตินที่ 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง พบว่าไคโตโอลิโกแซคคาไรด์มีขนาดเล็กกว่า GlcNAc และมีขนาดโมเลกุล $(GlcNAc)_3$, $(GlcNAc)_4$ และ $(GlcNAc)_5$ เหมือนกันในการบ่มทุกช่วงเวลา เมื่อนำไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากการย่อย 1 เปอร์เซ็นต์ คอลลอยด์ไอดอลไคตินด้วยไคติเนสจากต้นอ่อนข้าวฟ่าง เคยู 630 อายุ 1 สัปดาห์ ในช่วงเวลาต่าง ๆ มาทดสอบการยับยั้งเชื้อราพบว่า สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ 4 ชนิด คือ *Bipolaris oryzae* ที่ความเข้มข้นของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ 5 ไมโครกรัม, *Curvularia lunata* ที่ที่อัตราส่วนปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ เท่ากับ 1:2 และ 1:1, *Magnaporthe oryzae* ที่อัตราส่วนปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ เท่ากับ 1:2 และ *Setosphaeria oryzae* ที่อัตราส่วนปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ เท่ากับ 1:2 และ 1:1 แต่ไม่สามารถยับยั้งเชื้อรา *Rhizopus oligosporus*

เอกสารอ้างอิง

1. กมลศิริ พันธนียะ. 2546. **ไคติน–ไคโตซาน.** [อินเตอร์เน็ต]. 2561]. [เข้าถึงเมื่อ 10 ก.ค. 2561]. เข้าถึงได้จาก: http://www.Nica Online.com.
2. Yin C, Kikuchi K, Hochgreb T, Poss KD, Stainier DY. Hand 2 Regulates Extracellular Matrix Remodeling Essential for Gut-Looping Morphogenesis in Zebrafish. Journal of Signal Transduction 2010;18(6):973-984.
3. Park JE, Park CJ, Sakchaisri K, Karpova T, Asano S, McNally J, Sunwoo Y, Leem SH., Lee KS. Novel Functional Dissection of the Localization-Specific roles of Budding Yeast Polo Kinase Cdc5p. Journal of Molecular Cell Biology 2004;24(22):73-86.
4. พูนศุข ศรีโยธา. รายงานการวิจัยเรื่องเอนไซม์สลายไคตินและคุณสมบัติในการเร่งปฏิกิริยา. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี; นครราชสีมา; 2540.
5. Boller T, Gehri A, Mauch F, Vogeli U. Chitinase in Bean Leaves: Induction by Ethylene, Purification, Properties and Possible Function. Planta 1983;157:22-31.
6. Berger LR, Reynold DM. The Chitinase System of a Strain of Griseus. Biochimica et Biophysica Acta 1958;29(3):522–534.
7. Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, Randall RJ. Protein Measurement with the Folin Phenol Reagent. Journal of Biological Chemistry 1951;193:265-275.
8. Gomori G. Preparation of Buffers for Use in Enzymes Studies. Methodology Enzymology 1955;1:139-146.
9. Miller GC. Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Etermination of Reducing Sugar. Analytical Chemistry 1959;31:426-428.
10. Pownibg RF, Lrzykiewicy H. Sepration of Chitin Oligosaccharide by Thin Layer Chromatography. Journal of Chromatography 1967;27:115-119.
11. Tripathi P, Dubey NK. Evaluation of some essential oils as botanical fungitixicants in management of post-harvest rotting of citrus fruits world. Journal of Microbiology and Biotechnology 2004;20:317-321.
12. Moon C, Seo D, Song Y, Hong S, Choi S, Jung W. Antifugal Activity and Patterns of N-acetyl-chitooligosaccharide Degradation via Chitinase Produced from *Serratia marcescens* PRNK-1. Microbial Pathogenesis 2017;113:218-224.
13. Lievens B, Houterman PM, Rep M. Effector Gene Screening Allows Unambiguous Identification of *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici Races and Discrimination from other Formae Specials. FEMS Microbiology Letters 2009;300 (2):201–215.

[BS-P12] แบบจำลองการระบาดอย่างง่ายที่ขึ้นกับอายุของโรคไวรัสตับอักเสบเอในประเทศไทย
Simple Aged-epidemic Modeling of Hepatitis A in Thailand

เยาวภา แสงพยับ*
Yaowapa Saengpayab*
หลักสูตรฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: Yaowapa.sae@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองการระบาดอย่างง่าย เพื่อศึกษาการระบาดของโรคไวรัสตับอักเสบ เอ ในประเทศไทย จากการศึกษาข้อมูลรายงานการเฝ้าระวังโรคย้อนหลัง พบว่าผู้ป่วยส่วนใหญ่ที่ติดเชื้อไวรัสตับอักเสบ เอ ในประเทศไทยมีอายุอยู่ในช่วงผู้ใหญ่ อายุ 15-44 ปี ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาสร้างแบบจำลองการระบาดอย่างง่ายของโรคไวรัสตับอักเสบ เอ ในประเทศไทย เพื่อทำนายว่าอายุมีผลต่อการระบาดของโรคไวรัสตับอักเสบ เอ ในประเทศอย่างไร จากการศึกษาโดยแบบจำลองการระบาดอย่างง่ายของโรคไวรัสตับอักเสบ เอ ในประเทศไทย โดยให้แบบจำลองอธิบายการระบาดระหว่างสองช่วงวัย นั่นคือ ช่วงวัยเด็ก 0-9 ปี และวัยผู้ใหญ่ มีอายุ 35-44 ปี ในปี ค.ศ. 2004, 2009, 2014 และ 2015 จากการศึกษาพบว่า จำนวนผู้ป่วยในวัยผู้ใหญ่จากแบบจำลองมีจำนวนใกล้เคียงกับที่ไปสำรวจมา โดยพบว่า ผลที่ได้จากแบบจำลองนี้มีความผิดพลาดมากที่สุดในปี ค.ศ. 2009 และน้อยที่สุดในปี ค.ศ. 2015 จากผลที่ได้สามารถสรุปได้ว่าอายุมีผลต่อการระบาดของโรคไวรัสตับอักเสบ เอ มีสาเหตุมาจากเมื่อค่าอัตราการติดต่อที่ต่างกันในแต่ละช่วงอายุ ส่งผลให้จำนวนผู้ป่วยในแต่ละช่วงอายุเปลี่ยนตามและอาจใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการป้องกันและควบคุมโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: *โรคไวรัสตับอักเสบ เอ, อายุ, การระบาด*

Abstract

The objectives of this research were to perform a simple model of the Hepatitis A epidemic in Thailand. From reported case data, most patients infected with hepatitis A in Thailand were in the age interval of 15-44 years old. Therefore, the author performed the model to study age effects on the epidemic by considering two age groups, *i.e.*, children (0-9 years) and adults (35-44 years) in four calendar years of 2004, 2009, 2014, and 2015. Thus, in this present study, the researcher aimed to model the effect of the age on hepatitis A epidemic in Thailand. It was found that the patient number in the adult group was larger than that of the children group, corresponding to those of the reported case data. In quantity details, there are errors from the model when compared with the reported case data. The highest error and the lowest error were found in 2009 and 2015, respectively. Based on these results, the ages affected the number of Hepatitis A infectious people in Thailand. Variation of contact rate matrix, the infectious people in each age group was altered. The study of the contact rate and the other infectious data relationship in the future may be useful for planning and effectively controlling the disease epidemic in Thailand.

Keywords: *Hepatitis A, age, epidemic*

Introduction

Hepatitis A is an acute inflammation of the liver caused by the hepatitis A virus (HAV) [1]. HAV infection is transmitted from individual to individual by the fecal-oral route [2]. When people infected this disease, the symptoms are nausea, vomiting, diarrhea, dark urine, jaundice, fever, headache, weight loss, and abdominal pain. Jaundice was largely observed by 70% of adolescents and adult patients. Typically, patients who were less than 6-year-olds, will not exhibit symptoms, which could be sources of infection to others [3]. The contact between the infectious of children age group and the higher age group would result in the more severe illness in the latter group. In 2006, centers for disease control and prevention (CDC) recommend vaccination at the age of 12 – 23 months [4]. Infected or vaccination, would get lifelong immune. In Thailand, Hepatitis A vaccination is not included in the national vaccination program [5]. With the income-related, age was found to be an important factor affecting the disease epidemic level [6].

The age-structured model was proposed to explain the simple epidemic of a specific decease [7]. Van Effelterre and coworkers explained the age effect using MSEIR model [1], however, they did not compare the model result data with report cases from Thailand government data which is in the Thai language. Therefore, in this research, the author aimed to start model the epidemic with age factor. The results from the model will be compared to the government data called report 506. Finally, error analysis will be performed and will be used as the basic knowledge to develop a more complex model in the future.

Material and Method

1. Numbers of Patients infected with hepatitis A in Thailand

Numbers of Thailand hepatitis A Patients were gathered from the online database of National DiseaSurveillance (Report 506), Bureau of Epidemiology, Thailand (www.boe.moph.go.th/, accessed on 26 September 2017).

2. Simple aged-epidemic model of the Hepatitis A

Aged-epidemic model of the Hepatitis A in this research was adapted from the aged-structured model proposed by Keelng and Rhohani [7]. The model consisted of four ordinary differential equations explaining the rate of change of susceptible individuals (*S*) and infected individuals (*I*) between two age groups of children (*C*) and adult (*A*). The equations were

$$\frac{dS_C}{dt} = \upsilon - S_C(\beta_{CC} I_C + \beta_{CA} I_A) - \mu_C S_C - l_C S_C \quad (1)$$

$$\frac{dI_C}{dt} = S_C(\beta_{CC} I_C + \beta_{CA} I_A) - \gamma I_C - \mu_C I_C - l_C I_C \quad (2)$$

$$\frac{dS_A}{dt} = l_C S_C - S_A(\beta_{AC} I_C + \beta_{AA} I_A) - \mu_A S_A \quad (3)$$

$$\frac{dI_A}{dt} = l_C I_C + S_A(\beta_{AC} I_C + \beta_{AA} I_A) - \gamma I_A - \mu_A I_A \quad (4)$$

, where S_c and S_A were susceptible individuals in the children group and adult group. Similarly, I_C and I_A were infected individuals in the children group and adult group. γ was the recovery rate which was set to be 1/21 day^{-1}. υ was a birth rate based on the assumption that there was no maternally derived protection. μ_C and μ_A was the age-specific death rate. β was a contact rate matrix which could be explained in a matrix as equation (5), where β_{CC} was children-children contact rate, β_{CA} was children-adult contact rate, β_{AC} was adult-children contact rate, and β_{AC} was adult-adult contact rate. l_C was the rate that individuals matured which was related to the adult death rate μ_A and the number of children n_C according to equation (6) [7].

$$\beta = \begin{bmatrix} \beta_{CC} & \beta_{CA} \\ \beta_{AC} & \beta_{AA} \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$n_C = \frac{\mu_A}{l_C + \mu_A} \quad (6)$$

This system of equations was solved for I_C and I_A using ODE45 command in Matlab program. The flow chart of doing model was illustrated in figure 1.

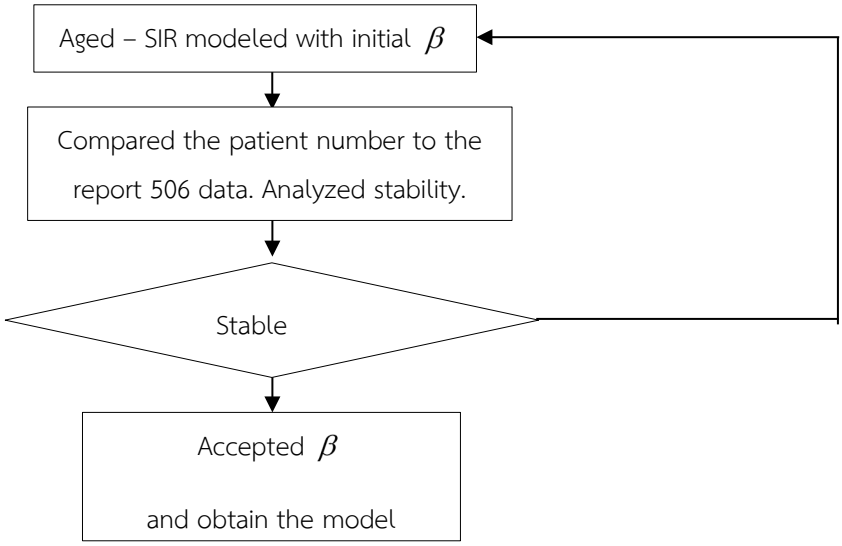


Figure 1. Flowchart of constructing the simple aged-epidemic model of the Hepatitis A

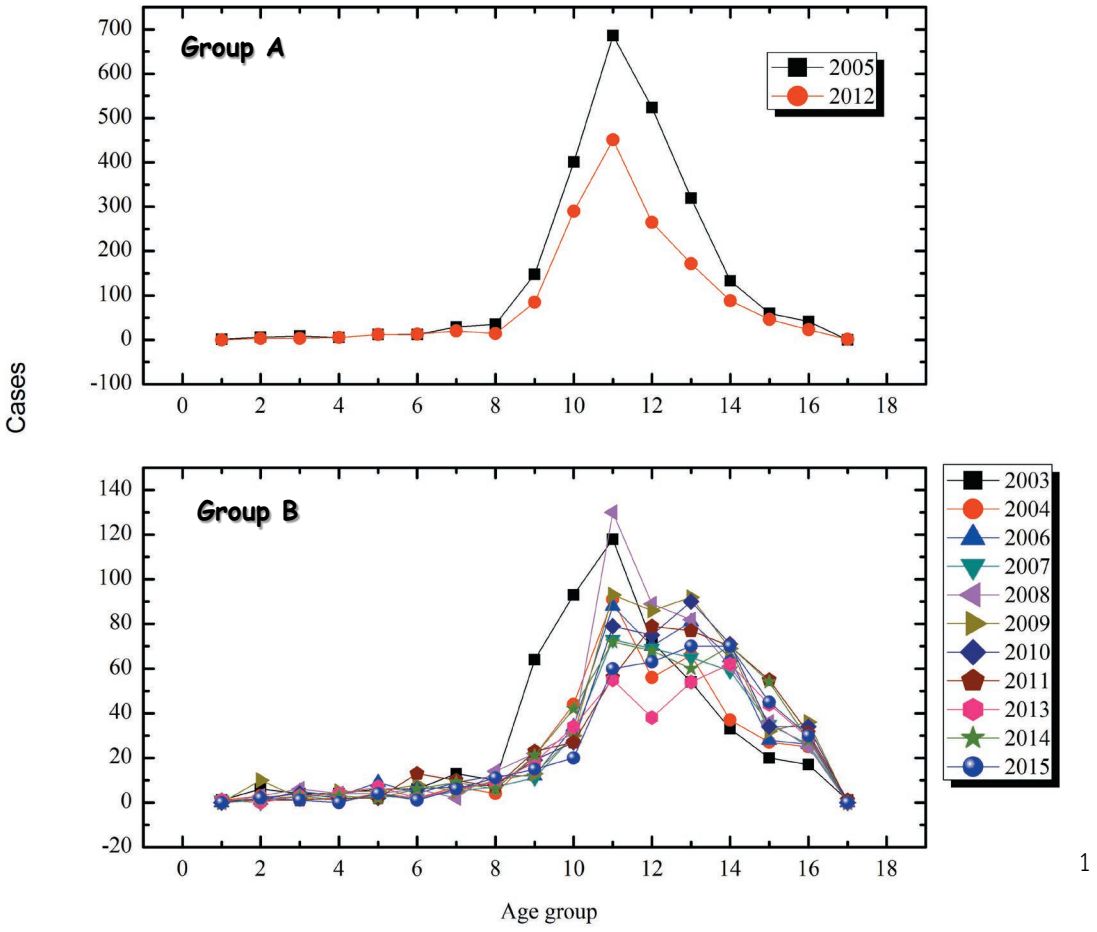
Results and Discussion

1. Numbers of Patients infected with hepatitis A in Thailand from report 506

The patient number results obtained from report 506 classified by the age in table1 could be again classified into two age groups. *i.e*, group A and group B as shown in figure 2. Group A was defined for patients in the strong epidemic years, 2005 and 2012. Group B was the patients in moderate epidemic years which was from 2003 to 2015, except for 2015 and 2012. In this simple model research, only data from the group B was used to consider because it had larger number of years than that of group A. From the group B data analysis, the 0-9 years or called children group had the small numbers of patient, while the largest numbers of patient was in the age of 15-44 years. For simplicity, the 35-44 years old was selected as the representatives of the adult group.

Table 1. The age group and age that referred in the figure 1

Age Group	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Age	<28 days	<1 yr	1+ yr	2+ yr	3+ yr	4+ yr	5+ yr	6+ yr	7 - 9 yr	10 - 14 yr	15 - 24 yr	25 - 34 yr	35 - 44 yr	45 - 54 yr	55 - 64 yr	66+ yr	Un-known



1

2. Results of the simple aged-epidemic model

Patient results from the model was shown in figure 3. In the top figure, the patients in adult group (I_A) were much larger than those of the children group (I_C). The contact rate parameters were found as shown in table 2. When the rate was shifted, the patients in both age groups were altered (data not shown).

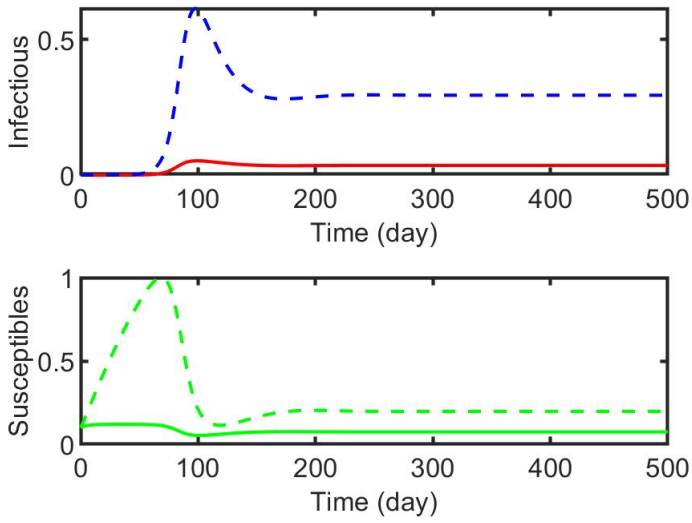


Figure 3. Infected individual or patients from children age groups and adult age group were compared (top figure). Below the infected figures, susceptible individuals from both age groups were also compared. Dash-line was the data for adult age group.

Table 2. the accepted model contact rate β

Age / Year	2004	2009	2014	2015
β_{CC}	1/8	1/8	1/8	1/8
β_{CA}	1/3	1/3	1/3	1/3
β_{AC}	1/3	1/3	1/3	1/3
β_{AA}	1/7	1/7	1/7	1/7

In order to analyze model error, the results of infected peoples obtained from the model was compared to those from the reported cases as shown as % error in the table 3. It was found that the error from the children was larger than that of the adult group. The largest error and the lowest error in the children group were 65% and 50% which were from the year 2009 and 2015. While, the largest error and the lowest error in the adult group were from the year 2009 and 2015, were small as 24% and 0%, respectively. Based on these results, it was indicated that the model did not precisely predict the epidemic of Hapatitis A. The zero error of adult patients in 2015 indicated the most accurate prediction from the model, but it turned out that the predicted children patients in the same year was in 50% error. The input parameters in equation (5) and

(6), found to be involved for this error, especially for the approximation of n_C. In the equation (6), n_C was assumed as follow. It was the population percentage of the 0-9 year olds, accounted for 10% of total people, whereas the rest percentage of 90% n_A accounted for the adult people, which could be the 10–85 years old. While, the reporting cases for adult group was defined in the age of 35-44 year olds. This mismatch of the year approximation between the model and the report could provide the error. Furthermore, the larger error of children group than the adult group in table 3 indicated that the predicted children cases was smaller than the reality. To improve the model, therefore, the age of children group should be shifted to be 15 – 20 % or should be accounted for the age 0 – 17 years. These carefully analysis in the children age interval and other data, such as education data, rural and urban data [1] would provide the smaller error obtained from the model.

Table 3. Percentage error comparison of the model data with the reported case data

% error of Age group/ Year	2004	2009	2014	2015
Children	55	65	60	50
Adult	6	24	16	0

Conclusion

From the prediction of the patients using the adapted aged-structured model, it was found that the simple model could provide good precision only on the adult group in 2004 and 2015. The contact matrix rate of children-children, children-adult, adult-children, and adult-adult were found to be 1/8, 1/3, 1/3 and 1/7. As these contact rates changed, the % error could be affected. These results indicated that age was a factor strongly affect the number of patients. The study in more details of the relationship between these rates in the all age group including the other variables; would provide more accurate prediction. These studied results could be used as knowledge-based to plan and effectively control hepatitis A in Thailand.

References

1. Van Effelterre T, Marano C, Jacobsen KH. Modeling the hepatitis A epidemiological transition in Thailand. Vaccine. 2016;34(4):555-62.
2. Poovorawan Y, Vimolkej T, Chongsrisawat V, Theamboonlers A, Chumdermpadetsuk S. The declining pattern of seroepidemiology of hepatitis A virus infection among adolescents in Bangkok, Thailand. Southeast Asian J Trop Med Public Health. 1997;28(1):154-7.
3. Matheny SC, Kingery JE. Hepatitis A. Am Fam Physician. 2012;86(11):1027-34.
4. Diseases AAoPCoI. Hepatitis A vaccine recommendations. Pediatrics. 2007;120(1):189.
5. Practices ACoI. Update: prevention of hepatitis A after exposure to hepatitis A virus and in international travelers. Updated recommendations of the Advisory Committee on Immunization Practices (ACIP). MMWR Morbidity and mortality weekly report. 2007;56(41):1080.
6. Jacobsen KH, Wiersma ST. Hepatitis A virus seroprevalence by age and world region, 1990 and 2005. Vaccine. 2010;28(41):6653-7. https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2010.08.037.
7. Keeling MJ, Rohani P. Modeling infectious diseases in humans and animals: Princeton University Press; 2008.

[BS-P13] ฤทธิ์การต้านเชื้อราของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ผลิตด้วยไคโตซาเนสจากข้าว กข. 6

Antifungal Activity of Chitooligosaccharides Produced by Chitosanase from *Oryza sativa* L RD6

ศรัญญา มูลพลึก และ มานะ ขาวเมฆ*
Sarunya Moolpalug and Mana Kaomek*
หลักสูตรเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: mana@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเอนไซม์ไคโตซาเนสที่สกัดจากต้นอ่อนข้าว กข. 6 อายุ 1 สัปดาห์ ด้วยโซเดียมอะซิเตตบัปเฟอร์เข้มข้น 0.1 โมลาร์ พีเอช 4.5 พบว่ามีค่ากิจกรรมเท่ากับ 1.9588 ยูนิต/มิลลิตร ปริมาณโปรตีนเท่ากับ 1.2137 มิลลิกรัม/มิลลิตร และมีค่ากิจกรรมจำเพาะเท่ากับ 1.6139 ยูนิต/มิลลิกรัม พีเอชและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายไคโตซานเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 4.5 และ 45 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อบ่มไคโตซาเนสกับไคโตซานที่เวลา 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง พบว่า ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้ในแต่ละช่วงเวลามีความแตกต่างกัน โดยไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากการบ่มที่เวลาน้อยกว่า คือ 30 นาที จะมีโมเลกุลของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ขนาด $(GlcN)_5$ และ $(GlcN)_2$ เมื่อใช้เวลาในการบ่มเพิ่มเป็น 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง จะได้ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่มีขนาดโมเลกุลเล็ก $(GlcN)_2$ และ $(GlcN)_3$ เพิ่มขึ้นและโมเลกุลขนาดใหญ่จะมีปริมาณลดลงตามเวลาที่เพิ่มขึ้น ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ 4 ชนิด คือ *Bipolaris oryzae*, *Curvularia lunata*, *Magnaporthe oryzae* และ *Setosphaeria oryzae* แต่ไม่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Rhizopus oligosporus*

คำสำคัญ: *ไคโตซาเนส, ข้าว กข.6, ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์, ฤทธิ์การต้านเชื้อรา*

Abstract

This research aims to study the chitosanase extracted from 1 week old germinated of *Oryza sativa* L RD6 with 0.1 M acetate buffer pH 4.5. It found that activity, protein and specific activity were 1.9588 unit/ml, 1.2137 mg/ml and 1.6139 unit/mg, respectively. The pH and temperature optimum for catalytic decomposition of chitosan 1 percent were 4.5 and 45 ℃, respectively. The mixture of chitosanase and chitosan were incubated for 30 minutes, 1 hour, 2 hours and 4 hours that showed the chitooligosaccharides were different at intervals. There were molecules of chitooligosaccharide $(GlcN)_5$ and $(GlcN)_2$ when they were incubated for 1 hour, 2 hours and 4 hours, the small molecules $(GlcN)_2$ and $(GlcN)_3$ were increased. Chitooligosaccharide inhibited the growth of 4 fungal species, *Bipolaris oryzae*, *Curvularia lunata*, *Magnaporthe oryzae* and *Setosphaeria oryzae* but they could not inhibit the growth of *Rhizopus oligosporus*.

Keywords: *Chitosanase, Oryza sativa L RD6, chitooligosaccharides, antifungal activity*

บทนำ

ไคโตซาเนส (Chitosanase; EC 3.2.1.132) เป็นเอนไซม์เร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของพันธะไกลโคซิดิกของไคโตซาน ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ของเบตา 1,4 กลูโคซามีน (GlcN) ไคโตซาเนสเป็นเอนไซม์ที่ย่อยสลายไคโตซานตรงพันธะระหว่าง GlcN-GlcN, GlcN-GlcNAc (อะซิติลกลูโคซามีน) และ GlcNAc-GlcN แต่ไม่สามารถย่อยสลายพันธะระหว่าง GlcNAc-GlcNAc ได้ เนื่องจากพันธะ GlcNAc-GlcNAc มีคุณสมบัติที่จำเพาะในการที่จะย่อยสลายด้วยไคติเนส ที่เป็นเช่นนี้เพราะความแตกต่างกันในการทำงานของโครงสร้างระหว่างไคติเนสและไคโตซาเนส ไคติเนสจะตัดเฉพาะตรงที่เป็นพันธะเอ็นอะซิติลกลูโคซามีน [(1)] ไคโตซาเนสพบในสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กรวมทั้งเชื้อราและแบคทีเรียซึ่งแบคทีเรียที่ผลิตไคโตซาเนสมีความสำคัญในการรักษาความสมดุลของระบบนิเวศ สิ่งมีชีวิตที่มีไคโตซานเป็นองค์ประกอบสามารถผลิตไคโตซาเนสได้ เช่น เชื้อราจำพวก *Pyriculaia grisea* มีไคโตซาเนสทำหน้าที่สำคัญในการป้องกันและยับยั้งเชื้อราในการเกิดโรคพืช นอกจากนี้ไคโตซาเนสจากพืชสามารถใช้ในการยับยั้งและป้องกันเชื้อรา โดยไคโตซาเนสจากพืชส่วนใหญ่จะเป็นไคโตซาเนสชนิดภายใน (Endo-Type) การหาเอนไซม์จากพืชที่มีคุณสมบัติเหมาะสมต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา โรคพืช หรือสามารถสลายไคโตซานเป็นเฮกซะเมอร์ (Hexamer) และเฮปตะเมอร์ (Heptamer) ของกลูโคซามีนเป็นประโยชน์อย่างมากในการประยุกต์ใช้ โดยผลจากการรายงานส่วนใหญ่พบว่าเอนไซม์ไคติเนสและไคโตซาเนสจากพืชและแบคทีเรียมีความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ดี [(2)] และจากรายงานการวิจัยของรุ่งสรรค์ คำเสือ และสุภาณี ภาคาธูป [(3)] ที่มีการตรวจหาไคโตซาเนสจากเมล็ดพืชไทยจำนวน 20 ชนิด พบว่า พืชไทยทั้ง 20 ชนิด มีไคโตซาเนส โดยข้าว กข.6 เป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีค่ากิจกรรมจำเพาะของไคโตซาเนสสูง และจากรายงานการวิจัยของวิชาญ ภู่บึงพร้าว และสุภาพร ปรูกระโทก [(4)] พบว่าต้นอ่อนของพืชมีค่ากิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์ไคโตซาเนสมากกว่าเมล็ด โดยต้นอ่อนข้าว กข.6 อายุ 1 สัปดาห์มีค่ากิจกรรมจำเพาะสูง ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำต้นอ่อนข้าว กข.6 อายุ 1 สัปดาห์ ศึกษาค่ากิจกรรมจำเพาะ หาคุณลักษณะพีเอชและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยา และรูปแบบของผลิตผลที่เป็นไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ และนำไคโตโอลิโกแซคคาไรด์มาทดสอบการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา

วิธีดำเนินการวิจัย

1. สกัดเอนไซม์ไคโตซาเนสจากต้นอ่อนของข้าว กข.6 ที่มีอายุ 1 สัปดาห์ด้วยวิธีของไพเลียและคณะ [(5)] โดยนำต้นอ่อนมาบดเติมโซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์เข้มข้น 0.1 โมลาร์ พีเอช 4.5 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ที่มีฟีนิลเมธิลซัลโฟนิลฟลูออไรด์เข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ และพอลิไวนิลพอลิไพโรลิดอล เข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 25,000 g เป็นเวลา 30 นาที จะได้สารละลายของสารสกัดไคโตซาเนส

2. หาค่ากิจกรรมของไคโตซาเนสด้วยวิธีของโทไรเมทและคณะ [(6)] โดยผสม 1 มิลลิลิตรของสารละลายไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์(DA = 99%) และ 1 มิลลิลิตรของสารละลายเอนไซม์ที่สกัดได้ นำมาบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นนำไปต้มให้เดือด 3 นาที เพื่อให้หยุดปฏิกิริยาแล้วปั่นเหวี่ยง 6,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ปิเปตสารละลายใสมา 1.5 มิลลิลิตร ผสมกับ 2 มิลลิลิตร ของ Schales'Reagent ลงในหลอดทดลองนำไปหุ้มด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์และให้ความร้อนเป็นเวลา 15 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 400 นาโนเมตร เทียบกับกราฟมาตรฐานกลูโคซามีน

3. หาปริมาณโปรตีนด้วยวิธีของเลาว์รีและคณะ [(7)] โดยนำสารสกัดไคโตซาเนสมา 10 ไมโครลิตร ปรับปริมาตรเป็น 500 ไมโครลิตรด้วยโซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์พีเอช 3.5 เติมสารละลายผสมคอปเปอร์ซัลเฟต 2.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 10 นาที เติมสารละลาย 50 เปอร์เซ็นต์ โฟลินปริมาตร 250 ไมโครลิตรเขย่าและตั้งทิ้งไว้ 30 นาที วัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร เทียบกับกราฟมาตรฐานของโปรตีนโบไวน์ซีรัมอัลบูมิน (BSA)

4. ศึกษาผลของพีเอชและอุณหภูมิต่อการเร่งปฏิกิริยาด้วยวิธีของโกโมริ [8]

4.1 ศึกษาค่ากิจกรรมในช่วงพีเอช 3.0-10 (ช่วงต่าง 0.5) โดยพีเอชช่วง 3.0-6.0 ใช้โซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ ช่วงพีเอช 6.5-8.0 ใช้ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ และช่วงพีเอช 8.5-10 ใช้ทริสไฮโดรคลอริก เข้มข้น 0.1 โมลาร์ บ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที

4.2 ศึกษาค่ากิจกรรมที่อุณหภูมิ 30-70 องศาเซลเซียส (ช่วงต่าง 5 องศาเซลเซียส) โดยใช้อะซิเตตบัฟเฟอร์ที่พีเอช 4.5 บ่มที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 20 นาที

5. เตรียมไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ด้วยไคโตซาเนส [9] โดยผสมไคโตซานเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ 800 ไมโครลิตรกับสารสกัดไคโตซาเนส 200 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมงนำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 3 นาที และนำของผสมปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 5,000 g เป็นเวลา 10 นาที จะได้สารละลายไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (COS)

6. ตรวจสอบรูปแบบไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ด้วยวิธีของเพานิบและไลซ์คีวิกซี [10] โดยสปอตสารตัวอย่างจากข้อ 5 จำนวน 4 จุด และสารมาตรฐานไคโตโอลิโกแซคคาไรด์อีก 1 จุด โดยใช้ตัวทำละลายเป็นโพรพานอล : น้ำ : แอมโมเนีย 70:30:1 และทำให้เกิดสีโดยสเปร์ยสารผสมของอะนิลีนบนแผ่น TLC นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 145 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที หาค่า Rf เปรียบเทียบกับสารมาตรฐานไคโตโอลิโกแซคคาไรด์

7. ศึกษาการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราด้วยวิธีของทรีพาธีและดูเบย์ [11] โดยตัดเชื้อราและนำมาเลี้ยงในจานเลี้ยงเชื้อที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน วางกระดาษกรองรูปวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 มิลลิเมตร รอบเชื้อราที่เลี้ยงไว้ 4 จุด โดย C คือ บัฟเฟอร์ 1 และ 2 คือ อัตราส่วนปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ เท่ากับ 1:2, 1:1 ตามลำดับ และ 3 คือ COS โดยใช้ C, 1, 2 และ 3 อย่างละ 50 ไมโครลิตร บ่มที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน สังเกตการณ์การยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

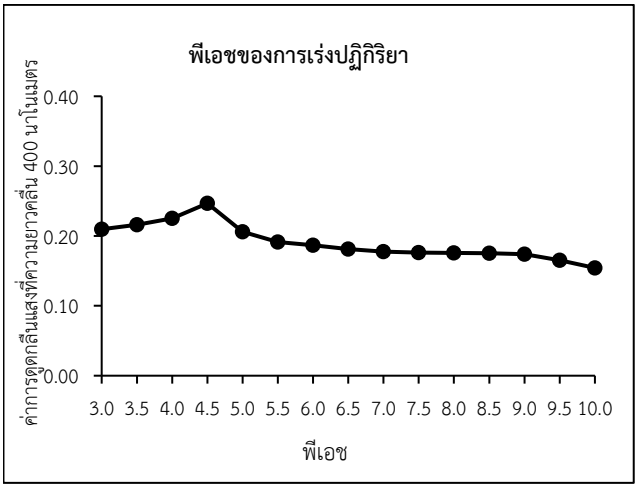
1. การหาค่ากิจกรรม ปริมาณโปรตีน และค่ากิจกรรมจำเพาะ

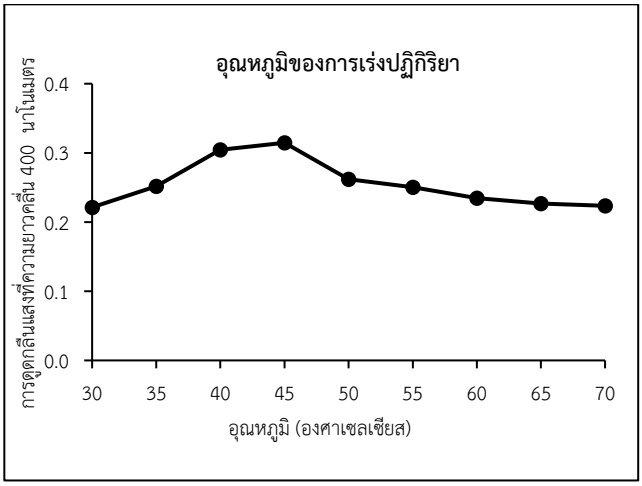
เอนไซม์ไคโตซาเนสที่สกัดจากต้นอ่อนข้าว กข.6 อายุ 1 สัปดาห์ ด้วย 0.1 โมลาร์ โซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ พบว่ามีค่ากิจกรรมเท่ากับ 1.9588 ยูนิต/มิลลิลิตร ปริมาณโปรตีนเท่ากับ 1.2137 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ และเมื่อนำค่ากิจกรรมและปริมาณโปรตีนมาคำนวณค่ากิจกรรมจำเพาะ พบว่ามีค่าเท่ากับ 1.6139 ยูนิต/มิลลิกรัมโปรตีน เมื่อเปรียบเทียบค่ากิจกรรมจำเพาะของไคโตซาเนสจากข้าว กข. 6 อายุ 1 สัปดาห์ ไคโตซาเนสที่สกัดได้จากข้าว กข. 6 พบว่า มีค่ากิจกรรมจำเพาะสูงกว่าไคโตซาเนสที่สกัดได้จากแหล่งอื่น ๆ เช่น ไคโตซาเนสจาก *Bacillus* sp. Strain KCTC0377BP มีค่ากิจกรรมจำเพาะเท่ากับ 0.9062 U/mg [12] ไคโตซาเนส จาก *Bacillus* sp. Strain CK 4 มีค่ากิจกรรมจำเพาะเท่ากับ 0.8041 U/mg [13] และไคโตซาเนสจาก *Paenibacillus fukunensis* มีค่ากิจกรรมจำเพาะเท่ากับ 0.8614 U/mg [14] จากค่ากิจกรรมจำเพาะดังกล่าวจะเห็นได้ว่า เอนไซม์ไคโตซาเนสจากพืชมีค่ากิจกรรมจำเพาะสูงกว่าเอนไซม์ไคโตซาเนสจากแบคทีเรียและเชื้อรา เนื่องจากเอนไซม์ไคโตซาเนสจากพืชส่วนใหญ่จะเป็นชนิดภายในจึงสามารถจับกับโครงสร้างไคโตซานได้ดีกว่า

2. การศึกษาพีเอชและอุณหภูมิต่อการเร่งปฏิกิริยา

เมื่อนำไคโตซาเนสจากต้นอ่อนข้าว กข.6 อายุ 1 สัปดาห์ มาหาค่ากิจกรรมในการเร่งปฏิกิริยาที่พีเอช 3.0-10.0 พบว่า

พีเอชที่ไคโตซาเนสเร่งปฏิกิริยาได้ดีที่สุดเท่ากับ 4.5 ดังภาพที่ 1 และเมื่อหาค่ากิจกรรมในการเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 30-70 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิที่ไคโตซาเนสเร่งปฏิกิริยาได้ดีที่สุดเท่ากับ 45 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 2



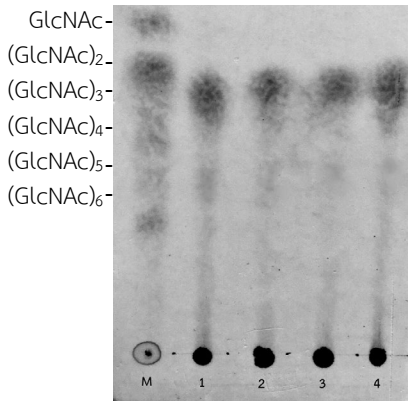


ภาพที่ 1 กราฟแสดงการเร่งปฏิกิริยาของไคโตซาเนสในช่วงพีเอช 3.0 -10.0

ภาพที่ 2 กราฟแสดงการเร่งปฏิกิริยาของไคโตซาเนสช่วงอุณหภูมิ 30 – 70°C

3. การหารูปแบบของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (COS)

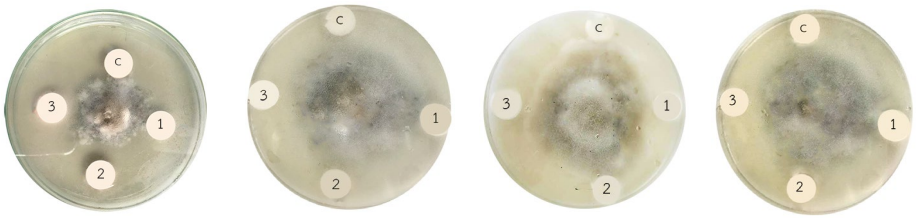
เมื่อนำไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากการสลายด้วยไคโตซาเนสที่อุณหภูมิและพีเอชที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาคือ 45 องศาเซลเซียส พีเอช 4.5 ตามลำดับ มาหารูปแบบด้วย TLC พบว่า เวลาที่ใช้ในการบ่ม 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง จะได้ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ขนาดต่าง ๆ กัน เมื่อใช้เวลาในการบ่ม 30 นาที จะได้ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่มีขนาด $(GlcNAc)_2$ และ $(GlcNAc)_5$ แต่เมื่อใช้เวลาในการบ่มมากขึ้นเป็น 1, 2 และ 4 ชั่วโมง ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จะมีขนาดโมเลกุลเล็ก $(GlcNAc)_2$ และ $(GlcNAc)_3$) เพิ่มขึ้น แสดงว่า $GlcN)_5$ ถูกย่อยเป็น $(GlcN)_3$ และ $(GlcN)_2$ ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 รูปแบบของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากการสลายคอลลอยด์ไอดอลไคตินที่ 45 องศาเซลเซียส พีเอช 4.5 เวลาที่ใช้บ่มต่างกัน M: สารมาตรฐานไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ขนาด 1-6 โมเลกุล ($(GlcNAc)_{1-6}$), 1: ใช้เวลาบ่ม 30 นาที 2: ใช้เวลาบ่ม 1 ชั่วโมง 3: ใช้เวลาบ่ม 2 ชั่วโมง และ 4: ใช้เวลาบ่ม 4 ชั่วโมง

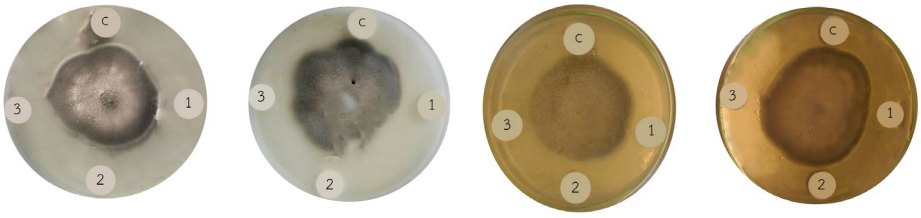
4. การศึกษาการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา

COS ที่ได้จากการสลายด้วยไคโตซาเนสที่เวลาในการบ่มต่าง ๆ สามารถยับยั้งได้ 4 ชนิดจากเชื้อรา 5 ชนิด คือ *Bipolaris oryzae*, *Curvularia lunata*, *Magnaporthe oryzae* และ *Setosphaeria oryzae* ที่อัตราส่วนปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ เท่ากับ 1:2 และ 1:1 แต่ไม่สามารถยับยั้ง *Rhizopus oligosporus* ดังตารางที่ 1 และภาพที่ 4-8 สำหรับ COS ไม่สามารถยับยั้งเชื้อราได้ อาจเนื่องจากมีความเข้มข้นไม่เพียงพอ และโครงสร้างของเชื้อราแต่ละชนิดมีส่วนประกอบของผนังเซลล์ที่เป็นไคตินและไคโตซานต่างกัน



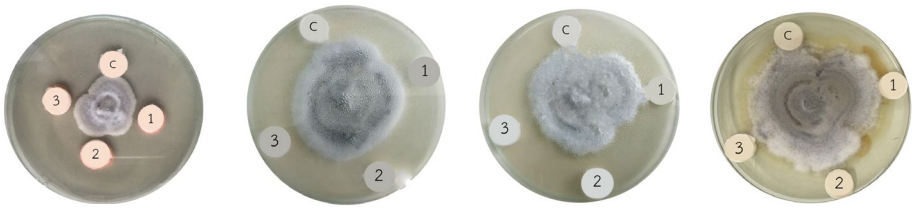
ก ข ค ง

ภาพที่ 4 การยับยั้งเชื้อรา *Bipolaris oryzae* ด้วย COS ที่ได้จากการบ่มช่วงเวลาต่าง ๆ ก. 30 นาที, ข. 1 ชั่วโมง, ค. 2 ชั่วโมง, ง. 4 ชั่วโมง และ c คือ บัฟเฟอร์, 1 คือ ปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ = 1:2, 2 คือ ปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ 1:1, 3 คือ COS



ก ข ค ง

ภาพที่ 5 การยับยั้งเชื้อรา *Curvularia lunata* ด้วย COS ที่ได้จากการบ่มช่วงเวลาต่าง ๆ ก. 30 นาที, ข. 1 ชั่วโมง, ค. 2 ชั่วโมง, ง. 4 ชั่วโมง และ c คือ บัฟเฟอร์, 1 คือ ปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ = 1:2, 2 คือ ปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ 1:1, 3 คือ COS



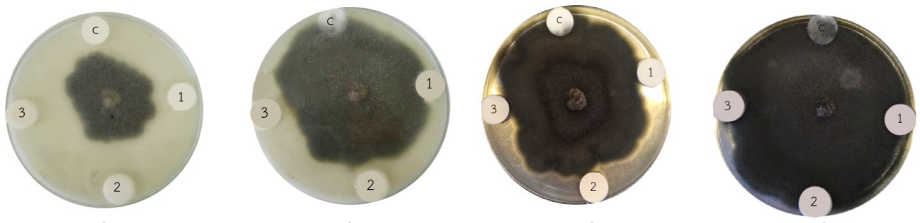
ก ข ค ง

ภาพที่ 6 การยับยั้งเชื้อรา *Magnaporthe oryzae* ด้วย COS ที่ได้จากการบ่มช่วงเวลาต่าง ๆ ก. 30 นาที, ข. 1 ชั่วโมง, ค. 2 ชั่วโมง, ง. 4 ชั่วโมง และ c คือ บัฟเฟอร์, 1 คือ ปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ = 1:2, 2 คือ ปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ 1:1, 3 คือ COS



ก ข ค ง

ภาพที่ 7 การยับยั้งเชื้อรา *Rhizopus oligosporus* ด้วย COS ที่ได้จากการบ่มช่วงเวลาต่าง ๆ ก. 30 นาที, ข. 1 ชั่วโมง, ค. 2 ชั่วโมง, ง. 4 ชั่วโมง และ c คือ บัฟเฟอร์, 1 คือ ปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ = 1:2, 2 คือ ปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ 1:1, 3 คือ COS



ก ข ค ง

ภาพที่ 8 การยับยั้งเชื้อรา *Setosphaeria oryzae* ด้วย COS ที่ได้จากการบ่มช่วงเวลาต่าง ๆ ก. 30 นาที, ข. 1 ชั่วโมง, ค. 2 ชั่วโมง, ง. 4 ชั่วโมง และ c คือ บัฟเฟอร์, 1 คือ ปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ = 1:2, 2 คือ ปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ 1:1, 3 คือ COS

ตารางที่ 1 การยับยั้งเชื้อราของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ใช้เวลาในการบ่มต่าง ๆ

เชื้อรา	เวลา/ปริมาตรไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ : บัฟเฟอร์											
	30 นาที			1 ชั่วโมง			2 ชั่วโมง			4 ชั่วโมง		
	1:2	1:1	COS	1:2	1:1	COS	1:2	1:1	COS	1:2	1:1	COS
Bipolaris oryzae	—	√	√	—	√	√	—	√	√	—	√	√
Curvularia lunata	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Magnaporthe oryzae	√	√	√	√	√	√	—	√	√	—	√	√
Rhizopus oligosporus	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Setosphaeria oryzae	√	√	√	—	√	√	—	√	√	—	—	√

เมื่อเปรียบเทียบการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราด้วยไคโตโอลิโกแซคคาไรด์จากไคติเนสแต่ละแหล่งก็จะแตกต่างกันตามชนิดของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ โดยไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่เป็นเฮกซะเมอร์และเฮปตะเมอร์จะยับยั้งเชื้อราได้ดี [15]

สรุป

ไคโตซาเนสที่สกัดจากต้นอ่อนข้าว กข. 6 อายุ 1 สัปดาห์ ด้วย 0.1 โมลาร์ ของโซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์พีเอช 4.5 พบว่ามีค่ากิจกรรมเท่ากับ 1.9588 ยูนิต/มิลลิตร ปริมาณโปรตีนเท่ากับ 1.2137 มิลลิกรัม/มิลลิตร และค่ากิจกรรมจำเพาะเท่ากับ 1.6139 ยูนิต/มิลลิกรัม ตามลำดับ พีเอชและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาคือ 4.5 และ 45 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากการย่อยของไคโตซาเนสที่สกัดจากต้นอ่อนข้าว กข. 6 อายุ 1 สัปดาห์ ที่ใช้เวลาบ่ม 30 นาที จะมีไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ขนาด $(GlcN)_2$ และ $(GlcN)_5$ แต่เมื่อใช้เวลาในบ่มเพิ่มเป็น 1, 2 และ 4 ชั่วโมง จะได้ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่มีขนาดโมเลกุลเล็ก คือ $(GlcN)_2$ และ $(GlcN)_3$ เพิ่มขึ้น เมื่อนำไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากการย่อยไคโตซานโดยไคโตซาเนสจากข้าว กข. 6 อายุ 1 สัปดาห์ สามารถยับยั้งเชื้อราได้ 4 ชนิด คือ *Bipolaris oryzae*, *Curvularia lunata*, *Magnaporthe oryzae* และ *Setosphaeria oryzae* ด้วยอัตราส่วนปริมาตรของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ต่อบัฟเฟอร์ เท่ากับ 1:2, 1:1 และไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ไม่เจือจาง แต่เชื้อรา *Rhizopus oligosporus* ไม่ถูกยับยั้ง

เอกสารอ้างอิง

1. Aam BB, Heggset EB, Norberg AL, Sorlie M, Varum KM, Eijsink VGH. Production of Chitooligosaccharides and their Potential Applications in Medicine. Marine Drugs 2010;8(5):1482-1517.
2. Lievens B, Houterman PM Rep M. Effector Gene Screening Allows Unambiguous Identification of *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici Races and Discrimination from other Formae Specials. FEMS Microbiology Letters 2009;300 (2):201–215.
3. รุ่งสรรค์ คำเสือ และสุภาณี ภาคาธูป. การตรวจหาเอนไซม์ไคโตซาเนสจาดเมล็ดพืช Graminea และ Leguminosae. โปรแกรมเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์: ปทุมธานี. 2548;38 หน้า.
4. วิชาญ ภู่บึงพร้าว และสุภาพร ปรูกระโทก. การหาเอนไซม์ไคโตซาเนสจากข้าวไทย. โปรแกรมเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์: ปทุมธานี. 2548; 41 หน้า.
5. Pillai CKS, Paul W, and Sharma CP. Chitin and Chitosan Polymers: Chemistry, Solubility and Fiber Formation. Progress in Polymer Science 2009;4(2):641-678.
6. Tolaimate A, Desbrieres J, Rhazi M, Alagui A. Contribution to the Preparation of Chitins and Chitosan with Controlled Physic-chemical Properties. Polymer 2003;44(26):7939-7952.
7. Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, Randall RJ. Protein Measurement with the Folin Phenol Reagent. Journal of Biological Chemistry 16951;193:265-275.
8. Gomori G. Preparation of Buffers for Use in Enzymes Studies. Methodology Enzymology 1955;1:139-146.
9. Miller GC. Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Estermination of Reducing Sugar. Analytical Chemistry 1959;31:426-428.
10. Pownibg RF, Lrzykiewicy H. Seperation of Chitin Oligosaccharide by Thin Layer Chromatography. Journal of Chromatography. 1967;27:115-119.
11. Tripathi P, Dubey NK. Evaluation of some essential oils as botanical fungitixicants in management of post-harvest rotting of citrus fruits. World. Journal of Microbiology and Biotechnology 2004;20:317-321.

12. Yeon JC, Eun JK, Zhe P, Young CY, Yong CS. Purification and Characterization of Chitosanase from *Bacillus* sp. Strain KCTC 0377BP and Its Application for the Production of Chitosan Oligosaccharides. Applied Environmental Microbiology 2004;70(8):439-446.
13. Yoon HG, Kim HY, Kim HK, Hong BS. Thermostable Chitosanase from *Bacillus* sp. Strain CK4: Its Purification, Characterization, and Reaction Patterns. Bioscience Biotechnology and Biochemistry 2001;65(4):802-809.
14. Fukuda T, Isogawa D, Takagi M, Kato-murai M, Kimoto H, Kusaoke H, Ueda M, Suye S I. Yeast Cell-Surface Expression of Chitosanase from *Paenibacillus fukuinensis*. Bioscience Biotechnology and Biochemistry 2007;71(11):2845-2847.
15. Lievens B, Houterman PM, Rep M. Effector Gene Screening Allows Unambiguous Identification of *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici Races and Discrimination from other Formae Specials. FEMS Microbiology Letters 2009;300 (2):201–215.

[BS-P14] การเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านเชื้อราและรูปแบบของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ผลิตด้วยไคโตซาเนสจากกระถินบ้านและไคติเนสจากก้ามปู

A Comparison of Antifungal Activity and Patterns of Chitooligosaccharides Produced by Chitosanase from *Leucaena leucocephala* de wit and Chitinase from *Samanca saman* (Jacq)

มานะ ขาวเมฆ* , สร้อยฟ้า เชิญกลางม และ พุธิตา ภูมิคอนสาร
Mana Kaomek*, Soifar Choenklang, and Phuthita Phumkhonsan
หลักสูตรเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: mana@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านเชื้อราและรูปแบบของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ผลิตด้วยไคโตซาเนสจากกระถินบ้านและไคติเนสจากก้ามปู โดยเอนไซม์ไคโตซาเนสที่สกัดจากต้นอ่อนกระถินบ้านอายุ 2 สัปดาห์มีค่ากิจกรรม ปริมาณโปรตีน และค่ากิจกรรมจำเพาะเท่ากับ 2.5960 ยูนิต/มิลลิลิตร 14.0220 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร และ 0.1851 ยูนิต/มิลลิกรัม ตามลำดับ ค่าพีเอชและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 3.5 และ 45 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากการบ่มไคโตซานกับไคโตซาเนสมีขนาดโมเลกุลตั้งแต่ 1-5 ($(GlcN)_{1-5}$) ที่เวลาในการบ่ม30 นาที และเมื่อใช้เวลาในการบ่มเพิ่มขึ้นเป็น 1, 2, และ 4 ชั่วโมง จะมีโมเลกุลขนาดเล็กของ GlcN และ $(GlcN)_2$ เพิ่มขึ้น สำหรับเอนไซม์ไคติเนสที่สกัดจากต้นอ่อนก้ามปูอายุ 2 สัปดาห์ มีค่ากิจกรรม ปริมาณโปรตีน และค่ากิจกรรมจำเพาะเท่ากับ 19.2687 ยูนิต/มิลลิลิตร 1.7835 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร และ 10.8040 ยูนิต/มิลลิกรัม ตามลำดับ ค่าพีเอชและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายคอลลอยด์ไอดอลไคติน 1 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 3.5 และ 45 องศาเซลเซียส ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากการบ่มไคตินกับไคติเนสมีโมเลกุลของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ขนาด 2-6 โมเลกุล ($(GlcN)_{2-6}$) เมื่อใช้เวลาบ่ม 30 นาที และจะมีโมเลกุลขนาดเล็กของ GlcN และ $(GlcN)_2$ เพิ่มขึ้นเมื่อใช้เวลาบ่มเพิ่มเป็น 1, 2 และ 4 ชั่วโมง ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากการบ่มไคโตซาเนสกับไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์ และจากการบ่มไคติเนสกับคอลลอยด์ไอดอลไคติน 1 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งเชื้อราได้ 4 ชนิด จาก 5 ชนิด

คำสำคัญ: *ไคติเนส, ไคโตซาเนส, กระถินบ้าน, ก้ามปู, ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์, ฤทธิ์การต้านเชื้อรา*

Abstract

This research was to study the comparison of antifungal activity and patterns of chitooligosaccharides produced by chitosanase from *Leucaena leucocephala* de wit and chitinase from *Samanca saman* (Jacq). Chitosanase was extracted from 2 weeks old germinated of *L. leucocephala* de wit that had activity, protein and specific activity of 2.5960 Unit/ ml, 14. 0220 mg/ ml and 0. 1851 unit/ mg, respectively. The pH and temperature optimum for catalytic decomposition of chitosan 1 percent were 3.5 and 45 ℃, respectively. Chitooligosaccharides from the mixture of chitosanase and chitosan showed 1-5 molecules of chitooligosaccharide ($(GlcN)_{1-5}$) when were incubated for 30 min. The small molecules of GlcN and $(GlcN)_2$ are increasing when were incubated for 1, 2 and 4 hours. For chitinase was extracted from 2 weeks old germinated of *S. saman* (Jacq) that had activity, protein and specific activity of 19. 2687

unit/ml, 1.7835 mg/ml and 10.8040 unit/mg, respectively. The pH and temperature optimum for catalytic decomposition of colloidal chitin 1 percent were 3.5 and 45 ℃, respectively. Chitooligosaccharides from the mixture of chitinase and chitin showed 2-6 molecules of chitooligosaccharides ($(GlcN)_{2-6}$) when were incubated for 30 min. The small molecules of GlcN and $(GlcN)_2$ are increasing when were incubated for 1, 2 and 4 hours. Chitooligosaccharides from the mixture of chitosanse and 1 % chitosanase and the mixture of chitinase and 1% colloidal chitin could inhibited growth of 4 strains from the 5 fungal strains.

Keywords: *chitinase, chitosanase, Leucaena leucocephala* de wit, *Samanca saman* (Jacq), *chitooligosaccharides, antifungal activity*

บทนำ

ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (Chotooligosaccharides; COS) เป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลที่เกิดจากการย่อยสลายไคตินและไคโตซานด้วยปฏิกิริยาเคมีโดยใช้กรดหรือปฏิกิริยาเอนไซม์โดยใช้เอนไซม์ในกลุ่มไคติโนไลติค (Chitinolytic Enzyme) เช่น เอนไซม์ไคติเนส (Chitinase) และเอนไซม์ไคโตซาเนส (Chitosanase) ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากเอนไซม์ไคติเนสและเอนไซม์ไคโตซาเนสไม่ก่อให้เกิดมลภาวะกับสิ่งแวดล้อมและมีคุณสมบัติที่สำคัญคือ สามารถละลายน้ำได้และมีประสิทธิภาพในการดูดซับได้ดีกว่าไคตินและไคโตซานที่มีข้อจำกัดการละลายในกรดอ่อนและความหนืด ดังนั้นไคโตโอลิโกแซคคาไรด์จึงมีมูลค่าสูงกว่าไคตินและไคโตซานมาก [1]

ไคโตซาเนสเป็นเอนไซม์เร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของพันธะไกลโคซิดิกของไคโตซาน ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ของเบตา 1,4 กลูโคซามีน (GlcN) โดยย่อยสลายไคโตซานตรงพันธะระหว่าง GlcN-GlcN, GlcN-GlcNAc (อะซิติลกลูโคซามีน) และ GlcNAc-GlcN แต่ไม่สามารถย่อยสลายพันธะระหว่าง GlcNAc-GlcNAc ได้ โดยพันธะระหว่าง GlcNAc-GlcNAc จะถูกย่อยสลายด้วยเอนไซม์ไคติเนสเพราะ โครงสร้างของไคติเนสจะจำเพาะเจาะจงกับไคติน จึงตัดเฉพาะตรงที่เป็นพันธะระหว่าง GlcNAc-GlcNAc [2] ไคติเนสและไคโตซาเนสพบในสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กรวมทั้งเชื้อราและแบคทีเรีย ซึ่งแบคทีเรียที่ผลิตไคติเนสและไคโตซาเนสมีความสำคัญในการรักษาความสมดุลของระบบนิเวศ สิ่งมีชีวิตที่มีไคตินและไคโตซานเป็นองค์ประกอบสามารถผลิตเอนไซม์ไคติเนสและเอนไซม์ไคโตซาเนสได้ นอกจากนี้ไคติเนสและไคโตซาเนสจากพืชสามารถใช้ในการยับยั้งและป้องกันเชื้อรา ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากผลผลิตของไคตินกับไคติเนสและไคโตซานกับไคโตซาเนสที่ได้จากพืชมีคุณสมบัติเหมาะสมต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา โรคพืช หรือสามารถสลายไคตินและไคโตซานเป็นเฮกซะเมอร์ (Hexamer) และเฮปตะเมอร์ (Heptamer) ของกลูโคซามีนและอะซิติลกลูโคซามีน ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากในการประยุกต์ใช้ โดยผลจากการรายงานส่วนใหญ่พบว่า ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ของเอนไซม์ไคติเนสและเอนไซม์ไคโตซาเนสจากพืชและแบคทีเรียมีความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ดี [3] และจากรายงานการวิจัยของวิชาญ ภู่บึงพร้าว และสุภาพร ปรูกระโทก [4] พบว่า ต้นอ่อนของกระถินบ้านอายุ 2 สัปดาห์มีค่ากิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์ไคโตซาเนสสูง และรายงานการวิจัยของพูนศุข ศรีโยธา [5] พบว่า เมล็ดจากก้ามปูมีค่ากิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์ไคติเนสสูงและได้ไคโอลิโกแซคคาไรด์ที่มีขนาดใหญ่เป็นเตตระเมอร์และเพนตะเมอร์ซึ่งน่าจะยับยั้งเชื้อราได้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำต้นอ่อนกระถินบ้านและต้นอ่อนก้ามปูอายุ 2 สัปดาห์ ซึ่งมีค่ากิจกรรมจำเพาะสูง มาศึกษาค่ากิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์ไคโตซาเนสและไคติเนส ตามลำดับ หาพีเอชและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยา และรูปแบบของผลิตผลที่เป็นไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ และนำไคโตโอลิโกแซคคาไรด์มาทดสอบการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา

วิธีดำเนินการวิจัย

1. สกัดเอนไซม์ไคโตซาเนสจากต้นอ่อนของกระถินบ้านอายุ 2 สัปดาห์ด้วยวิธีของชางและคณะ [6] โดยนำต้นอ่อนมา 10 กรัมบด และเติมโซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์เข้มข้น 0.1 โมลาร์ พีเอช 3.5 ที่มีพอลิไวนิลพอลิไพโรลิดอลเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 15,000 g เป็นเวลา 30 นาที จะได้สารละลายของสารสกัดไคโตซาเนส

2. หาค่ากิจกรรมของไคโตซาเนสด้วยวิธีของโทไรเมทและคณะ [7] โดยผสม 1 มิลลิลิตรของสารละลายไคโตซาน 1 เปอร์เซ็นต์ และ 1 มิลลิลิตรของสารสกัดไคซาเนส นำมาบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นต้มให้เดือด 3 นาที แล้วปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 6,000 g เป็นเวลา 10 นาที ปิเปตสารละลายใสมา 1.5 มิลลิลิตร เติม Schales'Reagent ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ให้ความร้อน 15 นาที วัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 400 นาโนเมตร เทียบกับกราฟมาตรฐานกลูโคซามีน

3. สกัดเอนไซม์ไคติเนสจากต้นอ่อนก้ามปูอายุ 2 สัปดาห์ด้วยวิธีของบอลเลอร์และคณะ (8) โดยนำต้นอ่อนมาบด เติมโซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์เข้มข้น 0.1 โมลาร์ พีเอช 3.5 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ที่มีฟีนิลเมธิลซัลโฟนิลฟลูออไรด์เข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ และพอลิไวนิลพอลิไพโรลิดอล เข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 25,000 g เป็นเวลา 30 นาที จะได้สารละลายของสารสกัดไคติเนส

4. หาค่ากิจกรรมของไคติเนสด้วยวิธีของบอลเลอร์และคณะ [8] โดยนำสารสกัดไคติเนส 200 ไมโครลิตรผสมกับคอยลอยด์ไอดอลไคตินเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ [9] ในโซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์เข้มข้น 0.1 โมลาร์ พีเอช 3.5 ปริมาตร 800 ไมโครลิตร บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที นำของผสมปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 5,000 g เป็นเวลา 10 นาที นำสารละลายใส 500 ไมโครลิตรมาเติม 0.8 โมลาร์ โซเดียมเตตระบอเรต ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ต้มในน้ำเดือด 3 นาที เติมสารละลายพาราไดเมธิลอะมิโนเบนซัลดีไฮด์ ปริมาตร 3 มิลลิลิตร บ่มในอ่างน้ำที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที วัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 585 นาโนเมตร เทียบกับกราฟมาตรฐานเอ็นอะซิติลกลูโคซามีน

5. หาปริมาณโปรตีนด้วยวิธีของเลาว์รีและคณะ [10] โดยนำสารสกัดไคโตซาเนสหรือสารสกัดไคติเนสมา 10 ไมโครลิตร ปรับปริมาตรเป็น 500 ไมโครลิตร ด้วยโซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์พีเอช 3.5 เติมสารละลายผสมคอปเปอร์ซัลเฟต 2.5 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที เติมสารละลาย 50 เปอร์เซ็นต์ โฟลินปริมาตร 250 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที วัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร เทียบกับกราฟมาตรฐานของโปรตีนโบไวน์ซีรัมอัลบูมีน (BSA)

6. ศึกษาผลของพีเอชและอุณหภูมิต่อการเร่งปฏิกิริยาด้วยวิธีของโกโมริ [11]

6.1 ศึกษาค่ากิจกรรมในช่วงพีเอช 3.0-10 (ช่วงต่าง 0.5) โดยพีเอชช่วง 3.0-6.0 ใช้โซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ ช่วงพีเอช 6.5-8.0 ใช้ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ และช่วงพีเอช 8.5-10 ใช้ทริสไฮโดรคลอริก เข้มข้น 0.1 โมลาร์ บ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที

6.2 ศึกษาค่ากิจกรรมที่อุณหภูมิ 30-70 องศาเซลเซียส (ช่วงต่าง 5 องศาเซลเซียส) โดยใช้อะซิเตตบัฟเฟอร์ที่พีเอช 3.5 บ่มที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 20 นาที

7. เตรียมไคโตโอลิโกแซคคาไรด์จากไคโตซาเนสด้วยวิธีของมิลเลอร์ (12) โดยผสมไคโตซานเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 800 ไมโครลิตรกับสารสกัดไคโตซาเนส 200 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง นำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 3 นาที และนำของผสมปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 5,000 g เป็นเวลา 10 นาที จะได้สารละลายไคโตโอลิโกแซคคาไรด์

8. เตรียมไคโตโอลิโกแซคคาไรด์จากไคติเนสด้วยวิธีของมิลเลอร์ [12] โดยผสมคอยลอยด์ไอดอลไคตินเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 800 ไมโครลิตรกับสารสกัดไคติเนส 200 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมงนำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 3 นาที และนำของผสมปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 5,000 g เป็นเวลา 10 นาที จะได้สารละลายไคโตโอลิโกแซคคาไรด์

9. ตรวจสอบรูปแบบไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ด้วยวิธีของเพานิบและไลซ์คีวิกซี [13]โดยสปอตสารตัวอย่างจากข้อ 5 จำนวน 4 จุด และสารมาตรฐานไคโตโอลิโกแซคคาไรด์อีก 1 จุด โดยใช้ตัวทำละลายเป็นโพรพานอล : น้ำ : แอมโมเนีย 70 : 30 : 1 และทำให้เกิดสีโดยสเปร์ยสารผสมของอะนิลีนบนแผ่น TLC นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 145 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที หาค่า Rf เปรียบเทียบกับสารมาตรฐานไคโตโอลิโกแซคคาไรด์

10. ศึกษาการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราด้วยวิธีของทรีพาธีและดูเบย์ [14] โดยตัดเชื้อราและนำมาเลี้ยงในจานเลี้ยงเชื้อที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน วางกระดาษกรองรูปวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 มิลลิเมตร รอบเชื้อราที่เลี้ยงไว้ 4 จุด ซึ่ง C คือ บัฟเฟอร์ 1 และ 2 คือ อัตราส่วนปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ เท่ากับ 1:2, 1:1 ตามลำดับ และ 3 คือ COS โดยใช้ C, 1, 2 และ 3 อย่างละ 50 ไมโครลิตร บ่มที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน สังเกตการณ์การยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. การหาค่ากิจกรรม ปริมาณโปรตีน ค่ากิจกรรมจำเพาะ พีเอช และอุณหภูมิที่เหมาะสมของเอนไซม์ไคโตซาเนส

เอนไซม์ไคโตซาเนสที่สกัดจากต้นอ่อนกระถินบ้าน อายุ 2 สัปดาห์ ด้วย 0.1 โมลาร์ โซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ พบว่ามีค่ากิจกรรมเท่ากับ 2.5960 ยูนิต/มิลลิลิตร ปริมาณโปรตีนเท่ากับ 14.022 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร และเมื่อนำค่ากิจกรรมและปริมาณโปรตีนมาคำนวณค่ากิจกรรมจำเพาะ พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.1851 ยูนิต/มิลลิกรัมโปรตีน เมื่อนำไคโตซาเนสจากต้นอ่อนกระถินบ้าน อายุ 2 สัปดาห์ มาหาค่ากิจกรรมในการเร่งปฏิกิริยาที่พบว่าพีเอชและอุณหภูมิที่เหมาะสมเท่ากับ 3.5 และ 45 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

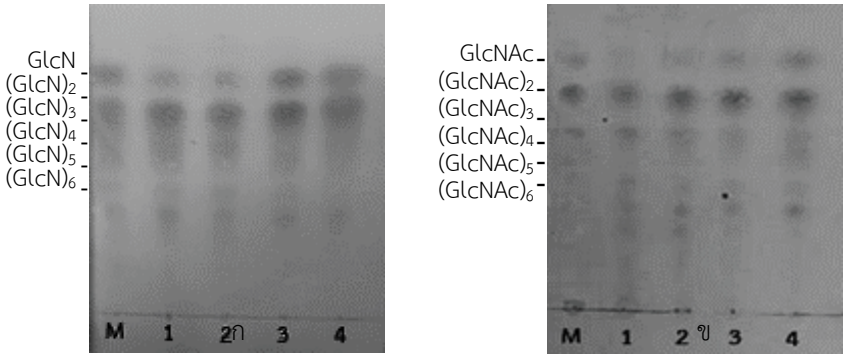
2. การหาค่ากิจกรรม ปริมาณโปรตีน ค่ากิจกรรมจำเพาะ พีเอช และอุณหภูมิที่เหมาะสมของเอนไซม์ไคติเนส

เอนไซม์ไคติเนสที่สกัดจากต้นอ่อนก้ามปูอายุ 2 สัปดาห์ ด้วย 0.1 โมลาร์ โซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ พบว่า มีค่ากิจกรรมเท่ากับ 19.2687 ยูนิต/มิลลิลิตร ปริมาณโปรตีนเท่ากับ 1.7835 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ และเมื่อนำค่ากิจกรรมและปริมาณโปรตีนมาคำนวณค่ากิจกรรมจำเพาะ พบว่ามีค่าเท่ากับ 10.8040 ยูนิต/มิลลิกรัมโปรตีน เมื่อนำไคโตซาเนสจากต้นอ่อนก้ามปู อายุ 2 สัปดาห์ มาหาค่ากิจกรรมในการเร่งปฏิกิริยา พบว่าพีเอชและอุณหภูมิที่เหมาะสมเท่ากับ 3.5 และ 45 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

3. การหารูปแบบของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (COS)

เมื่อนำไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากการสลายด้วยไคโตซาเนสจากต้นอ่อนกระถินบ้าน มาหารูปแบบด้วย TLC พบว่าเวลาที่ใช้ในการบ่ม 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง จะได้ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ขนาดต่าง ๆ กัน และเมื่อใช้เวลาในการบ่ม 30 นาที จะได้ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่มีขนาดตั้งแต่ 1-5 ($(GlcN)_{1-5}$) ที่ แต่เมื่อใช้เวลาในการบ่มเพิ่มขึ้นเป็น 1, 2, และ 4 ชั่วโมง จะมีโมเลกุลขนาดเล็กของ GlcN และ $(GlcN)_2$ เพิ่มขึ้น ในขณะที่ $(GlcN)_3$ และ $(GlcN)_4$ ลดลง แสดงว่า $(GlcN)_3$ ถูกสลายไปเป็น GlcN+$(GlcN)_2$ และ $(GlcN)_4$ ถูกสลายไปเป็น $(GlcN)_2$+$(GlcN)_2$ ดังภาพที่ 1 ก

เมื่อนำไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากการสลายด้วยไคติเนสจากต้นอ่อนก้ามปู มาหารูปแบบด้วย TLC พบว่า เวลาที่ใช้ในการบ่ม 30 นาที 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง จะได้ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ขนาดต่าง ๆ กัน เมื่อใช้เวลาในการบ่ม 30 นาที จะได้ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่มีขนาดตั้งแต่ 2-6 ($(GlcNAc)_{2-6}$) และจะมีโมเลกุลขนาดเล็กของ GlcNAc และ $(GlcNAc)_2$ เพิ่มขึ้น เมื่อใช้เวลาบ่มเพิ่มเป็น 1, 2 และ 4 ชั่วโมง ในขณะที่ $(GlcNAc)_3$, $(GlcNAc)_5$ และ $(GlcNAc)_6$ ลดลง แสดงว่า $(GlcNAc)_3$ ถูกสลายไปเป็นGlcNAc+$(GlcNAc)_2$, $(GlcNAc)_5$ ถูกสลายไปเป็น GlcNAc+$(GlcNAc)_2$+$(GlcNAc)_2$ และ $(GlcNAc)_6$ ถูกสลายไปเป็น $(GlcNAc)_2$+$(GlcNAc)_2$+$(GlcNAc)_2$ ดังภาพที่ 1 ข

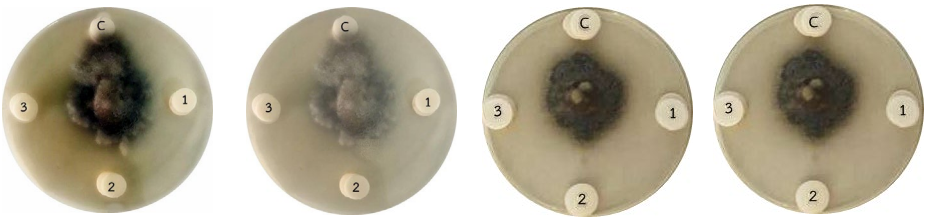


ภาพที่ 1 รูปแบบของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากการสลายด้วยเอนไซม์ไคโตซาเนสและไคติเนส โดยใช้เวลาในการบ่มต่างกัน M: สารมาตรฐานไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ขนาด 1-6 โมเลกุล ($(GlcNAc)_{1-6}$), 1: ใช้เวลาบ่ม 30 นาที 2: ใช้เวลาบ่ม 1 ชั่วโมง 3: ใช้เวลาบ่ม 2 ชั่วโมง และ 4: ใช้เวลาบ่ม 4 ชั่วโมง โดยภาพที่ 1 ก เป็นไคโตโอลิโกแซคคาไรด์จากไคโตซาเนส และภาพที่ 1 ข เป็นไคโตโอลิโกแซคคาไรด์จากไคติเนส

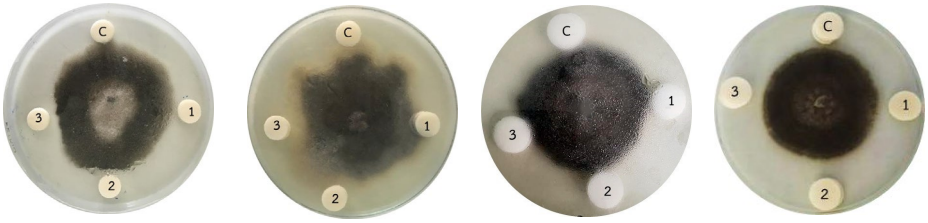
จากภาพที่ 1 ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากไคโตซาเนสจะมีโมเลกุลของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ขนาดใหญ่ คือ $(GlcNAc)_4$ $(GlcNAc)_5$, $(GlcNAc)_6$ น้อยกว่าไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากไคติเนส แต่มีไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ขนาดเล็ก คือ GlcNAc, $(GlcNAc)_2$, $(GlcNAc)_3$ มากกว่า

4. การศึกษาการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา

COS ที่ได้จากการสลายด้วยไคโตซาเนสและไคติเนสที่เวลาในการบ่มต่าง ๆ สามารถยับยั้งได้ 4 ชนิดจากเชื้อรา 5 ชนิด คือ *Bipolaris oryzae*, *Curvularia lunata*, *Magnaporthe oryzae* และ *Setosphaeria oryzae* ที่อัตราส่วนปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ เท่ากับ 1:2 และ 1:1 และ COS ที่ไม่เจือจาง แต่ไม่สามารถยับยั้ง *Rhizopus oligosporus* ดังตารางที่ 1 และ ตารางที่ 2 และตัวอย่างในภาพที่ 2-6 COS ที่ได้จากการย่อยสลายไคตินด้วยไคติเนสจะยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ดีกว่าโดยใช้อัตราส่วนปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ เท่ากับ 1:2 ที่ได้จากการย่อยสลายไคโตซานด้วยไคโตซาเนสจะยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา ที่อัตราส่วนปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ เท่ากับ 1:2 และ 1:1 และ COS ที่ไม่เจือจาง โดยขึ้นกับชนิดของเชื้อรา

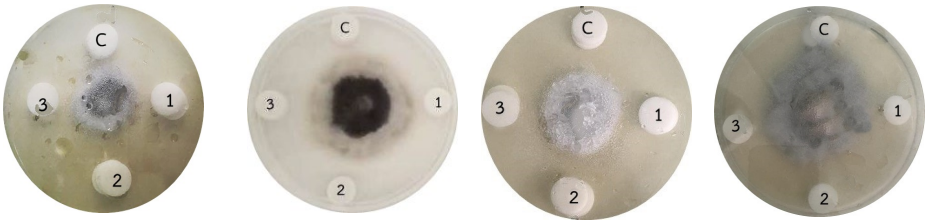


ภาพที่ 2 การยับยั้งเชื้อรา *Bipolaris oryzae* ด้วย COS ที่ได้จากไคติเนสของการใช้เวลาในการบ่มต่าง ๆ ก. 30 นาที, ข. 1 ชั่วโมง, ค. 2 ชั่วโมง, ง. 4 ชั่วโมง และ c คือ บัฟเฟอร์, 1 คือ ปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ = 1:2, 2 คือ ปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ 1:1, 3 คือ COS



ก ข ค ง

ภาพที่ 3 การยับยั้งเชื้อรา *Curvularia lunata* ด้วย COS ที่ได้จากไคติเนสของการใช้เวลาในการบ่มต่าง ๆ ก. 30 นาที, ข. 1 ชั่วโมง, ค. 2 ชั่วโมง, ง. 4 ชั่วโมง และ c คือ บัฟเฟอร์, 1 คือ ปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ = 1:2, 2 คือ ปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ 1:1, 3 คือ COS



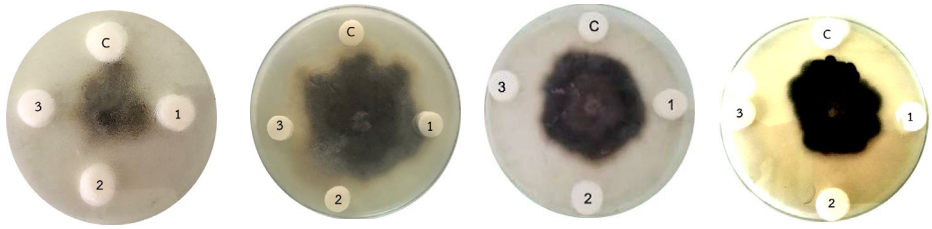
ก ข ค ง

ภาพที่ 4 การยับยั้งเชื้อรา *Magnaporthe oryzae* ด้วย COS ที่ได้จากไคติเนสของการใช้เวลาในการบ่มต่าง ๆ ก. 30 นาที, ข. 1 ชั่วโมง, ค. 2 ชั่วโมง, ง. 4 ชั่วโมง c คือ บัฟเฟอร์, 1 คือ ปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ = 1:2, 2 คือ ปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ 1:1, 3 คือ COS



ก ข ค ง

ภาพที่ 5 การยับยั้งเชื้อรา *Rhizopus oligosporus* ด้วย COS ที่ได้จากไคติเนสของการใช้เวลาในการบ่มต่าง ๆ ก. 30 นาที, ข. 1 ชั่วโมง, ค. 2 ชั่วโมง, ง. 4 ชั่วโมง และ c คือ บัฟเฟอร์, 1 คือ ปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ = 1:2, 2 คือ ปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ 1:1, 3 คือ COS



ก ข ค ง

ภาพที่ 6 การยับยั้งเชื้อรา *Setosphaeria oryzae* ด้วย COS ที่ได้จากไคติเนสของการใช้เวลาในการบ่มต่าง ๆ ก. 30 นาที, ข. 1 ชั่วโมง, ค. 2 ชั่วโมง, ง. 4 ชั่วโมง และ c คือ บัฟเฟอร์, 1 คือ ปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ = 1:2, 2 คือ ปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ 1:1, 3 คือ COS

ตารางที่ 1 การยับยั้งเชื้อราของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์จากไคโตซาเนสโดยใช้เวลาในการบ่มต่าง ๆ

เชื้อรา	เวลา/ปริมาตรไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ : บัฟเฟอร์											
	30 นาที			1 ชั่วโมง			2 ชั่วโมง			4 ชั่วโมง		
	1:2	1:1	COS	1:2	1:1	COS	1:2	1:1	COS	1:2	1:1	COS
Bipolaris oryzae	√	√	√	√	√	√	—	√	√	—	—	√
Curvularia lunata	—	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Magnaporthe oryzae	√	√	√	—	√	√	—	√	√	—	√	√
Rhizopus oligosporus	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Setosphaeria oryzae	√	√	√	—	√	√	—	—	√	√	√	√

ตารางที่ 2 การยับยั้งเชื้อราของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์จากไคติเนสโดยใช้เวลาในการบ่มต่าง ๆ

เชื้อรา	เวลา/ปริมาตรไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ : บัฟเฟอร์											
	30 นาที			1 ชั่วโมง			2 ชั่วโมง			4 ชั่วโมง		
	1:2	1:1	COS	1:2	1:1	COS	1:2	1:1	COS	1:2	1:1	COS
Bipolaris oryzae	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Curvularia lunata	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Magnaporthe oryzae	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Rhizopus oligosporus	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Setosphaeria oryzae	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

เมื่อเปรียบเทียบการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราด้วยไคโตโอลิโกแซคคาไรด์แต่ละแหล่งก็จะแตกต่างกันตามชนิดของไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ โดยไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่เป็นเฮกซะเมอร์และเฮปตะเมอร์จะยับยั้งเชื้อราได้ดี [15] สำหรับไคโตโอลิโกแซคคาไรด์จากไคติเนสที่สกัดจากต้นอ่อนก้ามปูอายุ 2 สัปดาห์ จะยับยั้งเชื้อรา4 ชนิด จาก 5 ชนิด โดยใช้อัตราส่วนปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ เท่ากับ 1:2 ในขณะที่ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์จากไคโตซาเนสที่สกัดจากต้นอ่อนกระถินบ้านอายุ 2 สัปดาห์ จะยับยั้งเชื้อรา 4 ชนิด จาก 5 ชนิด โดยใช้อัตราส่วนปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ เท่ากับ 1:2 และ 1:1 และ COS ที่ไม่เจือจาง ซึ่งจากภาพที่ 1 พบว่า ไคโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากไคติเนสมีเพนตะเมอร์และเฮกซะเมอร์มากกว่าไคโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากไคติเนส เมื่อบ่มเป็นเวลาที่นานขึ้นคือ 1, 2 และ 4 ชั่วโมง จึงสามารถยับยั้งเชื้อราได้ดีกว่า

สรุป

1. ไคโตซาเนสจากต้นอ่อนกระถินบ้าน อายุ 2 สัปดาห์ มีค่ากิจกรรมเท่ากับ 2.5960 ยูนิต/มิลลิตร ปริมาณโปรตีนเท่ากับ 14.0220 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร และค่ากิจกรรมจำเพาะเท่ากับ 0.1851 ยูนิต/มิลลิกรัม ตามลำดับ พีเอชและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาคือ 3.5 และ 45 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

2. ไคติเนสจากต้นอ่อนก้ามปู อายุ 2 สัปดาห์ มีค่ากิจกรรมเท่ากับ 19.2687 ยูนิต/มิลลิตร ปริมาณโปรตีนเท่ากับ 1.7835 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร และค่ากิจกรรมจำเพาะเท่ากับ 10.8040 ยูนิต/มิลลิกรัม ตามลำดับ พีเอชและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกิริยาคือ 3.5 และ 45 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

3. ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากการย่อยของไคโตซาเนสที่สกัดจากต้นกระถินบ้าน อายุ 2 สัปดาห์ ที่ใช้เวลาย่อย 30 นาที จะมีไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ขนาด 1-5 ($(GlcN)_{1-5}$) แต่เมื่อใช้เวลาในการบ่มเพิ่มเป็น 1 ชั่วโมง 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง จะได้ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่มีขนาดโมเลกุลเล็กของ GlcN และ $(GlcN)_2$ เพิ่มขึ้น

4. ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์จากการย่อยของไคติเนสจากต้นอ่อนก้ามปู อายุ 2 สัปดาห์ ที่ใช้เวลาย่อย 30 นาที มีไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ขนาด 2-6 ($(GlcN)_{2-6}$) และจะมีโมเลกุลขนาดเล็กของ GlcNAc และ $(GlcNAc)_2$ เพิ่มขึ้น เมื่อใช้เวลาบ่มเพิ่มเป็น 1, 2 และ 4 ชั่วโมง ในขณะที่ $(GlcNAc)_3$, $(GlcNAc)_5$ และ $(GlcNAc)_6$ ลดลง

5. ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ได้จากไคโตซาเนสและไคติเนสสามารถยับยั้งเชื้อราได้ 4 ชนิด คือ *Bipolaris oryzae*, *Curvularia lunata*, *Magnaporthe oryzae* และ *Setosphaeria oryzae* โดยไคโตโอลิโกแซคคาไรด์จากไคโตซาเนสใช้อัตราส่วนปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ เท่ากับ 1:2 และ 1:1 และ COS ที่ไม่เจือจาง แต่ไคโตโอลิโกแซคคาไรด์จากไคติเนสใช้อัตราส่วนปริมาตร COS : บัฟเฟอร์ เท่ากับ 1:2

เอกสารอ้างอิง

1. Park JE, Park CJ, Sakchaisri K, Karpova T, Asano S, McNally J, Sunwoo Y, Leem SH., Lee KS. Novel Functional Dissection of the Localization- Specific roles of Budding Yeast Polo Kinase Cdc5p. Journal of Molecular Cell Biology 2004;24(22):73-86.
2. Aam BB, Heggset EB, Norberg AL, Sorlie M, Varum KM, Eijsink VGH. Production of Chitooligosaccharides and their Potential Applications in Medicine. Marine Drugs 2010;8(5):1482-1517.
3. Lievens B, Houterman PM, Rep M. Effector Gene Screening Allows Unambiguous Identification of *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici Races and Discrimination from other Formae Specials. FEMS Microbiology Letters 2009;300(2):201–215.
4. วิชาญ ภู่บึงพร้าว และสุภาพร ปรูกระโทก. การหาเอนไซม์ไคโตซาเนสจากข้าวไทย. โปรแกรมเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์: ปทุมธานี. 2548.
5. พูนศุข ศรีโยธา. รายงานการวิจัยเรื่องเอนไซม์สลายไคตินและคุณสมบัติในการเร่งปฏิกิริยา. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 2540.
6. Chang CT, Lin YL, Lu SW, Huang CW, Wang YT, Chung YC. Characterization of a Chitosanase from Jelly Fig (*Ficus awkeotsang*Makino) Latex and Its Application in the Production of Water-Soluble Low Molecular Weight Chitosans. Plos one 2016;DOI:10.1371/journal.pone.0150490 March 3, 2016.
7. Tolaimate A, Desbrieres J, Rhazi M, Alagui A. Contribution to the Preparation of Chitins and Chitosan with Controlled Physic-chemical Properties. Polymer 2003;44(26):7939-7952.
8. Boller T, Gehri A, Mauch F, Vogeli U. Chitinase in Bean Leaves: Induction by Ethylene, Purification, Properties and Possible Function. Planta 1983;157:22-31.
9. Berger LR, Reynold DM. The Chitinase System of a Strain of Griseus. Biochimica et Biophysica Acta 1958;29(3):522–534.
10. Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, Randall RJ. Protein Measurement with the Folin Phenol Reagent. Journal of Biological Chemistry 16951;193:265-275.
11. Gomori G. Preparation of Buffers for Use in Enzymes Studies. Methodology Enzymology 1955;1:139-146.
12. Miller GC. Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Estermination of Reducing Sugar. Analytical Chemistry 1959;31:426-428.
13. Pownibg RF, Lrzykiewicy H. Seperation of Chitin Oligosaccharide by Thin Layer Chromatography. Journal of Chromatography 1967;27:115-119.
14. Tripathi P, Dubey NK. Evaluation of some essential oils as botanical fungitixicants in management of post-harvest rotting of citrus fruits. World. Journal of Microbiology and Biotechnology 2004;20:317-321.
15. Lievens B, Houterman PM, Rep M. Effector Gene Screening Allows Unambiguous Identification of *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici Races and Discrimination from other Formae Specials. FEMS Microbiology Letters 2009;300 (2):201–215

[BS-P15] การสกัดเพคตินจากเปลือกส้มซ่าเพื่อผลิตแยมส้มซ่า

Pectin Extraction from Bitter Orange (*Citrus Aurantium* L. cv. Group Bouquetier) for Jam Productions

สุรีวัลย์ สิมชาติ[1], สุภาวิตา บุดดาเวียง[1], นิภาพร พลเยี่ยม[1], และ วัฒนา อัจฉริยะโพธา[*2]
Surewan Simchat[1] Supavita Buddaviang[1] Nipapon Polyium[1] and Watana Aschariyaphotha[*2]
[1]หลักสูตรชีววิทยาและวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
[2]หลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: Wattana@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

เพคตินเป็นสารประกอบพอลิเมอร์ประเภทเฮเทอโรโพลีแซคคาไรด์ที่มีอยู่ในผนังเซลล์ของพืช ส่วนใหญ่สกัดได้จากพืชตระกูลส้ม เพคตินใช้เป็นสารก่อเจลในอาหารโดยเฉพาะในยา ขนม โดยเฉพาะในแยมและเยลลี่ นอกจากนี้ยังใช้เป็นสารคงตัวในน้ำผลไม้และนม ตลอดจนเป็นแหล่งของใยอาหาร งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบปริมาณและชนิดของเพคตินที่ได้จากการสกัดเปลือกส้มซ่า 10 กรัม ด้วยกรดซิตริก กรดไฮโดรคลอริก และกรดแอซิติกเข้มข้น 0.5 M และศึกษาลักษณะแยมส้มซ่าที่ใช้เพคตินที่สกัดได้ พบว่าร้อยละเพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริก กรดไฮโดรคลอริก และกรดแอซิติกมีน้ำหนัก คือ 4.34±0.92, 3.68±0.75 และ 1.78±0.22 ตามลำดับ เพคตินที่สกัดได้จากกรดซิตริกมีปริมาณเมทอกซิล ร้อยละ 8.69 ในขณะที่เพคตินที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกและกรดแอซิติกมีปริมาณเมทอกซิล ร้อยละ 7.25 และ 6.62 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่ากรดแต่ละชนิดมีผลทำให้มีลักษณะเพคตินแตกต่างกัน คุณลักษณะของแยมส้มซ่าที่ใช้เพคตินที่สกัดจากกรดซิตริกมีค่าของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้คือ 49.4 องศาบริกซ์ ค่า pH คือ 2.98 ค่าของความแข็งของเจล 3.472 กรัม ค่าของแรงที่กระทำให้เจลแตกตัวเท่ากับ 11.601 กรัม ค่าระยะทางความกว้างที่ทำให้เจลแตกตัวเท่ากับ -22.565 มิลลิเมตร และค่าการยึดติดเท่ากับ -8.957 N.sec ซึ่งผลิตภัณฑ์แยมส้มซ่าได้ค่าความหนืดที่ใกล้เคียงกับแยมที่จำหน่ายในท้องตลาด

คำสำคัญ: *เพคติน, แยม, ส้มซ่า*

Abstract

Pectin is a structural heteropolysaccharide contained in the primary cell walls plants. Pectin was found in the shell of citrus fruits and was used in food as a gelling agent. It was also used in medicines, sweets, particularly in jams and jellies, as a stabilizer in fruit juices and milk drinks, and as a source of dietary fiber. Therefore, the purpose of this study is to compare the amount and type of pectin and the characteristic of bitter orange jam that uses extract pectin which obtained from 10 grams of bitter orange peel. The bitter orange peel was extracted with 0.5M hydrochloric acid, citric acid, and acetic acid, and pectin value was 4.34±0.92%, 3.68±0.75% and 1.78±0.22%, respectively. Pectin extract from citric acid contains 8.55% methoxyl, while pectin extract with hydrochloric acid and acetic acid was 7.25% and 6.62% respectively, indicating that the type of acid has affected different pectin characteristics. The characteristic of the bitter orange jam using pectin extracted from citric acid had a total soluble solids value of 49.4 °Brix, pH was 2.98, the gel strength value was 3.472 g, the rupture strength

was 11.601 grams, the brittleness value was -22.565 mm, and the adhesiveness value was -8.957 N.sec, which the bitter orange jam product has the characteristics close to the commercially available orange jam.

Keywords: *pectin, jam, bitter orange*

บทนำ

เพคติน (Pectin) เป็นสารประกอบพอลิเมอร์ที่พบในพืชจัดเป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรตเช่นเดียวกับแป้งและเซลลูโลส พบได้ในเซลล์ของพืชที่มีอายุน้อยในส่วนของชั้นระหว่างเส้นใยของผนังเซลล์ชั้นแรกโดยจะทำหน้าที่ในการยึดเหนี่ยวเซลล์เข้าด้วยกัน สารเพคตินสามารถนำมาเป็นส่วนผสมในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มเพื่อทำให้เกิดเนื้อสัมผัสตามต้องการ โดยมีคุณสมบัติพิเศษคือเมื่อละลายน้ำจะพองตัวเป็นเจล ทำหน้าที่ได้ทั้งการเป็นสารก่อสภาพเจล (Gelling agent) สารเพิ่มความเข้มข้นของของเหลว (Thickener หรือ Thickening agent) และสารเพิ่มความคงตัว (Stabilizer) จึงถูกนำไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวาง เช่น ใช้เป็นส่วนผสมในการทำผลิตภัณฑ์แยม เยลลี่ เป็นสารเพิ่มความข้นหนืดในซอสและผลิตภัณฑ์มะเขือเทศ มายองเนส น้ำสลัด เครื่องดื่มและนำมาใช้ผลิตอาหาร นอกจากเพคตินจะใช้ในอุตสาหกรรมเป็นสารผสมอาหารโดยตรงแล้ว ยังสามารถนำมาใช้เป็นเส้นใยอาหารในรูปของอาหารเสริมสุขภาพ เช่น ช่วยลดคลอเลสเตอรอล และลดระดับน้ำตาลในเลือด ใช้เป็นเส้นใยอาหารป้องกันโรคระบบทางเดินอาหาร และยังใช้ในด้านเภสัชกรรมโดยจะช่วยเพิ่มการทำงานของยา เป็นต้น[1] ปัจจุบันประเทศไทยต้องนำเข้าเพคตินจากต่างประเทศเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและยา รวมทั้งใช้ผลิตอาหารประเภทเยลลี่ และอาหารเสริมประเภทต่างๆ โดยราคาของเพคตินขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ผลิต และเกรดของเพคติน ซึ่งในทางการค้านิยมสกัดเพคตินจากเปลือกผลไม้ตระกูลส้มและกากแอปเปิ้ล เพคตินที่นำเข้าประเทศไทยเป็นเพคตินระดับอุตสาหกรรม ราคาประมาณ 3,800 บาท/กิโลกรัม และระดับเภสัชกรรม ราคา 6,650 –10,161 บาท/กิโลกรัม และไม่แบ่งจำหน่ายในปริมาณน้อยๆ ดังนั้นจึงมีความต้องการอย่างเร่งด่วนที่จะผลิตเพคตินภายในประเทศเพื่อป้อนเข้าสู่ตลาดอุตสาหกรรมอาหารและยาตลอดจนในระดับธุรกิจขนาดเล็กและครัวเรือน[2,3] ดังนั้นหากมีสิ่งอื่นใดที่สามารถทดแทนเพคตินที่นำเข้าจากต่างประเทศได้จะเป็นผลดีอย่างยิ่งต่อระบบเศรษฐกิจ จึงเกิดความต้องการที่จะผลิตเพคตินภายในประเทศเพื่อเป็นการลดต้นทุนในการผลิตจึงควรมีการศึกษาเพื่อหาวิธีการสกัดเพคตินที่มีประสิทธิภาพ ทั้งนี้หากเป็นสิ่งที่ได้มาจากผลผลิตทางการเกษตรจะช่วยส่งเสริมอาชีพเกษตรกร เพิ่มมูลค่าให้กับผลิตผลได้เป็นอย่างดี

ในงานวิจัยที่สกัดเพคตินในพืชตระกูลส้มโดย[1] ได้ศึกษาถึงวิธีการสกัดเพคตินจากเปลือกและกากผลส้มเหลือทิ้ง โดยใช้กรดไฮโดรคลอริก และตกตะกอนเพคตินด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 คุณสมบัติของเพคตินที่ได้มีผลผลิต (Yield) ร้อยละ 18.48 ปริมาณความชื้น (Moisture) ร้อยละ 7.79 ปริมาณเถ้า (ash) ร้อยละ 5.42 ปริมาณกรดกาแลคทูโรนิก (Aalacturonic acid) ร้อยละ 66.25 และปริมาณเมทอกซิล (Methoxyl) ร้อยละ 4.12 นอกจากนี้ ธานุวัฒน์ ลาภตันศุถผล ปฏิมา ทองขวัญ และศิริลักษณ์ สรงพรมทิพย์[4] เพคตินจากเปลือกมะนาวด้วยไฮโดรคลอริก มีปริมาณเพคตินสูงที่สุดคือร้อยละ 16.36±1.43 และมีปริมาณเมทอกซิล ร้อยละ 11.38±0.47 และยังมีงานวิจัยของ Shaha, Punichelvana และ Afandi[5] ศึกษาการสกัดเพคตินจากเปลือกมะกรูดแห้งโดยจะใช้ กรดซิตริก กรดไฮโดรคลอริก และกรดไนตริก ใช้อุณหภูมิที่แตกต่างกัน (45 65 และ 90 องศาเซลเซียส และการทำให้แห้งต่างกันคือโดยการผึ่งแดดและอบด้วยไมโครเวฟ โดยสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด คือ การใช้กรดซิตริก ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส โดยการอบด้วยไมโครเวฟ เพคตินที่สกัดได้มีปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 12.40 กรดแอนไฮดรูโรนิก (Anhydrouronic : A.U.A) เท่ากับร้อยละ 85.07 น้ำหนักสมมูลเท่ากับ 234.742 ปริมาณเมทอกซิลเท่ากับร้อยละ 1.78 และระดับเอสเทอริฟิเคชั่นเท่ากับร้อยละ 11.86 เพคตินที่ได้จากเปลือกมะกรูดสามารถแยกเป็นประเภทเมทอกซิลต่ำและสามารถที่จะนำไปใช้ในโรงงานผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำตาลต่ำ เช่น แยมน้ำตาลต่ำ และเยลลี่ได้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการหาวิธีสกัดเพคตินออกจากเปลือกส้มซ่า ซึ่งทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการสกัดโดยใช้กรดไฮโดคลอริก กรดซิตริก และกรดแอซิติกเพื่อนำมาผลิตแยมส้มซ่า เป็นการช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัตถุดิบทางการเกษตรที่มีอยู่ในท้องถิ่น

วิธีดำเนินการวิจัย

1. พืชตัวอย่าง

ส้มซ่า ซื้อจากบ้านหนองขอนแก่น ตำบลคำนาดี อำเภอโพนทอง จังหวัดร้อยเอ็ด โดยใช้เวลาในการส่ง 2 วัน มาถึงมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

2. การเตรียมตัวอย่าง

เปลือกส้มซ่าที่จะใช้ในการสกัดเพคติน

หั่นเปลือกส้มซ่าปอกเอาสีเขียวออกให้เหลือแต่สีขาว ตัดให้เป็นชิ้นเล็กๆ ขนาด 0.5 x 0.5 ซม. ทำให้แห้งโดยการอบด้วยไมโครเวฟเมื่อแห้งแล้วนำมาใส่ถุงแล้วปิดให้สนิทเก็บในที่แห้งและเย็น

3. การสกัดเพคติน[4,6]

นำเปลือกส้มซ่าแห้ง 10 กรัม ใส่บีกเกอร์ แต่ละบีกเกอร์ใส่สารสำหรับใช้สกัด ได้แก่ กรดไฮโดรคลอริก กรดซิตริก และกรดแอซิติกเข้มข้น 0.5 M โดยอัตราส่วนเปลือกส้มซ่าต่อกรด คือ 1 : 12 มวลต่อปริมาตร ทำการทดลองในกรดแต่ละชนิดจำนวน 5 ซ้ำ นำบีกเกอร์ไปแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ที่ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นกรองผ่านผ้าขาวบางขณะร้อน แยกส่วนใสเก็บไว้ นำส่วนตะกอนที่กรองแล้วไปเติมกรดชนิดเดิม เข้มข้น 0.5 M โดยอัตราส่วนตะกอนต่อกรด 1: 12 มวลต่อปริมาตร แล้วนำไปสกัดที่สภาวะเดิมอีกครั้งแล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง นำส่วนใสที่ผ่านการกรองด้วยผ้าขาวบางทั้ง 2 ครั้ง มาเทรวมกัน ทำการตกตะกอนเพคติน โดยเติมเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 โดยอัตราส่วนของส่วนใสที่กรองต่อเอทานอล คือ 1 : 1 ปริมาตรต่อปริมาตร เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 ชั่วโมง กรองแยกตะกอนเพคตินโดยใช้เครื่องกรองสุญญากาศ แล้วล้างตะกอนเพคตินด้วยเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 นำเพคตินที่สกัดได้มาอบแห้งที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักเพคติน แล้วบดให้เป็นผง ผงเพคตินที่ยังไม่ใช้ให้เก็บใส่ในถุงซิปในที่แห้งและเย็น

คำนวณหาร้อยละปริมาณผลผลิต โดยใช้สูตร

$$\text{ร้อยละผลผลิต} = \frac{\text{น้ำหนักเพคตินหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

4. การหาปริมาณเมทอกซิล [4]

ชั่งน้ำหนักเพคตินผง ที่ได้จากการสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก กรดซิตริก และ กรดแอซิติกใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร ขวดละ 0.5 กรัม เติมเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 ขวดละ 2 มิลลิลิตร จากนั้นละลายด้วยน้ำที่ปราศจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ขวดละ 100 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วหยดฟีนอล์ฟทาลีน 5 หยด ทำการไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 M แล้วบันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นปริมาตรที่ 1 เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 M ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าแรงๆ ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 M ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าจนสีชมพูหายไป หยดฟีนอล์ฟทาลีนลงในขวดรูปชมพู่ ขวดละ 5 หยด นำไปไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 M แล้วบันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นปริมาตรที่ 2

คำนวณหาค่า Degree of esterification (%DE) จากสูตร

$$\%DE = \frac{\text{ปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาตรที่ 2}}{\text{ปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาตรที่ 1 + ปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาตรที่ 2}} \times 100$$

นำค่า %DE ที่ได้ไปหาปริมาณเมทอกซิล ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการเกิดเอสเทอริฟิเคชันกับปริมาณเมทอกซิล

5. วิธีทำแยมส้มซ่า (ดัดแปลงจาก กิตติศักดิ์ และสรวิศ [7])

นำเนื้อส้มซ่า 500 กรัม และน้ำส้มซ่า 300 กรัม ใส่ในกระทะแล้วตั้งไฟ แบ่งน้ำตาลทราย 50 กรัมผสมกับผงเพคติน 5 กรัม ค่อยๆ โรยลงในน้ำส้มซ่า คนจนน้ำตาลทรายละลาย จากนั้นเติมน้ำตาลทราย 550 กรัม คนให้ละลายแล้วกวนต่อไปเรื่อยๆ เติมเกลือป่น ครึ่งช้อนชาลงไป แล้วคนต่อไปชักพัก จากนั้นบรรจุแยมขณะที่ยังร้อนลงขวดสะอาดที่ฆ่าเชื้อแล้วปิดฝาตั้งไว้ให้เย็น แยมจะแข็งตัว

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ปริมาณเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกส้มซ่า

การเปรียบเทียบปริมาณเพคตินที่ได้จากเปลือกส้มซ่าแห้ง 10 กรัม โดยใช้วิธีการสกัดด้วย กรดไฮโดรคลอริก กรดซิตริก และกรดแอซิติก พบว่าเมื่อสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก กรดซิตริก และกรดแอซิติกเข้มข้น 0.5 M ได้เพคตินเฉลี่ยร้อยละ 4.34±0.92, 3.68±0.75 และ 1.78±0.22 ตามลำดับ ในการใช้กรดไฮโดรคลอริกได้ปริมาณเพคตินสูงที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชวนิฏฐ์ สิทธิดิลกรัตน์ และคณะ[1] ที่การสกัดเพคตินจากเปลือกและกากผลส้ม โดยเปรียบเทียบชนิดของกรดที่ใช้ในการสกัด ได้แก่ กรดไฮโดรคลอริค และกรดไนตริก พบว่าปริมาณเพคตินที่ได้หลังจากสกัด มีค่าเท่ากับ 18.31 กรัม และ 16.58 กรัม ตามลำดับ ซึ่งการใช้กรดไฮโดรคลอริก ให้ปริมาณเพคตินที่สูงกว่ากรดไนตริกเล็กน้อย แต่ด้วยราคาที่ถูกกว่าของกรดไฮโดรคลอริก จึงนิยมนำมาใช้ในการสกัดเพคติน

2. การหาค่าเมทอกซิล

นำปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ได้จากการไทเทรต ไปคำนวณหาค่า %DE และนำไปเทียบกับตารางความสัมพันธ์ระหว่างค่า %DE กับปริมาณเมทอกซิล[8] เพคตินที่ได้จากการสกัดโดยใช้กรดซิตริกมีปริมาณเมทอกซิลมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 8.69 ในขณะที่เพคตินที่ได้จากการสกัดโดยใช้กรดไฮโดรคลอริก คิดเป็นร้อยละ 7.25 และเพคตินที่ได้จากการสกัดโดยใช้กรดแอซิติกปริมาณเมทอกซิลน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 6.62 เมื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า %DE กับปริมาณเมทอกซิลในเพคติน พบว่า เพคตินที่ได้จากวิธีการสกัดด้วยกรดซิตริกเป็นเพคตินที่มีเมทอกซิลสูง (High methoxyl pectin, HM) มีลักษณะคือจะสามารถก่อตัวให้เป็นเจลได้เมื่อมีของแข็งที่ละลายได้ (Total - soluble solid) มากกว่าร้อยละ 55 (น้ำหนักต่อปริมาตร) เหมาะที่จะใช้กับอาหารที่มี pH ต่ำกว่า 3.5 (ประมาณ 2 - 3.5) ซึ่งลักษณะของเพคตินที่ได้จากการสกัดด้วยกรดซิตริกเป็นสภาวะเหมาะสมที่ใช้ในการผลิตแยมทั่วไป ส่วนกรดไฮโดรคลอริกและกรดแอซิติกเป็นเพคตินที่มีเมทอกซิลต่ำ (Low methoxyl pectin, LM) มีลักษณะที่สามารถจะเกิดเจลได้ที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ต้องมีของแข็งที่ละลายได้ (Soluble solid) แต่ต้องมีไอออนของโลหะบางชนิดช่วยในการเกิดเจล เช่น แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) อยู่ประมาณร้อยละ 3 และมีของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solid) ตั้งแต่ร้อยละ 10 - 80 ที่ pH ในช่วงตั้งแต่ 2.9 - 5.5 ลักษณะเจลที่ได้จะเป็นเจลชนิดที่สามารถ

อ่อนตัวลงเปลี่ยนกลับเป็นของเหลวเมื่อได้รับความร้อน (Thermoreverible gel) เนื้อสัมผัสของเจลจะมีความอ่อนนุ่มและยืดหยุ่นมากกว่าเจลที่ได้จากเพคตินที่มีเมทอกซิลสูง (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 ร้อยละเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกส้มซ่าแห้ง 10 กรัม

สารละลาย	ร้อยละเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกส้มซ่า					เฉลี่ย
กรดไฮโดรคลอลิก	4.9	3.2	3.5	4.9	5.2	4.34±0.92
กรดซิตริก	4.5	4	3.1	2.7	4.1	3.68±0.75
กรดแอซิติก	2	1.5	2	1.7	1.7	1.78±0.22

ตารางที่ 2 ปริมาณเมทอกซิลของเพคตินที่สกัดได้จากเปลือกส้มซ่า

สารละลาย	**ปริมาณร้อยละของเมทอกซิล**	**Degree of esterification (%DE)**
กรดไฮโดรคลอริก	7.25	44.65
กรดซิตริก	8.69	53.33
กรดแอซิติก	6.62	40.54

3. การศึกษาคุณลักษณะของแยมส้มซ่า

จากการวัดคุณลักษณะของแยมส้มซ่า พบว่าค่าของของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ เท่ากับ 49.4 องศาบริกซ์ ค่า pH เท่ากับ 2.98 ค่าของความแข็งของเจล (Gel Strength) เท่ากับ 3.472 กรัม ค่าของแรงที่กระทำให้เจลแตกตัว (Rupture Strength) เท่ากับ 11.601 กรัม ค่าระยะทางความกว้างที่ทำให้เจลแตกตัว (Brittleness) เท่ากับ -22.565 มิลลิเมตร และค่าการยึดติด (Adhesiveness) เท่ากับ -8.957 N.sec (ตารางที่ 3) ในการศึกษานี้ยังไม่ได้มีการนำแยมส้มซ่าไปทดสอบด้านการยอมรับดังนั้นในลำดับต่อไปจึงควรมีการศึกษาพัฒนาสูตรแยมส้มซ่าเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อันเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตผลด้านการเกษตรอีกทางหนึ่ง

ตารางที่ 3 คุณลักษณะของแยมส้มซ่า

ค่าของของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ (°Brix)	**ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)**	**Gel Strength (g)**	**Rupture Strength (g)**	**Brittleness (mm)**	**Adhesiveness (N.sec)**
49.4	2.98	3.472	11.601	-22.565	-8.957

สรุป

จากการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณเพคตินที่สกัดจากเปลือกส้มซ่าน้ำหนัก 10 กรัม โดยใช้วิธีการสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก กรดซิตริก และกรดแอซิติกเข้มข้น 0.5M ผลการวิจัยพบว่าเพคตินที่ได้ด้วยวิธีการสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกได้ปริมาณเพคติน

สูงกว่ากรดชนิดอื่นเล็กน้อย คือร้อยละ 4.34±0.92 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ และเมื่อนำเพคตินไปทดสอบหาค่าเมทอกซิลด้วยการวัด Degree of esterification (%DE) ซึ่งกรดแต่ละชนิดแสดงผลทำให้ได้เพคตินที่มีลักษณะแตกต่างกันโดยเพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริกมีปริมาณเมทอกซิล ร้อยละ 8.69 ในขณะที่เพคตินที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกและกรดแอซิติกมีปริมาณเมทอกซิล ร้อยละ 7.25 และ 6.62 ตามลำดับ ซึ่งเพคตินที่ได้จากวิธีการสกัดด้วยกรดซิตริกเป็นเพคตินที่มีเมทอกซิลสูง (High methoxyl pectin, HM) มีลักษณะที่สามารถก่อตัวให้เป็นเจลได้เมื่อมีของแข็งที่ละลายได้ (Total - soluble solid) มากกว่าร้อยละ 55 (น้ำหนักต่อปริมาตร) เหมาะที่จะใช้กับอาหารที่มี pH ต่ำกว่า 3.5 (ประมาณ 2 - 3.5) ซึ่งลักษณะของเพคตินที่ได้จากการสกัดด้วยกรดซิตริกเป็นสภาวะเหมาะสมที่ใช้ในการผลิตแยมทั่วไป เมื่อนำเพคตินที่สกัดด้วยกรดซิตริกมาผลิตเป็นแยมส้มซ่าคุณลักษณะของแยมส้มซ่าที่ใช้เพคตินที่สกัดจากกรดซิตริกมีค่าของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้คือ 49.4 องศาบริกซ์ ค่า pH คือ 2.98 ค่าของความแข็งของเจล 3.472 กรัม ค่าของแรงที่กระทำให้เจลแตกตัวเท่ากับ 11.601 กรัม ค่าระยะทางความกว้างที่ทำให้เจลแตกตัวเท่ากับ -22.565 มิลลิเมตร และค่าการยึดติดเท่ากับ -8.957 N.sec ซึ่งผลิตภัณฑ์แยมส้มซ่าได้ค่าความหนืดที่ใกล้เคียงกับแยมที่จำหน่ายในท้องตลาด

จากงานวิจัยนี้จึงแสดงให้เห็นว่าการใช้ความเข้มข้นของกรดแต่ละชนิดที่เท่ากันเพื่อนำมาสกัดเพคตินจากเปลือกส้มซ่านั้นการสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกสามารถให้ปริมาณเพคตินสูงกว่ากรดชนิดอื่นเล็กน้อย แต่การสกัดเพคตินด้วยกรดซิตริกได้เพคตินชนิดที่มีเมทอกซิลสูงซึ่งเป็นสภาวะเหมาะสมที่ใช้ในการผลิตแยมทั่วไปจึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาสกัดเพคตินจากเปลือกส้มมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

1. ชวนิฎฐ์ สิทธิดิลกรัตน์, พิลาณี ไวถนอมสัตย์ล จิราพร เชื้อกูล และปริศนา สิริอาชา. การผลิตเพคตินจากเปลือกและกากผลส้มเหลือทิ้ง. [วิทยานิพนธ์]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2548.
2. กรมศุลกากร. สถิติการนำเข้า-ส่งออกสินค้า [อินเตอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ: กระทรวงการคลัง; 2545. วันที่อ้างอิงถึง 14 มกราคม 2561. ที่มา http://www.customs.go.th.
3. ชินานาฏ วิทยาประภากร และ สมัชญ์ ทวีเกษมสมบัติ. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเพคตินจากวัสดุทางการเกษตร. กรุงเทพฯ: การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5 และ การประชุมวิชาการนานาชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 4, วันที่ 15-16 กรกฎาคม 2556 ณ ศูนย์ประชุมบางกอกคอนเวนชั่นเซ็นเตอร์ เซ็นทรัลเวิลด์ ปทุมวัน.
4. ธานุวัฒน์ ลาภตันศุภผล, ปฏิมา ทองขวัญ และศิริลักษณ์ สรงพรมทิพย์. การสกัดเพคตินจากเปลือก ผัก และผลไม้. [วิทยานิพนธ์]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2556.
5. Shaha, R. K. , Punichelvana, Y. N. A. P. and Afandi, A. Optimized" Extraction. Condition and. Characterization. of. Pectin. from. Kaffir. Lime (*Citrus hystrix*). Research Journal of Agriculture and Forestry Sciences, 2320 – 6063; 2013.
6. ปรียา สุขเกษม. การสกัดและคุณสมบัติของเพคตินจากเปลือกเสาวรส. สงขลา: โครงการวิจัย คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 2549.
7. กิตติศักดิ์ อิ่มรุ่งเรือง และสรวิศ ทรัพย์ศาสตร์. การผลิตแยมจากเพคตินเปลือกแตงโมเหลือใช้. [วิทยานิพนธ์]. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. 2560.
8. อรพิน ภูมิภมร. คาร์โบไฮเดรตในสารอาหารพอลีแซ็คคาไรด์. [วิทยานิพนธ์]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2523.

[BS-P16] การเตรียมโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตที่เติมแป้งเร่งปฏิกิริยาด้วยสารประกอบเชิงซ้อนซิงก์-แอมโมเนีย/โพแทสเซียมออกโทเอต

Preparation of Starch-filled Polyisocyanurate Foams Catalyzed by Zinc-ammonia Complex/potassium Octoate

ศิริมา กู้นาค[1*] ดวงฤทัย ศรีแดง[2] และ นวลพรรณ จันทรศิริ[3]
Sirima Goonack[1*] Duanruthai Sridaeng[2] and Nuanphun Chantarasiri[3]
[1]หลักสูตรปิโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
[2]ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
[3] ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมลล์: yainam69@gmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการเตรียมโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตที่เติมแป้ง 3 ชนิดคือ แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้า และแป้งถั่วเขียว โดยใช้สารประกอบเชิงซ้อนซิงก์-แอมโมเนีย เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการเกิดเจล และปฏิกิริยาการฟูเพื่อให้เกิดหมู่ยูรีเทน และใช้โพแทสเซียมออกโทเอตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาไตรเมอไรเซชันเพื่อให้เกิดหมู่ไอโซไซยานูเรต ซึ่งจะพิสูจน์เอกลักษณ์ของโฟมโดยใช้เทคนิคอินฟาเรดสเปกโตรสโคปี ศึกษาเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา ความหนาแน่น และค่าความต้านทานต่อแรงกดของโฟมพอลิไอโซไซยานูเรต จากผลการทดลองพบว่า โฟมพอลิไอโซไซยานูเรตที่เตรียมได้ปรากฏพีคของหมู่ไอโซไซยานูเรต และหมู่ยูรีเทนที่ตำแหน่ง 1415 cm^{-1} และ 1220 cm^{-1} ตามลำดับ ความหนาแน่น และความต้านทานต่อแรงกดของโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตที่เติมแป้งมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตที่ไม่เติมแป้ง

คำสำคัญ: *โฟมพอลิไอโซไซยานูเรต, สารประกอบเชิงซ้อนซิงก์-แอมโมเนีย, แป้งข้าวเหนียว, แป้งข้าวเจ้า, แป้งถั่วเขียว*

Abstract

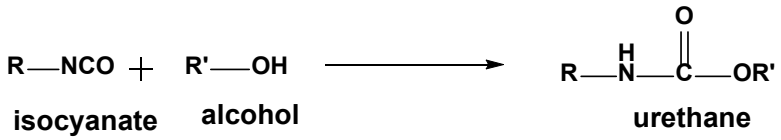
This research aims to study the preparation of polyisocyanurate foam filled with 3 types of starch, namely glutinous rice flour, rice flour, and mung bean starch. Gelling and blowing reactions to give urethane groups were catalyzed by zinc- ammonia complex. Trimerization reaction to give isocyanurate group was catalyzed by potassium octoate. Characterization of foam was done using FTIR spectroscopy. The reaction time of foam formation, foam density and compressive strength were studied. The results show the presence of bond characteristic for isocyanurate and urethane around 1415 cm^{-1} and 1220 cm^{-1}, respectively. Foam density and compressive strength filled with starch decreased when compared with polyisocyanurate foam without starch

Keywords: *polyisocyanurate foam, zinc-ammonia complex, glutinous rice flour, rice flour, mung bean flour*

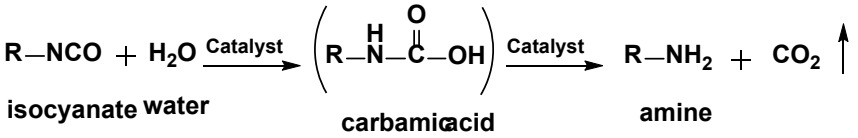
บทนำ

โฟมพอลิไอโซไซยานูเรต (polyisocyanurate foam) เป็นพอลิเมอร์ที่ได้รับความสนใจและนำไปใช้งานอย่างกว้างขวาง อีกทั้งยังถูกนำไปพัฒนาเพื่อใช้งานแทนโฟมพอลิยูรีเทน เนื่องจากมีสมบัติด้านการติดไฟที่ดี จึงมีการนำไปทำเป็นวัสดุกันกระแทกบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น โดยโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตเกิดจากการทำปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันระหว่างหมู่ไอโซไซยาเนตของสารประกอบไอโซไซยาเนตกับหมู่ไฮดรอกซิลของพอลิออลเกิดเป็นพันธะยูรีเทนที่สายโซ่หลัก และการทำปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอโซไซยาเนตที่มีมากเกินพอในระบบทำให้เกิดปฏิกิริยาไตรเมอไรเซชันได้หมู่ไอโซไซยานูเรต นอกจากนี้ยังมีตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst) สำหรับการเกิดหมู่ยูรีเทนและหมู่ไอโซไซยานูเรต สารฟู (blowing agent) และสารลดแรงตึงผิว (surfactant) เป็นสารตั้งต้นในการเตรียมโฟมพอลิไอโซไซยานูเรต ซึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้ [1]

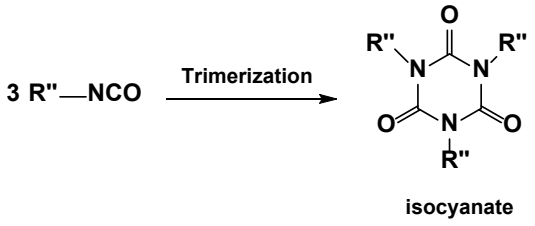
ปฏิกิริยาที่ 1 ปฏิกิริยาการเกิดเจล (gelling reaction) เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างหมู่ไอโซไซยาเนตของสารประกอบไอโซไซยาเนตกับหมู่ไฮดรอกซิลของพอลิออลเกิดเป็นหมู่ยูรีเทน



ปฏิกิริยาที่ 2 ปฏิกิริยาการฟู (blowing reaction) เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอโซไซยาเนตกับน้ำซึ่งได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ทำให้โฟมฟู



ปฏิกิริยาที่ 3 ปฏิกิริยาไตรเมอไรเซชัน (trimerization reaction) เกิดปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไอโซไซยาเนตที่มีมากเกินพอในระบบ โดยมีโพแทสเซียมออกโทเอตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและมีการปิดวง เกิดเป็นหมู่ไอโซไซยานูเรต



ปฏิกิริยาที่ 1 และ 2 เป็นปฏิกิริยาการเกิดหมู่ยูรีเทนโดยมีสารประกอบเชิงซ้อนซิงก์-แอมโมเนียเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และระบบมีการคายความร้อนเกิดขึ้น สำหรับปฏิกิริยาที่ 3 เป็นการเกิดหมู่ไอโซไซยานูเรตโดยมีโพแทสเซียมออกโทเอตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เนื่องจากหมู่ไอโซไซยานูเรตมีลักษณะเป็นวงปิดซึ่งมีความเสถียรจึงทำให้โฟมพอลิไอโซไซยานูเรตทนต่อการสลายตัวทางความร้อนได้ดียิ่งขึ้น

เนื่องจากโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตจะมีค่าความหนาแน่นและน้ำหนักสูงจึงทำให้ไม่สามารถนำไปใช้งานได้ จึงมีงานวิจัยที่ศึกษาการเตรียมโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตเพื่อให้มีความหนาแน่นและน้ำหนักลดลงโดยการเติมแป้งลงในกระบวนการเตรียมโฟมพอลิไอโซไซยานูเรต และเพื่อช่วยในการลดต้นทุนดังนี้ Czuprynski (2009) [2] ได้ศึกษาผลของการเติมแป้งมันฝรั่งในอัตราส่วน 2.5-20%w/w เทียบกับพอลิออล ลงในขั้นตอนการเตรียมโฟมพอลิยูรีเทน-พอลิไอโซไซยานูเรต (ภาพที่ 1) ที่มีต่อความหนาแน่นและความต้านทานต่อแรงกดของโฟม ซึ่งผลที่ได้พบว่าเมื่อปริมาณแป้งมันฝรั่งเพิ่มขึ้นทำให้ความหนาแน่นและความต้านทานต่อแรงกดมีค่าลดลง นอกจากนี้ยังส่งผลให้การสลายตัวทางความร้อนมีค่าลดลงด้วยเช่นกัน



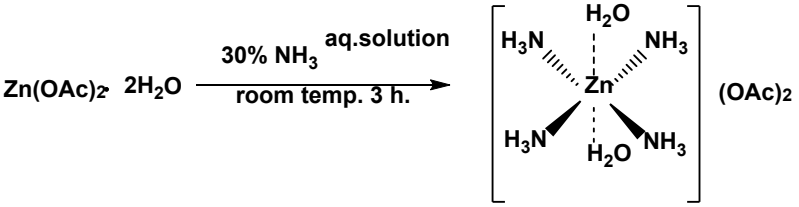
ภาพที่ 1 ปฏิกิริยาระหว่างหมู่ไอโซไซยาเนต กับหมู่ไฮดรอกซิลของพอลิออล และโมเลกุลของแป้ง [2]

ต่อมา Czuprynski และคณะ (2012) [3] ศึกษาการเตรียมโฟมพอลิยูรีเทน-พอลิไอโซไซยานูเรตแบบแข็งที่สามารถสลายตัวทางชีวภาพได้ง่าย ดังนั้นกลุ่มผู้วิจัยจึงได้มีการเติมแป้ง Mater-Bi® ที่สังเคราะห์จากพืชและน้ำมัน เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวเติมในอัตราส่วน 10%w/w เทียบกับพอลิออล ซึ่งกลุ่มผู้วิจัยพบว่าโฟมพอลิยูรีเทน-พอลิไอโซไซยานูเรตแบบแข็งมีสมบัติความต้านทานต่อแรงกดลดลง แต่มีสมบัติการย่อยสลายดีขึ้น

ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงต้องการที่จะเตรียมโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตที่มีการเติมแป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้า และแป้งถั่วเขียวในปริมาณ 5% และ 10%w/w เทียบกับพอลิออล เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวเติมโดยใช้สารประกอบเชิงซ้อนซิงก์-แอมโมเนียและโพแทสเซียมออกโทเอตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งคาดว่าจะได้โฟมพอลิไอโซไซยานูเรตที่มีความหนาแน่นลดลง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. สังเคราะห์สารประกอบเชิงซ้อนซิงก์-แอมโมเนีย (ภาพที่ 2) เพื่อใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการเกิดเจลและปฏิกิริยาการฟูเพื่อให้เกิดหมู่ยูรีเทนที่สายโซ่หลัก ตามวิธีการในเอกสารอ้างอิง [4]



ภาพที่ 2 การสังเคราะห์สารประกอบเชิงซ้อนซิงก์-แอมโมเนียเพื่อใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการเกิดเจลและปฏิกิริยาการฟู

2. เตรียมโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตโดยเริ่มจากการผสมพอลิออล ตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์จากข้อ 1 สารลดแรงตึงผิวและแป้ง จากนั้นทำการกวนด้วยแท่งแก้ว และนำของผสมที่ได้ผสมกับไดฟีนิลมีเทนไดไอโซไซยาเนต (PMDI) โดยปริมาณสารเคมีที่ใช้จะแสดงดังตารางที่ 1 จากนั้นกวนด้วยความเร็ว 2000 rpm เป็นเวลา 20 วินาที และศึกษาเวลาของการเกิดโฟมซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ช่วง คือ เวลาที่ของผสมมีลักษณะเป็นครีมและมีฟองอากาศปรากฏ (cream time) เวลาที่ของผสมมีลักษณะเป็นเจล (gel time) เวลาที่ของผสมหยุดการฟูตัว (rise time) และเวลาที่ผิวของโฟมไม่ติดกับผิวสัมผัสของวัสดุที่นำมาทดสอบ (tack free time) โดยทำตาม ASTM D7487 ซึ่งตัวแปรในงานวิจัยนี้คือ ชนิดของแป้งที่ใช้ คือ แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้า และแป้งถั่วเขียวในอัตราส่วน 5% และ10%w/w เทียบกับพอลิออล และ ใช้ดัชนีไอโซไซยาเนต (NCO index) ที่ใช้คือ 200 และ 250 ทำการทดลองในถ้วยกระดาษ (cup test) ขนาด 750 มิลลิลิตร และแม่พิมพ์พลาสติกขนาด 10×10×10 เซนติเมตร

3. วิเคราะห์ผลของโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตด้วยการคำนวณหาความหนาแน่นของโฟม (ASTM D1622-03) ศึกษาอัตราการ

ฟูของโฟม (rise profile) พิสูจน์เอกลักษณ์ของโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตโดยใช้เทคนิค FTIR spectroscopy และศึกษาความต้านทานต่อแรงกด (compressive strength; ASTM D1621-04)

ตารางที่ 1 สูตรในการเตรียมโฟมพอลิไอโซไซยานูเรต (หน่วย = pasts by weight, pbw)

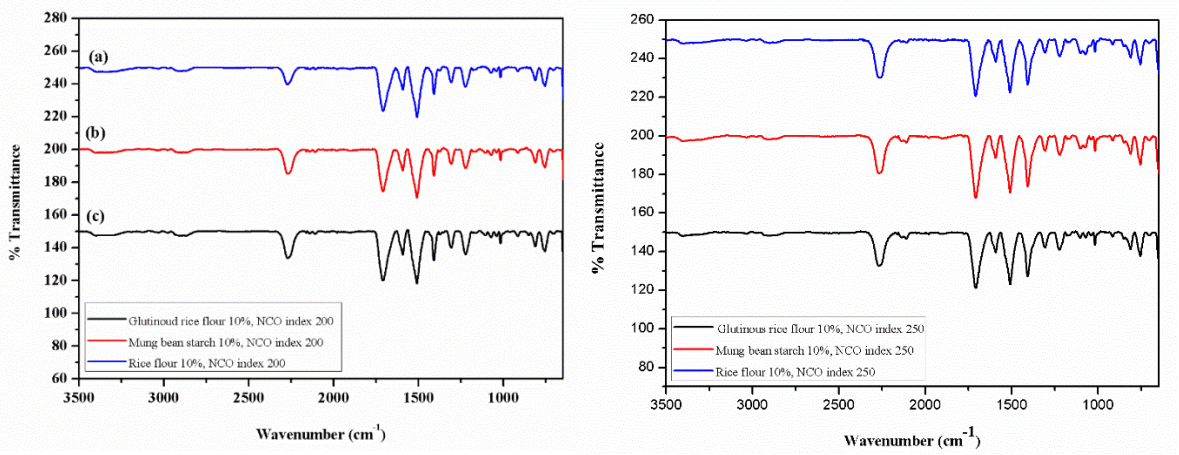
สารเคมี	NCO index	
	200	250
Polyether polyol (Polymaxx® 4221; OH-number = 440 mg KOH/g)	100	100
Silicone surfactant (polysiloxane, Tegostab®B8460)	2.5	2.5
Blowing agent (H_2O)	4.0	4.0
Gelling/blowing reaction catalyst (zinc-ammonia complex)	0.5	0.5
Trimerization reaction catalyst (potassium octoate)	3.0	3.0
Polymeric diphenylmethane diisocyanate (PMDI) (B9001®; %NCO = 31.0; Functionality = 2.7)	313.68	470.52
Starch	5%-10%w/w	5%-10%w/w

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การเตรียมโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตที่มีการเติมแป้งข้าวเหนียว 5% และ 10%w/w โดยมีซิงก์-แอมโมเนีย และโพแทสเซียมออกโทเอตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดโฟม ความหนาแน่น และอัตราส่วนระหว่าง polyisocyanurate/polyurethane (PIR/PUR) ซึ่งพบว่าความหนาแน่นของโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตที่มีการเติมแป้งข้าวเหนียวในปริมาณ 5% และ 10%w/w พบว่าต่างกันไม่มาก จึงได้ศึกษาการเติมแป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้า และแป้งถั่วเขียวในปริมาณ 10 %w/w เทียบกับพอลิออล ที่ NCO index เท่ากับ 200 และ 250 ตามลำดับ ซึ่งผลการพิสูจน์เอกลักษณ์ระหว่างโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตที่เติมแป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้า และแป้งถั่วเขียว พบพีคของหมู่ไอโซไซยานูเรต (PIR) และหมู่ยูรีเทน (PUR) ที่ 1415 cm^{-1} และ 1220 cm^{-1} ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 3 (a-b) และสามารถนำมาหาอัตราส่วนระหว่าง PIR/PUR ได้ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เวลาที่ใช้ในการเกิดโฟมพอลิไอโซไซยานูเรต ความหนาแน่น และอัตราส่วนระหว่าง PIR/PUR

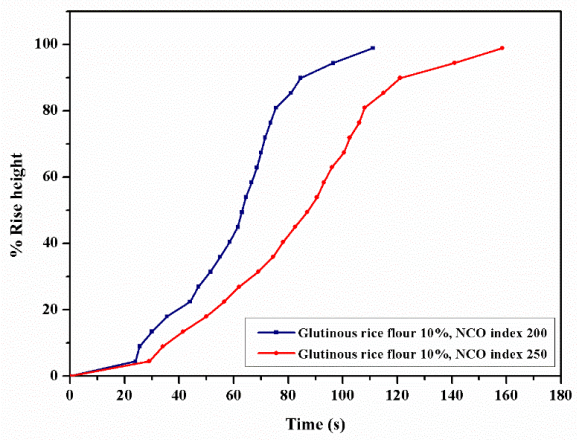
Starch	NCO index	Reaction time (s)				Density (kg/m^3)	PIR/PUR
		Cream time	Gel time	Rise time	Tack free time		
Glutinous 5%	200	21±0	31±0	113±4	115±13	38.6±0.9	1.12±0.53
Glutinous 10%	200	21±0	33±0	116±3	110±0	40.7±1.1	1.04±0.13
Glutinous 10%	250	21±0	35±1	133±1	172±3	47.3±1.6	3.02±0.15
Mung bean 10%	200	21±0	32±1	117±2	94±1	39.4±1.0	1.06±0.03
Mung bean 10%	250	21±0	41±1	143±0	234±1	49.4±1.4	3.11±0.25
Rice flour 10%	200	21±0	34±1	116±1	105±0	39.1±1.4	1.13±0.03
Rice flour 10%	250	21±0	39±1	145±0	235±0	48.4±1.1	3.34±0.24
Reference (without starch)	200	24±0	30±1	93±0	66±0	40.8±1.0	1.32±0.29



(a) (b)

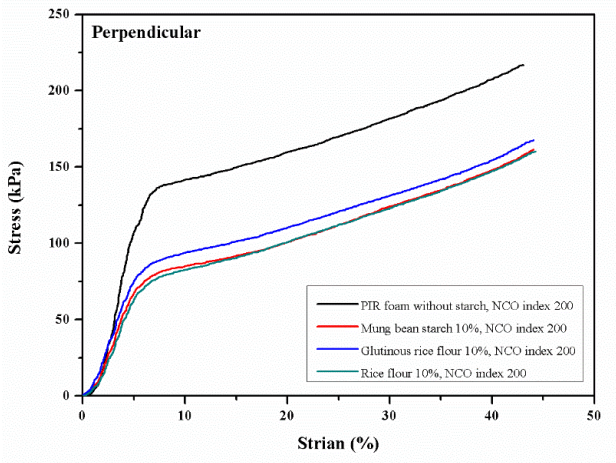
ภาพที่ 3 (a-b) FTIR spectrum ของโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตที่เติมแป้งข้าวเหนียว แป้งถั่วเขียว และแป้งข้าวเจ้า 10% w/w ที่ NCO index 200 และ 250 ตามลำดับ

จากการศึกษาอัตราการฟูของโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตที่เติมแป้งข้าวเหนียว 10%w/w เทียบกับพอลิออลที่ NCO index เท่ากับ 200 และ 250 แสดงดังภาพที่ 4 พบว่าที่ NCO index เท่ากับ 200 จะใช้เวลาในการเกิดโฟมเร็วกว่า และความสูงของโฟมมีค่าใกล้เคียงกันซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับเวลาในการเกิดโฟม (ตารางที่ 2)



ภาพที่ 4 การฟูของโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตที่เติมแป้งข้าวเหนียว 10%w/w เทียบกับพอลิออล ที่ NCO index เท่ากับ 200 และ 250

ความต้านทานต่อแรงกดในด้านที่ตั้งฉากกับการฟู (perpendicular) ของโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตที่เติมแป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้า และแป้งถั่วเขียว 10%w/w เทียบกับพอลิออล ที่ NCO index เท่ากับ 200 (ภาพที่ 5) พบว่า แป้งถั่วเขียวมีค่าความต้านทานต่อแรงกดสูงที่สุด รองลงมาคือ แป้งข้าวเหนียว และแป้งข้าวเจ้า ซึ่งมีค่าเท่ากับ 94.6±8.6, 85.8±0.2 และ 83.5±4.5 ตามลำดับ



ภาพที่ 5 ความต้านทานต่อแรงกดในด้านที่ตั้งฉากกับการฟูของโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตที่เติมแป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้า และแป้งถั่วเขียว 10%w/w ที่ NCO index เท่ากับ 200

สรุป

เมื่อเปรียบเทียบมพอลิไอโซไซยานูเรตที่มีการเติมแป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้า และแป้งถั่วเขียว 10%w/w เทียบกับพอลิออล ที่ NCO index 200 พบว่าโฟมที่เติมแป้งถั่วเขียวมีระยะเวลาในการเกิดโฟมสั้นที่สุด รองลงมาคือ แป้งข้าวเจ้า และแป้งข้าวเหนียว ตามลำดับ แต่ค่าความหนาแน่นของโฟมที่เติมแป้งทั้งสามชนิดมีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตที่ไม่เติมแป้ง โดยโฟมที่เติมแป้งข้าวเหนียวจะมีความหนาแน่นสูงที่สุด สำหรับค่าความต้านทานต่อแรงกดในด้านที่ตั้งฉากกับการฟูของโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตที่เติมแป้งข้าวเหนียวมีค่าสูงที่สุดคือ 94.6±8.6 ซึ่งสอดคล้องกับค่าความหนาแน่น เนื่องจากค่าความหนาแน่นแปรผันโดยตรงกับค่าความต้านทานต่อแรงกด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์สารตั้งต้นและสารเคมีจากบริษัท ไออาร์พีซี จำกัด (มหาชน) [IRPC Public Company Limited และเครื่องร่อนแป้งขนาด 400 mesh ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

เอกสารอ้างอิง

1. Ashida K. Polyurethane and related foams. Chemistry and technology. New York: CRC press, 2006.
2. Czuprynski B, Paciorek-Sadowska J, Liszkowaka J. Properties of rigid polyurethane-polyisocyanurate foams modified with the selected fillers. Journal of Applied Polymer Science. 2009. 115, 2460-2469.
3. Czuprynski B, Liszkowska J, Sadowska J. P. Glycolysis of the rigid PUR-PIR foam modified with starch. Journal of Applied Polymer Science, 2012. 126, 44-54.
4. Sukkaneewat B, Sridaeng D, Chantarasiri N. Fully Water-Blown Polyisocyanurate-Polyurethane Foams with Improved Mechanical Properties Prepared from Aqueous Solution of Gelling/Blowing and Trimerization Catalyst. e-Polymer. 2019, inpress

[BS-P17] การเตรียมโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตเร่งปฏิกิริยาด้วยไดเมทิลไซโคลเฮกซิลลามีน/โพแทสเซียมออกโทเอตโดยใช้แป้งเป็นตัวเติม

Preparation of Polyisocyanurate foams Catalyzed by Dimethylcyclohexylamide/potassium Octoate Filled with Flours

ธีระพัฒน์ นิสัยคาน[1*], ดวงฤทัย ศรีแดง[2] , และ นวลพรรณ จันทรศิริ[3]
Theerapat Nisaikan[1*] Duangruthai Sridaeng[2] and Nuanphun Chantarasiri[3]
[1]หลักสูตรปิโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
[2]ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
[3]ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: Theerapat.oatt@gmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการเตรียมโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมกัน 2 ชนิด คือ โพแทสเซียมออกโทเอต และไดเมทิลไซโคลเฮกซิลลามีน โดยศึกษาโฟมที่ไม่เติมแป้ง และโฟมที่เติมแป้ง คือ แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้า และแป้งถั่วเขียว ในปริมาณ 10% w/w ที่ NCO index 200 พบว่า โฟมที่เติมแป้งทั้ง 3 ชนิด มีค่าความหนาแน่นลดลงเมื่อเทียบกับโฟมที่ไม่เติมแป้ง โฟมพอลิไอโซไซยานูเรตมีค่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณหมู่ไอโซไซยาเนต 94.2-97.8% โฟมที่เติมแป้งจะใช้เวลาในการเกิดโฟมช้าลงเมื่อเทียบกับโฟมที่ไม่เติมแป้ง ค่าความต้านทานต่อแรงกดของโฟมที่เติมแป้งมีค่าต่ำกว่าโฟมที่ไม่ได้เติมแป้ง

คำสำคัญ: *โฟมพอลิไอโซไซยานูเรต, โพแทสเซียมออกโทเอต, ไดเมทิลไซโคลเฮกซิลลามีน, ไตรเมอไรเซชัน, แป้งข้าวเหนียว , แป้งข้าวเจ้า, แป้งถั่วเขียว*

Abstract

In this research, polyisocyanate (PIR) foams were prepared using two catalysts, potassium octoate (KOct) and dimethylcyclohexylamine (DMCHA). PIR foams without flours, PIR foams filled with flours, namely glutinous flour, rice flour, and mung bean flour at 10% w/w and NCO index 200 were studied. It was found that the density of PIR foams filled with flours decreased as compared to PIR foams without flours. The isocyanate conversion of PIR foams was 94.2-97.8%. This reaction times of PIR foams filled with flours were slower than PIR foam without flour. The compressive strength of PIR foam filled flours was lower than that without flour.

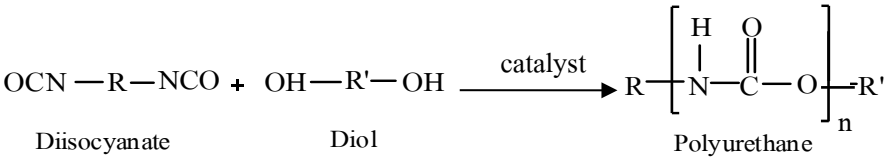
Keywords: *Polyisocyanurate foam, potassium octoate, dimethylcyclohexylamine, trimerization, glutinous flour, rice flour, mung bean flour*

บทนำ

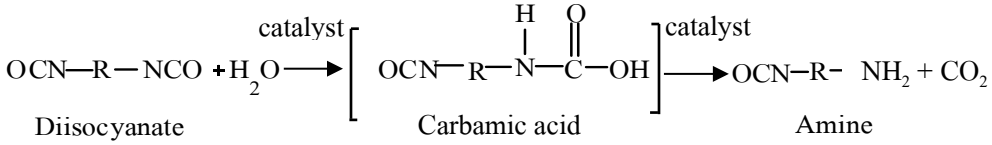
ในปัจจุบันมีปริมาณการใช้งานของโฟมสูงขึ้น ถึงแม้ว่าโฟมจะเป็นวัสดุที่ใช้แล้วทิ้งอาจทำให้เกิดมลพิษต่อโลก แต่ผลิตภัณฑ์หลายชนิดที่ทำจากโฟมก็ยังมีการประยุกต์ใช้งานได้อย่างกว้างขวาง จึงมีการพัฒนาปรับปรุงสมบัติต่างๆ ของโฟ

มให้ดีขึ้น ซึ่งในการวิจัยนี้จะสังเคราะห์โฟมพอลิไอโซไซยานูเรต (polyisocyanurate) โดยใช้อัตราส่วนของหมู่ไอโซไซยาเนตต่อหมู่พอลิออลมากกว่า 2 เท่า ส่งผลให้โฟมพอลิไอโซไซยานูเรตมีสมบัติติดไฟยากกว่าโฟมพอลิยูรีเทน เนื่องจากมีหมู่ไอโซไซยานูเรต นอกจากนี้มีการนำตัวเติม (filler) ชนิดต่างๆ มาผสมกับโฟม เพื่อปรับปรุงสมบัติทางกายภาพ เช่น ลดความหนาแน่น ความสามารถในการย่อยสลายและช่วยลดต้นทุนในกาiผลิตโฟม งานวิจัยนี้จึงใช้ตัวเติมที่เป็นพอลิเมอร์จากธรรมชาติ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมหาได้ง่าย และมีราคาที่ถูก คือ แป้งข้าวเหนียว (glutinous flour) แป้งถั่วเขียว (mung bean flour) และแป้งข้าวเจ้า (rice flour) เนื่องจากแป้งแต่ละชนิดจะมีโครงสร้างสร้างที่ประกอบด้วย amylose และ amylopectin ในปริมาณที่ต่างกัน ดังนี้ แป้งข้าวเหนียวประกอบด้วย amylose 5% amylopectin 95% [(1)] แป้งถั่วเขียวประกอบด้วย amylose 46% amylopectin 54% [(2)] และแป้งข้าวเจ้าประกอบด้วย amylose 24% amylopectin 76% [(3)] จึงอาจส่งผลต่อสมบัติต่างๆ ของโฟม ในการเตรียมโฟมพอลิไอโซไซยานูเรต จะใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมกัน 2 ชนิด คือ โพแทสเซียมออกโทเอต (potassium octoate; KOct) ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาไตรเมอไรเซชัน (trimerization) ได้ดี และไดเมทิลไซโคลเฮกซิลลามีน (dimethylcyclohexylamine; DMCHA) ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดเจล (gelling reaction) และปฏิกิริยาการฟู (blowing reaction) ของโฟมพอลิไอโซไซยานูเรต เนื่องจากเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทางการค้าหาซื้อได้ง่ายและมีประสิทธิภาพดี ซึ่งคาดว่าการเติมแป้งในโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตจะทำให้ความหนาแน่นลดลง ทำให้น้ำหนักของโฟมลดลง และเพิ่มการย่อยสลายของโฟม โดยการสังเคราะห์โฟมพอลิไอโซไซยานูเรตทำได้จาก 3 ปฏิกิริยาหลัก [(4)] คือ 1) ปฏิกิริยาระหว่างหมู่ไอโซไซยาเนตกับพอลิออลจะเกิดเป็นหมู่ยูรีเทน 2) ปฏิกิริยาระหว่างน้ำกับหมู่ไอโซไซยาเนตได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ทำให้เกิดการฟูของโฟมได้โครงสร้างเป็นรูพรุน 3) ปฏิกิริยาไตรเมอไรเซชันของหมู่ไอโซไซยาเนตได้เป็นหมู่ไอโซไซยานูเรตซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้โฟมเกิดการเชื่อมขวาง (crosslink) ซึ่งปฏิกิริยาการเกิดโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตแสดงดังสมการด้านล่าง [(5)]

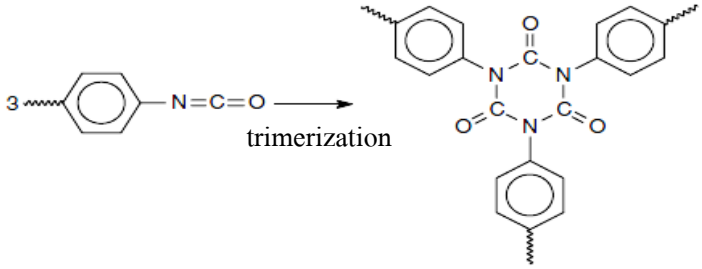
ปฏิกิริยาที่ 1 ปฏิกิริยาการเกิดเจล เป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างหมู่ไอโซไซยาเนตกับพอลิออลได้ผลิตภัณฑ์เป็นสายโซ่ของพอลิยูรีเทน



ปฏิกิริยาที่ 2 ปฏิกิริยาการฟู เป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างหมู่ไอโซไซยาเนตกับน้ำ ได้เอมีนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นทำให้เกิดการฟูของโฟมพอลิยูรีเทน



ปฏิกิริยาที่ 3 เป็นการทำปฏิกิริยากันเองของไอโซไซยาเนตที่มีมากเกินพอในระบบ เกิดปฏิกิริยาไตรเมอไรเซชันได้สายโซ่ของไอโซไซยานูเรต (isocyanurate) ซึ่งช่วยทำให้โฟมแข็งตัวและเพิ่มระดับการเชื่อมขวางระหว่างสายโซ่พอลิยูรีเทน ทำให้โฟมพอลิไอโซไซยานูเรตที่ได้แข็งแรง และมีเสถียรภาพทางความร้อนเพิ่มขึ้น [6]



Isocyanurate

ในปี 2005 Hatakeyema และคณะ [7] สังเคราะห์โฟมพอลิยูรีเทนโดยใช้แบเรียมซัลเฟต ($BaSO_4$) และแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) และทัลคัม (talc) เป็นตัวเติมโดยปริมาณของตัวเติมที่ใช้คือ 40, 80, 120, 160, 200 และ 240% w/w ของน้ำหนักพอลิออล ผลการทดลองพบว่า เมื่อเติมตัวเติมทั้ง 3 ชนิดลงไปจะทำให้โฟมพอลิยูรีเทนมีความหนาแน่นสูงขึ้น และเมื่อศึกษาสมบัติทางความร้อนด้วยเทอร์โมกราวิเมทริกแอนาลิซิส (TGA) พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณตัวเติมจะทำให้โฟมทนต่อความร้อนได้สูงขึ้น ต่อมาปี 2009 Liszkowska และคณะ [8] ศึกษาโฟมพอลิยูรีเทนแบบแข็งมีโดยใช้ตัวเติมหลายชนิด ดังนี้ ทัลคัม อะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ ชอล์ก แป้งมันฝรั่งและบอแร็กซ์ พบว่า เมื่อเติมบอแร็กซ์จะทำให้โฟมพอลิยูรีเทนมีความหนาแน่นต่ำที่สุด เมื่อเติมทัลคัมจะทำให้โฟมพอลิยูรีเทนมีค่าความต้านทานแรงกด (compressive strength) ดีที่สุด เมื่อเติมอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์จะทำให้โฟมพอลิยูรีเทนมีความทนการติดไฟ (flammability) ดีที่สุด และเมื่อเติมชอล์กจะทำให้โฟมพอลิยูรีเทนมีความเปราะ (brittleness) มากที่สุดในส่วนของแป้งมันฝรั่งที่เติมลงไปจะมีสมบัติด้อยลง เมื่อเทียบกับโฟมพอลิยูรีเทนที่ไม่เติมแป้ง

ในงานวิจัย ได้ทดลองเติมแป้งที่ 5% w/w เทียบกับน้ำหนักของพอลิออล ซึ่งพบว่าโฟมที่ได้มีค่าความหนาแน่นใกล้เคียงกับโฟมที่ไม่เติมแป้ง และเมื่อเติมแป้งที่ 20% w/w จะเกิดรูพรุนบริเวณฐานของโฟม ซึ่งส่งผลให้โฟมเปราะและมีแตกง่าย หากเติมแป้งที่ 10% w/w จะทำให้โฟมที่เตรียมได้มีค่าความหนาแน่นลดลงและโฟมมีลักษณะที่ดี ไม่มีรูพรุนและไม่เปราะ ซึ่งยังมีสมบัติที่ดีต่อการใช้งาน จึงเลือกศึกษาโฟมที่เติมแป้ง 10% w/w

วิธีดำเนินการวิจัย

1. สังเคราะห์โฟมพอลิไอโซไซยานูเรต ซึ่งมีขั้นตอนการเตรียมตามสูตรในตารางที่ 1 กล่าวคือ จะเตรียมโดยใช้การผสม 2 ขั้นตอน จับเวลาการเกิดปฏิกิริยาโฟมพอลิยูรีเทน 4 ระยะ ดังนี้ เวลาที่สารผสมเป็นครีม (cream time) เวลาที่สารผสมเป็นเจล (gel time) เวลาที่โฟมขยายตัวจนสมบูรณ์ (rise time) เวลาที่ผิวโฟมไม่เกาะติดกับวัสดุสัมผัส (tack free time) โดยทำตาม ASTM D7487-13$^{\varepsilon 1}$ ศึกษา %NCO conversion, rise profile และ temperature profile ในการเกิดโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตและทดลองทำในถ้วยกระดาษ (cup test) ขนาด 750 mL และแม่พิมพ์พลาสติกขนาด 10x10x10 cm โดยตัวแปรที่จะทำการศึกษาคือ isocyanate index 200 และเติมแป้งทั้ง 3 ชนิด คือ แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้า และแป้งถั่วเขียว โดยใช้ปริมาณแป้งที่เติมลงไป 10% w/w เมื่อเทียบกับน้ำหนักพอลิออล

ตารางที่ 1 สูตรผสมในการเตรียมโฟมพอลิไอโซไซยานูเรต

Formulation	NCO Index (pbw)
	200
Filler (starch)	10
Polyether polyol (Polymaxx® 4221; OH-number = 440 mg KOH/g)	100
Trimerization catalyst (KOct)	3.0
Gelling/Blowing catalyst (DMCHA)	0.5
Blowing agent (H_2O)	4.0
Silicone surfactant (polysiloxane, Tegostab® B8460)	2.5
Polymeric diphenylmethane diisocyanate (PMDI) (B9001®; %NCO = 31.0; Functionality = 2.7)	313.66

2. พิสูจน์เอกลักษณ์ของโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตโดยใช้เทคนิค FTIR spectroscopy หาความหนาแน่นของโฟม (ASTM D1622-03)) ศึกษาอัตราการฟูตัวของโฟม (rise profile) ความทนทานต่อแรงกดอัด (compressive strength; ASTM D162-04) และศึกษาสัณฐานวิทยาของพอลิโฟมไอโซไซยานูเรตด้วยเครื่อง scanning electron microscopy (SEM)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

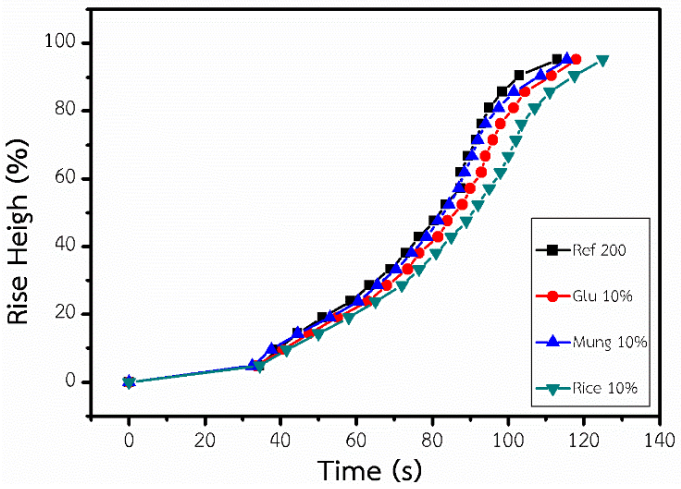
1. ผลการศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดโฟม ความสูง ความหนาแน่นและ %NCO conversion

จากการศึกษาเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตเร่งปฏิกิริยาด้วยไดเมทิลไซโคล-เฮกซิลลามีน/โพแทสเซียมออกโทเอตโดยใช้แป้งเป็นตัวเติมที่สังเคราะห์ได้ จากนั้นคำนวณหาความหนาแน่นของโฟมที่ได้ ดังแสดงในตารางที่ 2 และรูปที่ 1 จากผลการทดลองพบว่า เมื่อเติมแป้งทั้ง 3 ชนิด ลงในโฟมพอลิไอโซไซยานูเรต จะทำให้ระยะเวลาการเกิดโฟมช้าลง ความสูงเพิ่มขึ้น และส่งผลให้โฟมพอลิไอโซไซยานูเรตที่ได้มีค่าความหนาแน่นลดลงอีกด้วย

ตารางที่ 2 เวลาที่ใช้ในการเกิดโฟม ความสูง ความหนาแน่นและ %NCO conversion

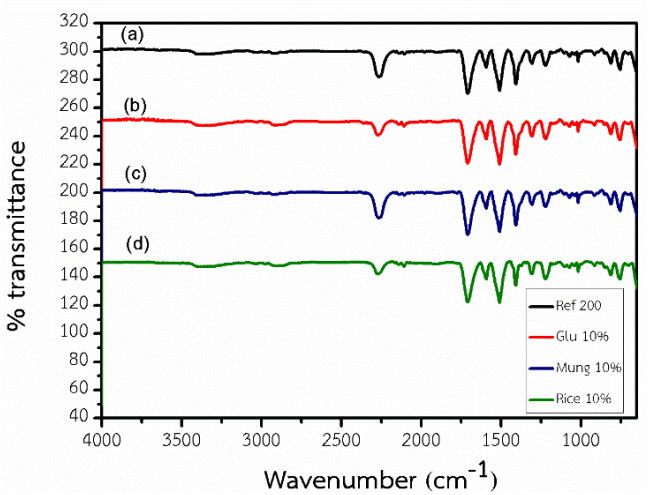
NCO Index	Fillers	Cream time (sec)	Gel time (sec)	Rise time (sec)	Tack free time (sec)	Height (cm)*	Density (Kg/m^3)	NCO conversion (%)
200	No filler	24±0	31±0	113±0	97±0	19.0±0.26	43.84±2.6	95.8
	Glu 10%	25±0	34±1	118±0	102±0	20.4±0.05	40.13±1.4	97.7
	Mung 10%	25±0	33±0	116±0	98±0	20.2±0.38	39.90±2.0	94.2
	Rice 10%	25±0	35±1	125±0	107±0	20.8±0.11	40.66±1.7	97.8

*ความสูงของโฟมที่เตรียมในถ้วยกระดาษ (cup test) ขนาด 750 mL



รูปที่ 1 ระยะเวลาการฟู (rise profile) ของโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตที่เติมแป้งทั้ง 3 ชนิด

2. ผลการพิสูจน์เอกลักษณ์ของโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตเร่งปฏิกิริยาด้วยไดเมทิลไซโคลเฮกซิลลามีน/โพแทสเซียมออกโทเอตโดยใช้แป้งเป็นตัวเติม โดยใช้เทคนิค FTIR spectroscopy



รูปที่ 2 FTIR spectra ของโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตที่ไม่เติมแป้ง (a) เติมแป้งข้าวเหนียว (b), เติมแป้งถั่วเขียว (c) และเติมแป้งข้าวเจ้า (d)

ผลการพิสูจน์เอกลักษณ์ระหว่างโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตที่ไม่เติมแป้ง ที่เติมแป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้า และแป้งถั่วเขียว ด้วยเทคนิค FTIR spectroscopy ดังแสดงในรูปที่ 2 พบพีค N-H stretching ที่ 3410 cm^{-1} และ C=O stretching ที่ 1700 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีคที่แสดงหมู่ฟังก์ชันหลักของยูรีเทน พบพีคของหมู่ไอโซไซยานูเรต (PIR) และหมู่ยูรีเทน (-C-O-) ที่ 1415 cm^{-1} และ 1220 cm^{-1} ตามลำดับ และพบว่ามีพีคที่ 2277 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีคแสดงหมู่ฟังก์ชันหลักของไอโซไซยาเนตมีความเข้ม (intensity) ลดลง แสดงให้เห็นว่าไอโซไซยาเนตเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนแปลงไปเป็นหมู่ยูรีเทน แล้วจึงหาค่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณหมู่ไอโซไซยาเนต (NCO conversion, %) ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า ค่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณหมู่ไอโซไซยาเนตมีค่าประมาณ 94.2-97.8% แสดงให้เห็นว่าสารตั้งต้นเข้าทำปฏิกิริยากันได้อย่างสมบูรณ์

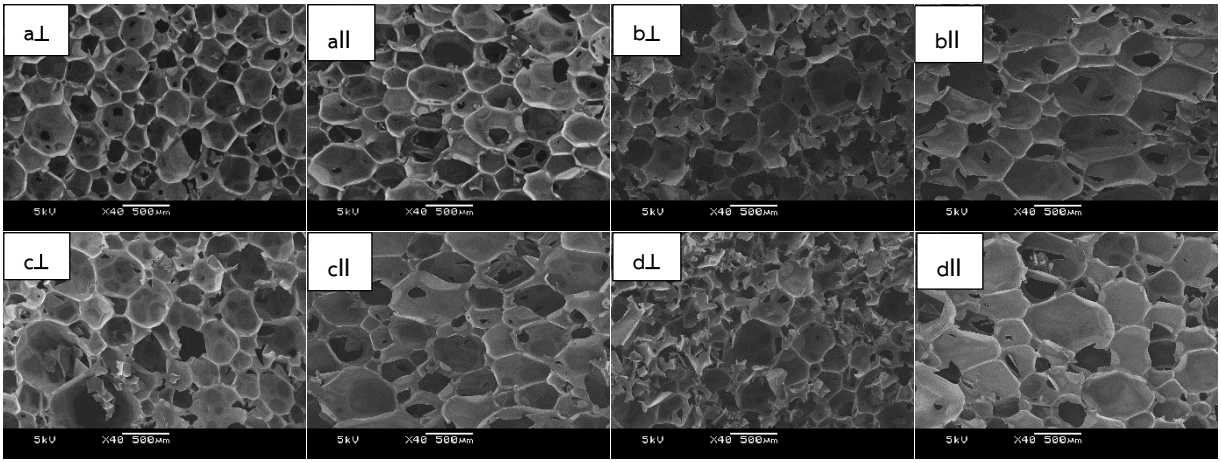
3. ผลจากการศึกษา Compressive Strength

ผลทดสอบความต้านทานต่อแรงกดในด้านที่ตั้งฉากกับการฟู (perpendicular) ของโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตที่ไม่เติมแป้ง (ref 200) เติมแป้งข้าวเหนียว (glu) แป้งข้าวเจ้า (rice) และแป้งถั่วเขียว (mung) 10 %w/w พบว่า โฟมพอลิไอโซไซยานูเรตที่เติมแป้งถั่วเขียวมีค่าความต้านทานต่อแรงกดสูงที่สุด รองลงมาคือ แป้งข้าวเจ้า และแป้งข้าวเหนียว ซึ่งมีค่าแสดงดังตารางที่ 3 ความต้านทานต่อแรงกดในด้านที่ขนานกับการฟู (parallel) ของโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตที่ไม่เติมแป้ง (ref 200) เติมแป้งข้าวเหนียว (glu) แป้งข้าวเจ้า (rice) และแป้งถั่วเขียว (mung) 10% w/w พบว่า โฟมพอลิไอโซไซยานูเรตที่ไม่เติมแป้งมีค่าความต้านทานต่อแรงกดสูงที่สุด รองลงมาคือ แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้า และแป้งถั่วเขียว ซึ่งมีค่าแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 Compressive stress-strain curve ที่ 10% ของด้าน perpendicular และ parallel ของโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตที่ไม่เติมแป้ง และที่เติมแป้งทั้ง 3 ชนิด

Index	Fillers		Compressive strength at 10%
200	No filler	Perpendicular	163.16±5.2
		Parallel	193.95±11.7
	Glu 10%	Perpendicular	118.12±1.0
		Parallel	191.22±4.7
	Mung 10%	Perpendicular	121.24±1.5
		Parallel	182.79±5.2
	Rice 10%	Perpendicular	122.39±6.5
		Parallel	180.97±11.6

4. ผลการศึกษาสัณฐานวิทยาของพอลิโฟมไอโซไซยานูเรตด้วยเครื่อง scanning electron microscopy (SEM)



รูปที่ 3 สัณฐานวิทยาในด้านที่ตั้งฉากกับการฟู (⊥) และด้านที่ขนานกับการฟู (II) ของโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตที่ไม่เติมแป้ง (a⊥, a II), เติมแป้งชนิดต่างๆ ในปริมาณ 10% w/w; แป้งข้าวเหนียว (b⊥, bII), แป้งถั่วเขียว (c⊥, cII) และแป้งข้าวเจ้า (d⊥, dII)

ผลการศึกษาสัณฐานวิทยาของพอลิโฟมไอโซไซยานูเรตด้วยเครื่อง scanning electron microscopy ในด้านที่ตั้งฉากกับการฟูและด้านที่ขนานกับการฟูของโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตที่ไม่เติมแป้ง และเติมแป้งชนิดต่างๆ ในปริมาณ 10% w/w พบว่าโฟมในด้านที่ตั้งฉากกับการฟูจะมีเซลล์ (cell) ลักษณะเป็นทรงกลม ส่วนด้านที่ขนานกับการฟูจะมีลักษณะเป็นทรงรี ซึ่งวัดขนาดเซลล์ในด้าน ⊥, II ได้ดังนี้ โฟมที่ไม่เติมแป้งจะมีขนาด 295, 497 μm เติมแป้งข้าวเหนียว 463, 602 μm แป้งถั่วเขียว 425, 554 μm และแป้งข้าวเจ้า 384, 508 μm ตามลำดับ โดยโฟมทุกตัวมีลักษณะเซลล์ที่ดี จึงมีค่าความต้านทานต่อแรงกดที่ดี

สรุป

การเตรียมโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตที่เติมแป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้า และแป้งถั่วเขียว ในปริมาณ 10% w/w ที่ NCO index 200 พบว่า โฟมที่เตรียมได้มีค่าความหนาแน่นลดลง แต่มีค่าความทนต่อแรงกดอัดที่ต่ำกว่าโฟมที่ไม่ได้เติมแป้ง ซึ่งยังมีสมบัติที่ดีต่อการใช้งาน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์สารตั้งต้นและสารเคมีจากบริษัทไออาร์พีซีจำกัด (มหาชน) [IRPC Public Company Limited] และมหาวิทยาลัยรังสิตที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องร่อนอนุภาคขนาด 400 mesh

เอกสารอ้างอิง

1. Qin Y, Liu C, Jiang S, Cao J, Xiong L, Sun Q. Functional Properties of Glutinous Rice Flour by Dry-Heat Treatment. College of Food Science and Engineering. 2016;1-16.
2. Oo ZZ, Ko TL, Than SS. Physico-chemical Properties of Extracted Mung Bean Protein Concentrate. American Journal of Food Science and Technology. 2017;5(6):265-269.
3. Fang Z, Yokoyama W, Wang Q, Shoemaker CF. Rice Starch, Amylopectin, and Amylose: Molecular Weight and Solubility in Dimethyl Sulfoxide-Based Solvents. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2006;2320-2326.
4. Daniel K, Kurt CF. Handbook of polymeric foams and technology. Oxford University Press Publishers. 1991;940-957.
5. Demharter A. Polyurethane rigid foam, a proven thermal insulating material for application between +130ºC and -196ºC. Cryogenics. 1998;38:113-117.
6. David R, Steve L. The polyurethane book. John Wiley & Son Inc. 2002;113-136.
7. Hatakeyema H, Tanamachi N, Matsumura H, Hirose S, Hatakeyama T. Based polyurethane composite foams with inorganic fillers studied by thermogravimetry. Thermochimica Acta. 2015;431: 155- 160.
8. Liszkowska J, Sadowska J, Czupryński B. Properties of rigid polyurethane- polyisocyanurate foams modified with the select fillers. Journal of Applied Polymer Science. 2010;115:2460-2469.

[BS-P18] สมบัติเชิงกายภาพ สมบัติเชิงกล และสมบัติเชิงความร้อน ของแผ่นไม้อัดที่ทำจากฟางข้าวผสมขี้เลื่อย

Physical, Mechanical and Thermal Properties of Fiberboard Prepared from Rice Straw Mixing Sawdust

เอกพจน์ สมนาม[*1], ธัญลักษณ์ ทนปรางค์[1] และบุปผชาติ ต่อบุญสูง[2]
Ekapot Somnam[*1] , Thanyalak Thonprang[1] and Buppachat Toboonsung[2]
[1]สาขาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
[1]สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: : Unphysics1996@gmail.com*

บทคัดย่อ

การทดสอบสมบัติเชิงกายภาพ เชิงกล และเชิงความร้อนของไม้อัด ซึ่งทำจากฟางข้าว 3 ขนาด คือ สับย่อย (1-2 cm), 2.5 cm และ 5.0 cm ผสมขี้เลื่อย พบว่าอัตราส่วน ฟางข้าว 100 g ต่อ ขี้เลื่อย 200 g และใช้เรซิ่น 400 ml กับตัวทำแข็ง 6 ml แรงอัด 147.100 MPa และทิ้งไว้ในอากาศ 3 วัน เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสม และเมื่อนำไปทดสอบสมบัติพบว่า แผ่นไม้อัดผ่านเกณฑ์มาตรฐาน Japanese Industrial Standard (JIS A 5905-2003) อัตราส่วนของปริมาณสารและวัสดุที่ใช้ทำไม้อัดมีค่าใกล้เคียงกัน ส่งผลให้แผ่นไม้อัดมีค่าความหนาแน่น และค่าการนำความร้อนใกล้เคียงกัน และฟางข้าวแบบสับย่อยซึ่งมีขนาดเล็กที่สุด จึงทำให้มีช่องว่างน้อย และเกาะตัวได้ดีที่สุด ส่งผลให้ไม้อัดมีค่าการดูดซึมน้ำที่น้อยที่สุด คือ 6.963 % และมีค่ากำลังดัดสูงสุด คือ 101.936 kg/cm^2

คำสำคัญ: *ขี้เลื่อย, ตัวประสาน, ฟางข้าว*

Abstract

Physical, mechanical and thermal properties of fiberboard were prepared from 3 sizes of rice straw: chopped (1-2 cm), 2.5 cm and 5 cm mixed sawdust. It was found that the ratio of rice straw (100 g), sawdust (200 g), resin (400 ml) and hardener (6 ml) were shown an optimum ratio which used the pressure of hydraulic machine at 1500 psi and left it in the air of 3 days. It was indicated that fiberboard has passed the Japanese Industrial Standard (JIS A 5905-2003). It was analyzed that the similar of the density and the thermal conductivity of an all fiberboards were affected by the similar ratio of materials. The lowest water absorption of 6.963% and the maximum bending strength of 101.936 kg/cm^2 were found at the chopping rice straw which had been the smallest size, less space and sticks to the best.

Keyword: *binder, rice straw, sawdust*

บทนำ

วัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตร คือวัสดุที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตของเกษตรกร ซึ่งจะถูกทิ้งไว้ในสวน ไร่ นา เช่น ต้นถั่ว มันสำปะหลัง ต้นอ้อย เป็นต้น[1] โดยเฉพาะ ฟางข้าว ซึ่งเป็นผลผลิตจากข้าว ถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอย่างหนึ่งของประเทศไทย มีการเพาะปลูกกันทั่วทุกภาคของประเทศ ประมาณ 65 ล้านไร่ หรือประมาณร้อยละ 20 ของพื้นที่ทั้งประเทศ ได้ผลผลิตข้าว 24 ล้านตัน ซึ่งภายหลังการเก็บเกี่ยวจะมีฟางข้าวเฉลี่ยประมาณปีละ 25.45 ล้านตัน (มูลนิธิเกษตรรักษ์สิ่งแวดล้อมประเทศไทย) หาง่ายราคาถูก และมีความหนาแน่นต่า อีกทั้งยังเป็นพืชที่มีเส้นใยในปริมาณที่มาก โดยเส้นใยมีสมบัติในการทนต่ออุณหภูมิที่สูง นำความร้อนได้ดี ช่วยเสริมความแข็งแรง ทนต่อแมลง แต่มีการดูดซับน้ำได้ดี เป็นต้น แม้จะมีการนำฟางข้าวไปประยุกต์ใช้ทำประโยชน์ในด้านต่าง ๆ[2] เช่น นำไปทำเป็นอาหารสัตว์ ทำปุ๋ยหมัก หรือเชื้อเพลิงทางชีวภาพอื่นๆ และนำไปทำเป็นกระดาษ เป็นต้น นอกนี้จากนี้ยังมีวัสดุเหลือใช้จากกระบวนการแปรรูป เช่น ขี้เลื่อย[3] มีองค์ประกอบเป็นสารจำพวกลิกนิน ซึ่งเป็นมีความแข็งแรงทนทาน ที่เป็นสารที่สามารถช่วยในการยึดติดเป็นต้น โดยขี้เลื่อยเป็นของเสียที่เป็นพิษ ซึ่งเป็นวัสดุเศษเหลือที่ไร้ค่าอาจจะนำไปใช้ประโยชน์เป็นวัสดุเพาะเห็ด วัสดุในการก่อสร้าง เช่น ไม้อัด อิฐผสมในเครื่องปั้น ดินเหนียวเพื่อช่วยในการขึ้นรูป แต่วัสดุเหล่านี้ยังคงเหลือในปริมาณที่มากหลังจากการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆดังที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ซึ่งการกำจัดโดยทั่วไปที่นิยมกัน คือการเผาทำลายวัสดุที่เหลือใช้เหล่านี้ ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้ทำวิจัยจึงได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการนำวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร คือ ฟางข้าว และขี้เลื่อยมาผลิตเป็นแผ่นไม้อัด โดยใช้เรซิ่นเป็นตัวประสาน เพื่อศึกษาและทดสอบคุณสมบัติเชิงกายภาพ เชิงกล และเชิงความร้อนเพื่อให้ได้แผ่นไม้อัดที่มีประสิทธิภาพและคุณสมบัติดังกล่าวที่เหมาะสมในการนำไปใช้งานในด้านต่างๆ นับเป็นการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างแท้จริง

วิธีดำเนินการวิจัย

การทดสอบสมบัติเชิงกายภาพ เชิงกล และเชิงความร้อนของไม้อัดจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งทำจากฟางข้าวผสมขี้เลื่อย โดยใช้ฟางข้าวที่มีขนาด 5.0 cm, 2.5 cm และสับย่อย (ขนาดยาวประมาณ 1-2 cm มีลักษณะเป็นเส้นบาง เล็ก และอ่อนนุ่มกว่าฟางข้าวที่ไม่ได้ทำการสับย่อย) ดังภาพที่ 1 ใช้ตัวประสานเป็นเรซิ่น ในอัตราส่วน ฟางข้าว 100 g ขี้เลื่อย 200 g เรซิ่น 400 ml และตัวทำแข็ง 6 ml ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิค ด้วยแรง 147.100 MPa และทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 3 วัน



ภาพที่ 1 ฟางข้าวขนาดต่างๆ (ก) 5 cm, (ข) 2.5 cm และ (ค) สับย่อย

ต่อจากนั้นนำแผ่นไม้อัดไปทดสอบสมบัติเชิงกายภาพ เชิงกล และเชิงความร้อน[4] โดยทดสอบตามมาตรฐาน Japanese Industrial Standard (JIS A 5905-2003)[5] โดยมีการทดสอบความหนาแน่น ทำโดยการชั่งมวล วัดความหนาของแผ่นไม้อัดที่ขึ้นรูปแล้ว และคำนวณตามสมการหาค่าความหนาแน่นคือ มวลต่อปริมาตร การทดสอบการดูดซึมน้ำ ทำโดยแช่ชิ้นงานใต้ผิวน้ำประมาณ 2 cm ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ต่อจากนั้นชั่งชิ้นงานหลังขึ้นจากน้ำ 30 วินาที (ใช้เครื่องชั่งน้ำหนักแบบทศนิยม 4 ตำแหน่ง) แล้วจึงนำไปคำนวณการหาค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ ทดสอบการนำความร้อนด้วยเครื่อง Heat Transfer analyzer และทดสอบกำลังดัดด้วยเครื่อง Universal testing machine

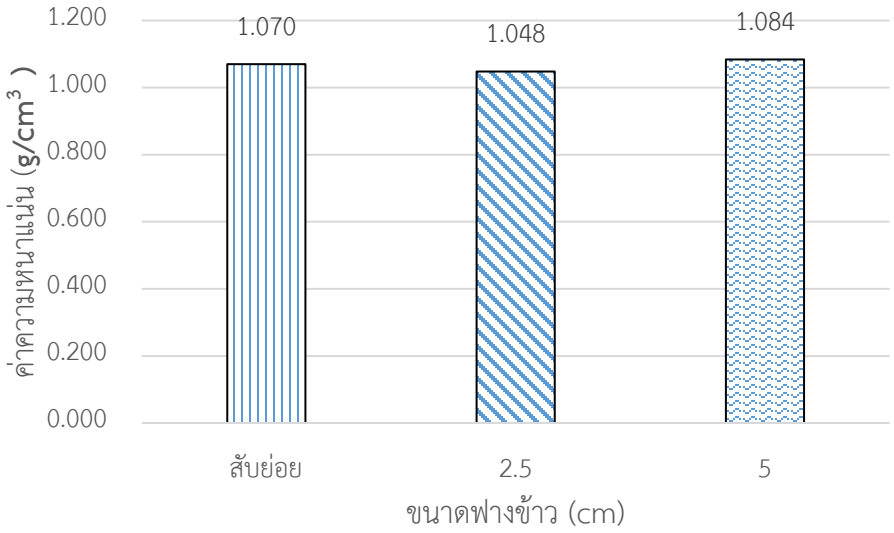
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในการอัดขึ้นรูปแผ่นไม้อัดเพื่อให้ได้แผ่นไม้อัดที่มีความหนาสม่ำเสมอและมีความแข็ง โดยการใช้แรงอัด 147.100 MPa และระยะเวลาให้การอัด 3 วัน โดยใช้เรซิ่น 400 ml และตัวทำแข็ง 6 ml ใช้แรงอัด 147.100 MPa สามารถอัดขึ้นรูปเป็นแผ่นไม้อัดที่มีความหนาสม่ำเสมอและมีความแข็งได้ โดยมีการเปลี่ยนขนาดของฟางข้าวเป็น 5.0 cm, 2.5 cm และแบบสับย่อย ได้แผ่นไม้อัดที่มีลักษณะทางกายภาพดังภาพที่ 2



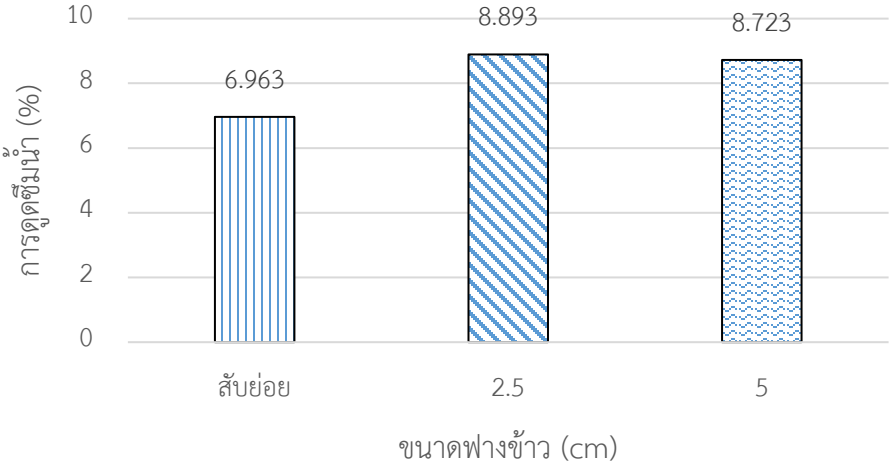
ภาพที่ 2 แผ่นไม้อัดที่ผสมฟางข้าวขนาดต่างๆ (ก) แผ่นไม้อัดผสมฟางข้าวขนาด 5.0 cm (ข) แผ่นไม้อัดผสมฟางข้าวขนาด 2.5 cm และ (ค) แผ่นไม้อัดผสมฟางข้าวแบบสับย่อย

การทดสอบสมบัติเชิงกายภาพคือ ความหนาแน่น (density) การดูดซึมน้ำ (water absorption) โดยความหนาแน่นพบว่าแผ่นไม้อัดที่ผสมฟางข้าวขนาด สับย่อย, 2.5 cm และ 5.0 cm มีค่าความหนาแน่นที่มีความใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 1.048 – 1.084 g/cm^3 ดังภาพที่ 3 ซึ่งค่าความหนาแน่นของแผ่นไม้อัด มีค่าใกล้เคียงกันทุกชิ้นงาน (เกณฑ์มาตรฐาน Japanese Industrial Standard (JIS A 5905-2003)) เนื่องจากแผ่นไม้อัดที่ผสมฟางข้าวที่มีขนาดที่แตกกันทั้ง 3 แบบ มีอัตราส่วน ฟางข้าว : ขี้เลื่อย : เรซิ่น ในปริมาณที่เท่ากันจึงไม่ส่งผลต่อค่าความหนาแน่น



ภาพที่ 3 ค่าความหนาแน่นของแผ่นอัดไม้ที่ผสมฟางข้าวขนาดแตกต่างกัน

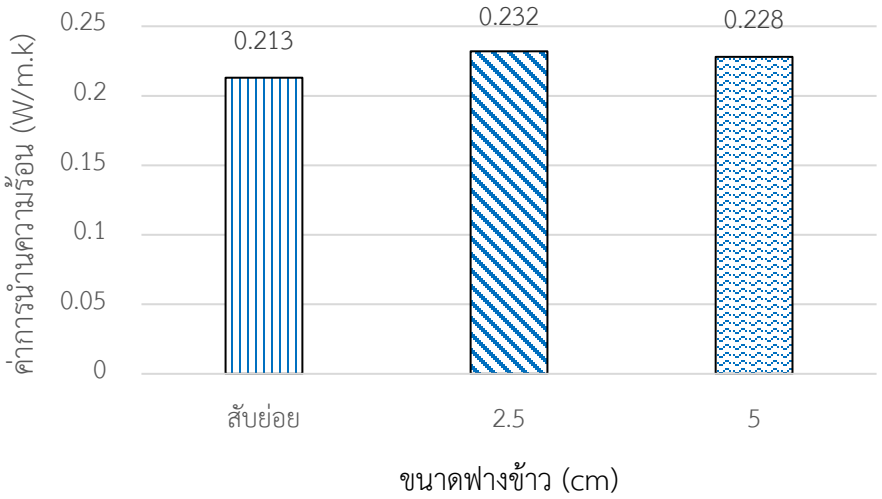
การดูดซึมน้ำ พบว่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของแผ่นไม้อัดที่ผสมฟางข้าวขนาด สับย่อย, 2.5 cm และ 5.0 cm มีค่าเท่ากับ 6.963%, 8.893% และ 8.723% ตามลำดับ ดังภาพที่ 4 ซึ่งแผ่นไม้อัดที่ใช้ฟางข้าวแบบสับย่อยจะมีค่าการดูดซึมน้ำที่น้อยที่สุด ส่วนแผ่นไม้อัดที่ผสมฟางข้าวขนาด 2.5 cm และ 5.0 cm มีค่าใกล้เคียงกัน (เกณฑ์มาตรฐาน Japanese Industrial Standard (JIS A 5905-2003)) เนื่องจากขนาดของฟางข้าวที่เล็กลงส่งผลทำให้แผ่นไม้อัดมีช่องว่างระหว่างอนุภาคเล็กลงมีผลต่อการดูดซึมน้ำที่น้อยลงของแผ่นไม้อัด



ภาพที่ 4 ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของแผ่นอัดไม้ที่ผสมฟางข้าวขนาดแตกต่างกัน

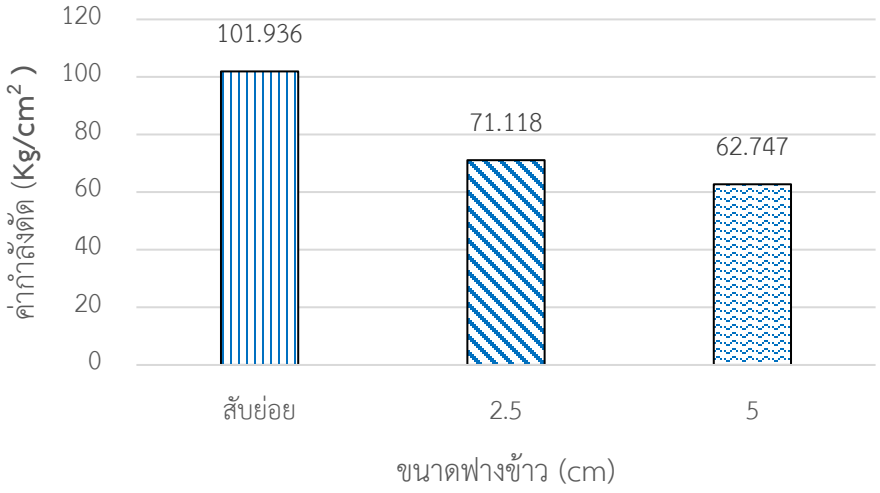
การทดสอบการนำความร้อน (Thermal insulation) พบว่าแผ่นไม้อัดที่ผสมฟางข้าวขนาด สับย่อย, 2.5 cm และ 5.0 cm มีค่าการนำความร้อนที่มีความใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 0.213 - 0.232 W/m.K ดังภาพที่ 5 เนื่องจากแผ่นไม้อัดที่ผสมฟางข้าวที่

มีขนาดที่แตกต่างกันทั้ง 3 แบบ มีอัตราส่วน ฟางข้าว : ขี้เลื่อย : เรซิ่น ในปริมาณที่เท่ากัน และมีขนาดความหนาของชิ้นงานที่ใกล้เคียงกัน จึงไม่ส่งผลต่อค่าการนำความร้อน



ภาพที่ 5 ค่าการนำความร้อนของแผ่นอัดไม้ที่ผสมฟางข้าวขนาดแตกต่างกัน

การทดสอบสมบัติเชิงกล คือ กำลังดัด (flexural Strength) พบว่าค่ากำลังดัดของแผ่นไม้อัดที่ผสมฟางข้าวขนาดสับย่อย, 2.5 cm และ 5.0 cm มีค่าเท่ากับ 101.936 kg/cm^2, 71.118 kg/cm^2 และ 62.747 kg/cm^2 ตามลำดับ ดังภาพที่ 6 ซึ่งแผ่นไม้อัดที่ผสมฟางข้าวแบบสับย่อยจะมีค่ากำลังดัดมากที่สุด ส่วนแผ่นไม้อัดที่ผสมฟางข้าวขนาด 2.5 cm มีค่ากำลังดัดน้อยที่สุด (เกณฑ์มาตรฐาน Japanese Industrial Standard (JIS A 5905-2003)) โดยเมื่อเทียบกับมาตฐาน JIS แผ่นไม้อัดทั้ง 3 แบบ ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5905-2003 โดยมีค่าทนต่อกำลังดัดแตกต่างกัน และพบว่าเนื่องจากขนาดของฟางข้าวที่เล็กลงส่งผลทำให้แผ่นไม้อัดแบบใช้ฟางแบบสับย่อยมีช่องว่างระหว่างเส้นใยเล็กลงและเรียงชิดติดกันมากขึ้น จึงทำให้ความแข็งแรงดัดเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 6 ค่ากำลังดัดของแผ่นอัดไม้ที่ผสมฟางข้าวขนาดแตกต่างกัน

สรุป

การทำแผ่นไม้อัดจากฟางข้าวผสมขี้เลื่อย โดยใช้อัตราส่วนของฟางข้าว 100 g และขี้เลื่อย 200 g ได้อัตราส่วนตัวเชื่อมประสานที่เหมาะสม คือ ปริมาณ เรซิ่น 400 ml ต่อ ตัวทำแข็ง 6 ml โดยแรงอัด 147.100 MPa และระยะเวลาในการอัด 3 วัน สามารถอัดขึ้นรูปฟางข้าวที่มีขนาดแตกต่างกันทั้ง 3 เงื่อนไข คือ แบบสับย่อย แบบยาว 2.5 cm และแบบยาว 5.0 cm ได้ทั้งหมด ซึ่งทำให้แผ่นที่ได้มีความหนาสม่ำเสมอและมีความแข็งแรง และเมื่อนำไปทดสอบความหนาแน่นพบว่า ค่าความหนาแน่นของแผ่นไม้มีค่าอยู่ที่ 0.925 g/cm^3, 0.960 g/cm^3 และ 0.925 g/cm^3 ตามลำดับ การทดสอบการนำความร้อน พบว่าค่าการนำความของแผ่นไม้อัดมีค่าอยู่ที่ 0.213 W/m.K, 0.232 W/m.K และ0.228 W/m.K ตามลำดับ การทดสอบการดูดซึมน้ำ พบว่า ค่าการดูดซึมน้ำแผ่นจะมีค่าอยู่ที่ 6.963%, 8.893% และ 8.723% ตามลำดับ และการทดสอบกำลังดัด พบว่า ค่ากำลังดัดของแผ่นไม้อัดมีค่าอยู่ที่ 101.936 kg/cm^2, 71.118 kg/cm^2 และ 62.747 kg/cm^2 ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรและศูนย์นวัตกรรมแปรรูปและพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรครบวงจรตามแนวพระราชดำริ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมาที่สนับสนุนทุนวิจัย ผศ.ว่าที่ร้อยตรี พงษ์ศักดิ์ จิตตบุตร อาจารย์สาขาวิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และนางสาวสุพัตรา ปังสันเทียะ เจ้าหน้าที่คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือในการดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. thaischool. ประเภทวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร [อินเตอร์เน็ต]. 2558. [เข้าถึงเมื่อ 5 เมษายน 2562] เข้าถึงได้จาก http://www.thaischool.in.th
2. สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดสุพรรณบุรี. ฟางข้าว [อินเตอร์เน็ต]. 2561. [เข้าถึงเมื่อ 8 กรกฎาคม 2561] เข้าถึงได้จาก http://pvlo-spr.dld.go.th/Animal%20food/roughage/straw.html.
3. Prince of Songkla Uiversity to Society. สารพรีไบโอติกที่สกัดจากขี้เลื่อยไม้ยางพารา [อินเตอร์เน็ต]. 2557 [เข้าถึงเมื่อ 8 กรกฎาคม 2561] เข้าถึงได้จาก http://dmhost2.psu.ac.th
4. ชาตรี หอมเขียว และคณะ. สมบัติทางกล ทางกายภาพ และทางความร้อนของแผ่นใยไม้อัดที่ไม่มีตัว ประสานจากผงแกลบและผงฟางข้าว. รายงานวิจัย สาขาวิศวกรรมศาสตร์, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย; 2560.
5. Japanese Standards Association. Fiberboards. Japanese Industrial Standard (JIS A 5905:2003). 2003.

[BS-P19] การพยากรณ์ปริมาณการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวในประเทศไทยโดยใช้ตัวแบบผสมของ Pegels และ ARIMA

Forecasting Liquefied Petroleum Gas Consumption in Thailand Using Hybrid Model of Pegels and ARIMA

นิฉา แก้วหาวงษ์*
Nicha Kaewhawong*
สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: nicha@mathstat.sci.tu.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์อนุกรมเวลา 3 ตัวแบบคือตัวแบบ Pegels, ตัวแบบ ARIMA และตัวแบบผสม Pegels-ARIMA ในการศึกษาใช้ข้อมูลอนุกรมเวลาของปริมาณการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) รายเดือนในประเทศไทย ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2543 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2561 โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบคือค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (MAPE) และค่า R-Squared จากการศึกษาพบว่าตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการใช้ก๊าซ LPG ในประเทศไทยคือตัวแบบผสม Pegels-ARIMA(0,0,(3,32,54)) โดยตัวแบบที่ได้มีค่า MAPE ต่ำที่สุดเท่ากับ 3.4422% และมีค่า R-Squared มากที่สุดเท่ากับ 98.9402% ค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้ก๊าซ LPG ในปี พ.ศ.2562 พ.ศ.2563 และ พ.ศ.2564 มีจำนวน 7,090.65060 พันตัน 7,311.93796 พันตัน และ 7,580.94773 พันตัน ตามลำดับ โดยปริมาณการใช้ก๊าซ LPG ในประเทศไทยที่พยากรณ์ได้มีจำนวนเพิ่มขึ้นมากกว่า 7,500 พันตัน ภายใน 3 ปี

คำสำคัญ: *ปริมาณการใช้ LPG, ตัวแบบ Pegels, ตัวแบบ ARIMA,* ตัวแบบผสม *Pegels-ARIMA*

Abstract

The objective of this research is to study and compare three models of forecasting time series, namely Pegels, ARIMA and Pegels-ARIMA hybrid models. In this study, we use the monthly time series data of Liquefied Petroleum Gas (LPG) consumption in Thailand. The data used was the monthly time series from January 2000 to December 2018. The Mean Absolute Percentage Error (MAPE) and R-Squared are used as the comparative criteria. It was found that the Pegels-ARIMA(0,0,(3,32,54)) is the most suitable model for forecasting the monthly time series data of LPG consumption in Thailand. The Pegels-ARIMA hybrid model had the lowest MAPE of 3.4422% with the highest R-Squared of 98.9402%. Predicted LPG consumption in Thailand in 2019, 2020 and 2021 are 7,090.65060, 7,311.93796 and 7,580.94773 thousand tons, respectively. The LPG consumption in Thailand is predicted to increase more than 7,500 thousand tons within three years.

Keywords: *LPG consumption, Pegels model, ARIMA model, Pegels-ARIMA hybrid model*

บทนำ

ปัจจุบันปริมาณการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวภายในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร ซึ่งเป็นผู้ใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว โดยก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas) หรือเรียกว่า ก๊าซ LPG เป็นก๊าซที่ใช้มากสำหรับเป็นเชื้อเพลิงของการหุงต้มในครัวเรือน และใช้เป็นเชื้อเพลิงของรถยนต์ เป็นก๊าซที่ผลิตได้จากกระบวนการกลั่นน้ำมัน และกระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติ ก๊าซ LPG มีส่วนประกอบ 3 ส่วน คือ 1) ก๊าซโพรเพน 2) ก๊าซบิวเทน ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักที่ให้เป็นพลังงานเมื่อเกิดการเผาไหม้ และ 3) สารที่มีกลิ่นเหม็น เรียกว่า เอทิลเมอร์แคปเทน (C2H5SH) คล้ายกลิ่นเหม็นของไข่เน่า เพื่อเตือนภัยกรณีก๊าซรั่ว สำหรับมาตรฐาน มอก.ว่าด้วยองค์ประกอบของก๊าซปิโตรเลียมเหลวอาจประกอบด้วยก๊าซชนิดใดชนิดหนึ่งหรือทั้งสองก๊าซผสมกันในอัตราส่วนโพรเพนกับบิวเทน 30:70 ถึง 70:30 โดยกระทรวงพลังงานได้จำแนกการนำก๊าซ LPG มาใช้ประโยชน์ในกิจการต่างๆ ดังนี้ 1) ใช้เพื่อการหุงต้มในครัวเรือน โดยก๊าซ LPG สามารถให้ความร้อนได้มากกว่า 1900 องศาเซลเซียส จึงเหมาะสำหรับนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการหุงหาอาหารในครัวเรือนรวมถึงข้อดีในด้านอื่นๆ เช่น ราคาถูก สะดวก ปลอดภัย และสามารถหาซื้อได้ง่าย 2) ใช้ในภาคอุตสาหกรรม โดยใช้เป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตที่ต้องใช้ความร้อน เช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมผลิตแก้ว อุตสาหกรรมฟอกย้อม อุตสาหกรรมตัดเชื่อมโลหะ เป็นต้น 3) ใช้ในภาคเกษตรกรรม ได้แก่ การให้ความร้อนสำหรับการอนุบาลสัตว์หรือให้ความอบอุ่นแก่สัตว์ในฟาร์ม การอบเมล็ดพันธุ์ และใบยาสูบ และการอบแห้งผลิตภัณฑ์การเกษตร เป็นต้น และ 4) ใช้เป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์ ปัจจุบันมีการนำก๊าซ LPG มาใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนเชื้อเพลิงอื่นที่มีราคาสูง เช่น น้ำมันดีเซล และน้ำมันเบนซิน ทั้งในเครื่องยนต์ รถยนต์ เรือ เนื่องจากราคาถูกกว่า และมีค่าออกเทนสูงกว่า เมื่อจำแนกกลุ่มผู้ใช้ก๊าซ LPG ปี พ.ศ.2560 พบว่าผู้ใช้ในภาคครัวเรือนยังเป็นกลุ่มผู้ใช้หลักโดยมีสัดส่วนปริมาณการใช้ถึงร้อยละ 55.27 ของปริมาณการใช้รวม โดยส่วนใหญ่ใช้เป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้มในครัวเรือนหรือเพื่อการค้า ส่วนผู้ใช้ในอันดับรองลงมาได้แก่ผู้ใช้ในภาคอุตสาหกรรมคิดเป็นร้อยละ 23.92 และผู้ใช้ในภาคการขนส่งคิดเป็นร้อยละ 20.81 ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ในรถแท็กซี่ และรถสามล้อเครื่องในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยในช่วงระยะเวลา 10 ปีที่ผ่านมาตั้งแต่ปี พ.ศ.2551 ถึง พ.ศ.2560 ปริมาณการใช้ก๊าซ LPG ในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปี พ.ศ.2560 ปริมาณการใช้ก๊าซ LPG มีมากถึง 6,338 พันตัน ซึ่งเพิ่มมากขึ้นจากปี พ.ศ.2551 ซึ่งมีปริมาณการใช้ก๊าซ LPG เพียง 4,788 พันตัน โดยปริมาณการใช้ก๊าซ LPG มีอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 3.24 ต่อปี เป็นข้อมูลสถิติของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน[1]

การคาดการณ์ปริมาณการใช้ก๊าซ LPG ในประเทศไทยจึงเป็นเรื่องสำคัญ หากนำเทคนิคการพยากรณ์อนุกรมเวลามาช่วยพยากรณ์ปริมาณการใช้ก๊าซ LPG ได้ก็จะทำให้ทราบแนวโน้มในอนาคต และทราบว่าช่วงเวลาใดมีการใช้ก๊าซ LPG มากหรือน้อย เพื่อใช้เป็นข้อมูลให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการผลิตหรือจัดหาก๊าซ LPG ให้เพียงพอ เพื่อตอบสนองความต้องการใช้ก๊าซ LPG ของประชากรในประเทศ เทคนิคการพยากรณ์อนุกรมเวลาเป็นวิธีที่อาศัยความสัมพันธ์ในตัวเองของข้อมูลในอดีตมาหารูปแบบเพื่อใช้พยากรณ์ค่าในอนาคต วิธีพยากรณ์แต่ละวิธีมีขั้นตอนที่แตกต่างกัน เช่น ตัวแบบ Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) เป็นตัวแบบพยากรณ์อนุกรมเวลาที่ใช้กันอย่างแพร่หลายตั้งแต่ปี ค.ศ.1976 ถึงปัจจุบันซึ่งมีความแม่นยำมากในการพยากรณ์ทั้งในระยะสั้นและระยะปานกลาง โดยตัวแบบ ARIMA สามารถพยากรณ์อนุกรมเวลาในส่วนที่เป็นเชิงเส้นได้เพียงอย่างเดียวเท่านั้น ในปี ค.ศ.2003 Zhang[2] ได้นำเสนอตัวแบบ Hybrid โดยใช้แนวคิดที่ว่าข้อมูลอนุกรมเวลาชุดหนึ่งจะมีทั้งส่วนประกอบที่ไม่เป็นเชิงเส้นและส่วนประกอบที่เป็นเชิงเส้นรวมกันอยู่ ดังนั้นควรทำการพยากรณ์ด้วยตัวแบบที่ไม่เป็นเชิงเส้นและตัวแบบที่เป็นเชิงเส้นแยกกัน และนำค่าพยากรณ์ที่ได้ของทั้งสองส่วนประกอบมารวมกันจะทำให้มีความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์น้อยกว่าการใช้ตัวแบบเพียงตัวแบบเดียว ในปี ค.ศ.2012 Amir และคณะ[3] ได้ใช้ตัวแบบ Multiple Polynomial

Regression (MPR) ในการพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการผลิตกระเบื้องปูพื้นในประเทศอิหร่านพบว่าตัวแบบ Multiple Quadratic Regression (MQR) ให้ค่า Adjusted R-Squared สูงถึง 98.30% นอกจากนี้ได้ใช้ตัวแบบ Hybrid ซึ่งเป็นตัวแบบผสมระหว่างตัวแบบ MQR กับตัวแบบ ARIMA(2,0,2) ในการพยากรณ์อีกด้วย ผลการศึกษาพบว่าตัวแบบ Hybrid ให้ค่า Mean Square Error (MSE) ต่ำที่สุด และมีค่า Adjusted R-Squared มากที่สุดเท่ากับ 98.90% และในปี พ.ศ.2558 พิราวรรณ[(4)] ได้ศึกษาตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณการผลิตน้ำมันดิบในประเทศไทยโดยใช้วิธีพยากรณ์ 3 วิธี คือวิธีแยกองค์ประกอบ วิธีของ Box และ Jenkins และตัวแบบพยากรณ์เกรย์ ผลการศึกษาพบว่าวิธีของ Box และ Jenkins เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากให้ค่า Mean Square Error (MSE) และค่า Mean Absolute Percentage Error (MAPE) ต่ำที่สุด

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยสนใจศึกษาวิธีการพยากรณ์ 3 ตัวแบบคือตัวแบบ Pegels, ARIMA และตัวแบบผสม Pegels - ARIMA การที่ผู้วิจัยสนใจนำตัวแบบ 3 ตัวแบบนี้มาเปรียบเทียบกันเป็นเพราะว่าตัวแบบ Pegels เป็นตัวแบบการพยากรณ์อนุกรมเวลาที่ใช้กับแนวโน้มและฤดูกาลแบบต่างๆ โดยมีตัวแบบย่อยให้ผู้วิเคราะห์เลือกใช้ตามลักษณะของข้อมูลอนุกรมเวลาที่ต้องการพยากรณ์ จากข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการใช้ก๊าซ LPG รายเดือนในประเทศ พบว่ามีแนวโน้มการเติบโตสูงขึ้นอย่างรวดเร็วแบบเส้นโค้ง ดังนั้นจึงพิจารณาตัวแบบ Pegels ที่ใช้กับข้อมูลที่มีแนวโน้มไม่เป็นเชิงเส้นแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลและมีฤดูกาลแบบเชิงคูณ ตัวแบบ ARIMA เป็นวิธีพยากรณ์อนุกรมเวลาที่กำหนดตัวแบบโดยพิจารณาจากฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองและฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อยของข้อมูลที่ Stationary โดยตัวแบบ ARIMA สามารถพยากรณ์อนุกรมเวลาในส่วนที่เป็นเชิงเส้นได้เพียงอย่างเดียวเท่านั้น ส่วนตัวแบบผสม (Hybrid model) เป็นตัวแบบการพยากรณ์อนุกรมเวลาที่มีแนวคิดว่าข้อมูลอนุกรมเวลาชุดหนึ่งจะมีทั้งส่วนประกอบที่เป็นเชิงเส้นและไม่เป็นเชิงเส้นรวมกัน ซึ่งตัวแบบผสมจะให้ความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าการใช้ตัวแบบเพียงตัวแบบเดียว โดยในงานวิจัยนี้จะทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการพยากรณ์และคัดเลือกตัวแบบที่เหมาะสมที่ให้ความถูกต้องแม่นยำสูงสุด และใช้ตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดพยากรณ์ปริมาณการใช้ก๊าซ LPG รายเดือนในประเทศไทย โดยผลที่ได้จากการพยากรณ์มีประโยชน์คือจะทำให้ทราบแนวโน้มปริมาณการใช้ก๊าซ LPG รายเดือนในประเทศไทยในอนาคตและนำค่าพยากรณ์ที่ได้ไปใช้เป็นแนวทางให้กระทรวงพลังงานและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจัดหาก๊าซ LPG ให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้ใช้ในช่วงที่มีความต้องการใช้มาก และเพื่อประโยชน์ในการวางแผนขยายกำลังการผลิตก๊าซ LPG ทั้งในระยะสั้นและระยะยาวต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์อนุกรมเวลา 3 ตัวแบบคือตัวแบบ Pegels, ตัวแบบ ARIMA และตัวแบบผสม Pegels-ARIMA และใช้ตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดพยากรณ์ปริมาณการใช้ก๊าซ LPG ในอนาคต ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2562 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2564

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยเป็นข้อมูลทุติยภูมิของปริมาณการใช้ก๊าซ LPG รายเดือนในประเทศไทย ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2543 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2561 จำนวน 228 เดือน มีหน่วยเป็นพันตัน

2. วิธีการทางสถิติที่ใช้ในการวิจัย

2.1 ตัวแบบ Pegels

ในปี ค.ศ.1969 Pegels[5] ได้นำเสนอวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลที่ใช้กับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มแบบเชิงคูณ (multiplicative trend) หรือ เรียกว่า แนวโน้มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (exponential trend) สามารถใช้ได้กับข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีฤดูกาล และมีฤดูกาล โดยฤดูกาลอาจเป็นแบบเชิงบวก (additive seasonal) หรือฤดูกาลแบบเชิงคูณ (multiplicative seasonal) สำหรับตัวแบบของ Pegels ที่ใช้พยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลและมีฤดูกาลแบบเชิงคูณ กล่าวคือ ขนาดของฤดูกาลแปรผันไปตามเวลาที่เปลี่ยนไป มีสมการตัวแบบดังนี้

$$Y_t = \beta_{0,t}(\beta_{1,t})^t S_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

โดยที่ Y_t คือ ข้อมูล ณ เวลาที่ t

$\beta_{0,t}$ คือ พารามิเตอร์แสดงค่าในแนวระดับ ณ เวลาที่ t

$\beta_{1,t}$ คือ พารามิเตอร์แสดงอัตราการเพิ่มขึ้นของแนวโน้ม ณ เวลาที่ t

S_t คือ ส่วนประกอบของความแปรผันตามฤดูกาลแบบเชิงคูณ ณ เวลาที่ t

ε_t คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม (random error) ณ เวลาที่ t, $\varepsilon_t \sim \text{Nid}(\mu_\varepsilon = 0, \sigma_\varepsilon^2)$

สมการพยากรณ์ล่วงหน้าจากช่วงเวลาที่ t ไป ℓ หน่วย คือ

$$\hat{Y}_{t+\ell} = \hat{\beta}_{0,t}(\hat{\beta}_{1,t})^\ell \hat{S}_{t+\ell-S} \quad (2)$$

โดยที่

$$\hat{\beta}_{0,t} = \alpha\left(\frac{Y_t}{\hat{S}_{t-S}}\right) + (1-\alpha)(\hat{\beta}_{0,t-1}\hat{\beta}_{1,t-1}) \quad (3)$$

$$\hat{\beta}_{1,t} = \gamma\left(\frac{\hat{\beta}_{0,t}}{\hat{\beta}_{0,t-1}}\right) + (1-\gamma)\hat{\beta}_{1,t-1} \quad (4)$$

$$\hat{S}_t = \delta\left(\frac{Y_t}{\hat{\beta}_{0,t}}\right) + (1-\delta)\hat{S}_{t-S} \quad (5)$$

$\hat{\beta}_{0,t}$ คือ ค่าประมาณในแนวรดับ ณ เวลาที่ t

$\hat{\beta}_{1,t}$ คือ ค่าประมาณอัตราการเพิ่มขึ้นของแนวโน้ม ณ เวลาที่ t

$\hat{S}_t$ คือ ค่าประมาณของดัชนีฤดูกาล ณ เวลาที่ t

S คือ ความยาวของฤดูกาลใน 1 รอบ

α, γ, δ คือ ค่าคงที่ในการทำให้เรียบในแนวระดับ แนวโน้ม และแนวฤดูกาล ; $(0 < \alpha, \gamma, \delta < 1)$

ℓ คือ จำนวนหน่วยเวลาล่วงหน้าจากช่วงเวลาที่ t

2.2 ตัวแบบ ARIMA

ในปี ค.ศ.1976 Box และ Jenkins[6] ได้นำเสนอตัวแบบ ARIMA มีชื่อเต็ม คือ Autoregressive Integrated Moving Average เป็นวิธีพยากรณ์อนุกรมเวลาที่กำหนดตัวแบบโดยพิจารณาจากฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง (Autocorrelation Function : ACF) และฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อย (Partial Autocorrelation Function : PACF) ของข้อมูลอนุกรมเวลาที่ Stationary โดยตัวแบบ ARIMA(p,d,q)(P,D,Q) มีสมการดังนี้

$$(1-\phi_1 B-\phi_2 B^2-\ldots-\phi_p B^p)(1-\Phi_1 B^S-\Phi_2 B^{2S}-\ldots-\Phi_P B^{PS})(1-B)^d(1-B^S)^D Y_t \quad (6)$$
$$= \theta_0+(1-\theta_1 B-\theta_2 B^2-\ldots-\theta_q B^q)(1-\Theta_1 B^S-\Theta_2 B^{2S}-\ldots-\Theta_Q B^{QS})\varepsilon_t$$

โดยที่ Y_t คือ ข้อมูล ณ เวลาที่ t, B คือ ตัวดำเนินการย้อนหลังเวลา (Backshift Operator)

ε_t คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม ณ เวลาที่ t, $\varepsilon_t \sim \text{Nid}(\mu_\varepsilon = 0, \sigma_\varepsilon^2)$, θ_0 คือ พารามิเตอร์แสดงค่าคงที่

$\phi_1, \phi_2, \ldots, \phi_p$ คือ พารามิเตอร์แสดงสัมประสิทธิ์การถดถอยในตัวเองแบบไม่มีฤดูกาล อันดับที่ 1,2,...,p ตามลำดับ

$\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_q$ คือ พารามิเตอร์แสดงสัมประสิทธิ์การเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบไม่มีฤดูกาล อันดับที่ 1,2,...,q ตามลำดับ

$\Phi_1, \Phi_2, \ldots, \Phi_P$ คือ พารามิเตอร์แสดงสัมประสิทธิ์การถดถอยในตัวเองแบบมีฤดูกาล อันดับที่ 1,2,...,P ตามลำดับ

$\Theta_1, \Theta_2, \ldots, \Theta_Q$ คือ พารามิเตอร์แสดงสัมประสิทธิ์การเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบมีฤดูกาล อันดับที่ 1,2,...,Q ตามลำดับ

p, P คือ อันดับของกระบวนการถดถอยในตัวเองแบบไม่มีฤดูกาล และแบบมีฤดูกาล ตามลำดับ

d, D คือ อันดับของการหาผลต่างแบบไม่มีฤดูกาล และแบบมีฤดูกาล ตามลำดับ

q, Q คือ อันดับของกระบวนการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบไม่มีฤดูกาล และแบบมีฤดูกาล ตามลำดับ

2.3 ตัวแบบผสม (Hybrid Model)

ในปี ค.ศ.2003 Zhang[2] ได้นำเสนอตัวแบบผสมซึ่งเป็นตัวแบบพยากรณ์อนุกรมเวลาโดยมีข้อสมมติว่าข้อมูลอนุกรมเวลาจะมีทั้งส่วนประกอบที่เป็นเชิงเส้น แทนด้วย L_t และส่วนประกอบที่ไม่เป็นเชิงเส้น แทนด้วย N_t มีตัวแบบดังนี้

$$Y_t = N_t + L_t + \varepsilon_t \quad (7)$$

โดยที่ Y_t คือ ข้อมูล ณ เวลาที่ t

N_t คือ ส่วนประกอบที่เป็นตัวแบบไม่เป็นเชิงเส้น ณ เวลาที่ t

L_t คือ ส่วนประกอบที่เป็นตัวแบบเชิงเส้น ณ เวลาที่ t

ε_t คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม (Random Error) ณ เวลาที่ t, $\varepsilon_t \sim \text{Nid}(\mu_\varepsilon = 0, \sigma_\varepsilon^2)$

2.4 ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Mean Absolute Percentage Error : MAPE)

การเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของวิธีพยากรณ์อนุกรมเวลาจะใช้ค่า MAPE โดยตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดที่จะถูกนำไปใช้ในการพยากรณ์จะต้องมีค่า MAPE ต่ำที่สุด โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$MAPE\,(\%) = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}\left|\frac{Y_t-\hat{Y}_t}{Y_t}\right|\times 100 \quad (8)$$

โดยที่ Y_t คือ ข้อมูล ณ เวลาที่ t, $\hat{Y}_t$ คือ ค่าพยากรณ์ของข้อมูล ณ เวลาที่ t และ n คือ จำนวนข้อมูลตัวอย่าง

2.5 ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination)

ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเป็นค่าสถิติที่ใช้วัดประสิทธิภาพของสมการพยากรณ์ โดยค่า R-Squared มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 และไม่มีหน่วย นิยมวัดในรูปเปอร์เซ็นต์ ถ้า R-Squared มีค่าเข้าใกล้ 100% แสดงว่าสมการพยากรณ์ที่ได้มีประสิทธิภาพสูง ถ้า R-Squared มีค่าเข้าใกล้ 0% แสดงว่าสมการพยากรณ์ที่ได้มีประสิทธิภาพต่ำ โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$R\text{-}Squared\,(\%) = \left(1 - \frac{\sum_{t=1}^{n}(Y_t - \hat{Y}_t)^2}{\sum_{t=1}^{n}(Y_t - \bar{Y})^2}\right) \times 100 \quad (9)$$

โดยที่ Y_t คือ ข้อมูล ณ เวลาที่ t, $\hat{Y}_t$ คือ ค่าพยากรณ์ของข้อมูล ณ เวลาที่ t และ n คือ จำนวนข้อมูลตัวอย่าง

3. ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลจะแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ช่วงเวลาคือ ช่วงเวลาที่ 1 ใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2543 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2560 จำนวน 216 เดือน เพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสมในแต่ละตัวแบบพยากรณ์ และช่วงเวลาที่ 2 ใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2561 จำนวน 12 เดือน เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าพยากรณ์ล่วงหน้าที่ได้และเลือกตัวแบบพยากรณ์ที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุดเมื่อวัดด้วยค่า MAPE โดยขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยตัวแบบ 3 ตัวแบบมีดังนี้

3.1 การพยากรณ์อนุกรมเวลาด้วยตัวแบบ Pegels มีขั้นตอนดังนี้

3.1.1 หาค่าเริ่มต้น (initial value) ในแนวระดับ ($\hat{\beta}_{0,t=0}$) ค่าเริ่มต้นในแนวโน้ม ($\hat{\beta}_{1,t=0}$) และดัชนีฤดูกาลเริ่มต้น ($\hat{S}_{-11}, \hat{S}_{-10}, ..., \hat{S}_0$) และค่าคงที่ในการทำให้เรียบ (smoothing constant) ในแนวระดับ (α) , ค่าคงที่ในการทำให้เรียบในแนวโน้ม (γ) และค่าคงที่ในการทำให้เรียบในแนวฤดูกาล (δ) โดยวิธี Grid Search ซึ่งเป็นวิธีการหาค่าคงที่ในการทำให้เรียบที่ทำให้มีผลรวมความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (SSE) น้อยที่สุด โดยทำการแทนค่าคงที่ในการทำให้เรียบแต่ละตัวในสมการตัวแบบของ Pegels โดยให้เริ่มต้นที่ 0.01 และเพิ่มค่าขึ้นครั้งละ 0.01 และไปสิ้นสุดที่ 1 โดยโปรแกรมจะทำการแทนค่าคงที่ในการทำให้เรียบแต่ละตัวที่ถูกกำหนดในช่วงดังกล่าวในสมการพยากรณ์ตั้งแต่ t=1,2,...,n และคำนวณค่า SSE ออกมาทุกครั้งของการเพิ่มค่าคงที่ในการทำให้เรียบโดยทำซ้ำ (iteration) เช่นนี้เรื่อยไปจนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการแทนค่าในช่วงดังกล่าว และโปรแกรมจะแสดงค่าคงที่ในการทำให้เรียบที่ให้ค่า SSE ต่ำที่สุด 10 อันดับแรก

3.1.2 นำค่าเริ่มต้นในแนวระดับ($\hat{\beta}_{0,t=0}$)ค่าเริ่มต้นในแนวโน้ม($\hat{\beta}_{1,t=0}$)ดัชนีฤดูกาลเชิงคูณเริ่มต้น($\hat{S}_{-11}, \hat{S}_{-10}, ..., \hat{S}_0$) และค่าคงที่ในการทำให้เรียบที่หามาได้จากข้อ 3.1.1 มาสร้างสมการพยากรณ์ คำนวณค่าพยากรณ์ และค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ของข้อมูลแต่ละช่วงเวลาที่ t

3.1.3 คำนวณค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยค่า MAPE และตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบโดยการวิเคราะห์ส่วนเหลือ (Residual Analysis)

3.2 การพยากรณ์อนุกรมเวลาด้วยตัวแบบ ARIMA มีขั้นตอนดังนี้

3.2.1 นำข้อมูลอนุกรมเวลา Y_t มาเขียนกราฟเทียบกับเวลา เพื่อตรวจสอบว่ามีคุณสมบัติ Stationary หรือไม่ กล่าวคือ อนุกรมเวลาต้องมีค่าเฉลี่ยคงที่ และมีความแปรปรวนคงที่ ถ้าข้อมูลมีคุณสมบัติเป็น Nonstationary จะต้องทำการแปลงข้อมูลให้มีคุณสมบัติ Stationary ก่อน โดยการแปลงด้วย Natural Logarithms ให้กับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีความแปรปรวนไม่คงที่ และหาผลต่างอันดับที่ d แบบไม่มีฤดูกาล (Nonseasonal Difference) ให้กับข้อมูลที่มีแนวโน้ม และในกรณีที่ข้อมูลอนุกรมเวลามีฤดูกาลจะต้องหาผลต่างอันดับที่ D แบบมีฤดูกาล (Seasonal Difference) เพื่อทำให้อนุกรมเวลามีค่าเฉลี่ยคงที่

3.2.2 เมื่อข้อมูลที่พิจารณามีคุณสมบัติ Stationary แล้วให้เขียนกราฟแสดงค่าฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง (ACF) และค่าฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อย (PACF) เพื่อกำหนดอันดับของ p, P, q และ Q

3.2.3 นำอันดับของ p, P, q และ Q และ d, D ถ้ามีการหาผลต่างที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 2 มาสร้างตัวแบบที่เป็นไปได้ ซึ่งแทนด้วย ARIMA(p,d,q)(P,D,Q) โดยตัวแบบที่เป็นไปได้อาจมีมากกว่า 1 ตัวแบบ

3.2.4 นำตัวแบบที่เป็นไปได้แต่ละตัวแบบมาหาค่าประมาณของพารามิเตอร์ในตัวแบบด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด และทดสอบพารามิเตอร์แต่ละตัวว่าอยู่ในสมการตัวแบบหรือไม่

3.2.5 ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบโดยการวิเคราะห์ส่วนเหลือ (Residual Analysis)

3.2.6 เลือกตัวแบบ ARIMA ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด และมีค่า MAPE ต่ำที่สุดไปใช้ในการพยากรณ์

3.3 การพยากรณ์อนุกรมเวลาด้วยตัวแบบผสม Pegels-ARIMA มีขั้นตอนดังนี้

3.3.1 ใช้ตัวแบบที่ไม่เป็นเชิงเส้นวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลา Y_t เพื่อประมาณส่วนประกอบที่ไม่เป็นเชิงเส้น แทนด้วย $\hat{N}_t$ ในการศึกษาครั้งนี้ จะคำนวณค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้ก๊าซ LPG รายเดือนในประเทศไทยด้วยตัวแบบ Pegels กรณีใช้แนวโน้มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (exponential trend) และมีฤดูกาลแบบเชิงคูณ (multiplicative seasonal)

3.3.2 หาส่วนเหลือจากตัวแบบที่ไม่เป็นเชิงเส้น กล่าวคือ คำนวณค่า $\hat{\varepsilon}_t = Y_t - \hat{N}_t$ หรือแทนด้วย $e_t = Y_t - \hat{N}_t$ ทุกช่วงเวลาที่ t โดยที่ $\hat{N}_t$ คือ ค่าพยากรณ์ด้วยตัวแบบ Pegels

3.3.3 ใช้ตัวแบบที่เป็นเชิงเส้น ในที่นี้ คือ ตัวแบบ ARIMA พยากรณ์ค่าส่วนเหลือ (e_t) ที่ได้ในข้อ 3.3.2 ในขั้นตอนนี้จะเป็นการประมาณค่าส่วนประกอบที่เป็นเชิงเส้น โดยค่าพยากรณ์ของค่าส่วนเหลือ (e_t) แทนด้วย $\hat{L}_t$

3.3.4 คำนวณค่าพยากรณ์ของอนุกรมเวลา Y_t โดยรวมค่าประมาณของส่วนประกอบทั้ง 2 ส่วนที่ได้จากข้อ 3.3.2 และข้อ 3.3.3 กล่าวคือ หา $\hat{Y}_t = \hat{N}_t + \hat{L}_t$

3.3.5 คำนวณค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยค่า MAPE

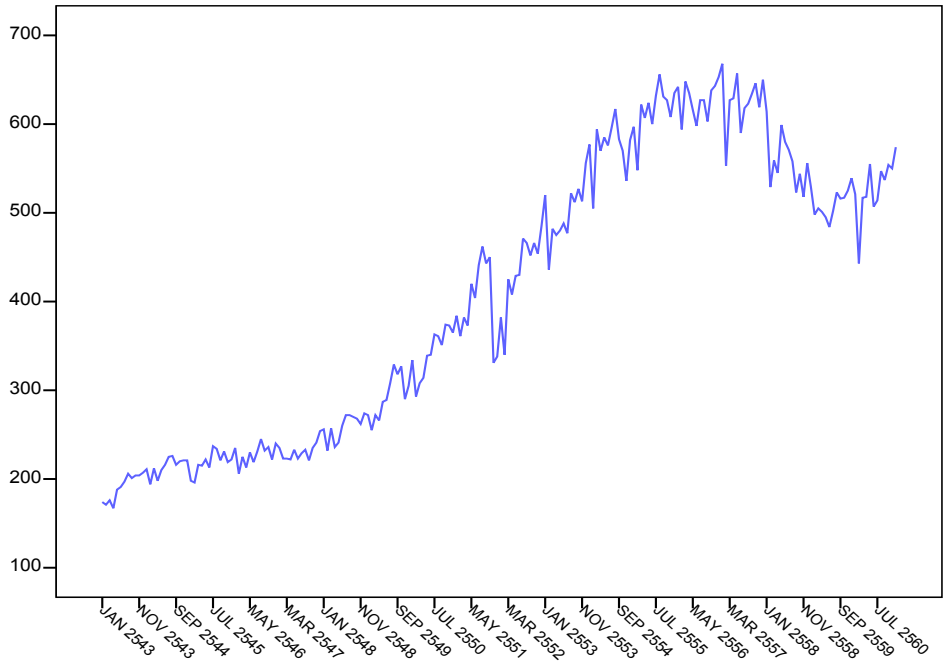
3.3.6 ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบที่ได้โดยการวิเคราะห์ส่วนเหลือ (Residual Analysis)

ผลการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณการใช้ก๊าซ LPG รายเดือนในประเทศไทย สำหรับงานวิจัยนี้ได้ทำการประมวลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS for Windows ได้ผลการวิจัยดังนี้

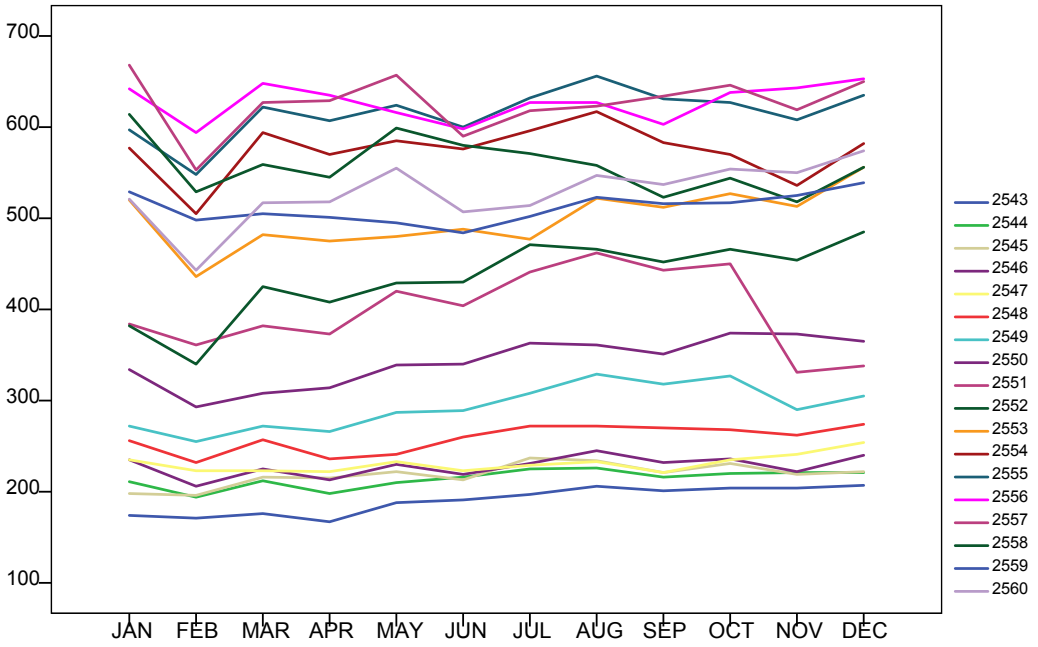
1. การพยากรณ์ด้วยตัวแบบ Pegels

การวิเคราะห์ลักษณะข้อมูลเบื้องต้นของปริมาณการใช้ก๊าซ LPG รายเดือนในประเทศไทย (Y) ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2543 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2560 ด้วยกราฟแสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ปริมาณการใช้ก๊าซ LPG รายเดือนในประเทศไทย ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2543 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2560

จากภาพที่ 1 พบว่าปริมาณการใช้ก๊าซ LPG รายเดือนในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล และ มีฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง เมื่อเขียนกราฟปริมาณการใช้ก๊าซ LPG ในประเทศไทย จำแนกตามเดือน ตั้งแต่ปี พ.ศ.2543 ถึง พ.ศ. 2560 แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ปริมาณการใช้ก๊าซ LPG ในประเทศไทย จำแนกตามเดือน ตั้งแต่ปี พ.ศ.2543 ถึง พ.ศ.2560

จากภาพที่ 2 พบว่าปริมาณการใช้ก๊าซ LPG ในประเทศไทยโดยส่วนใหญ่จะมีมากในช่วงเดือนมกราคมและธันวาคมของทุกปี และปริมาณการใช้ก๊าซ LPG ในประเทศไทยจะมีน้อยในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ของทุกปี ซึ่งขนาดของฤดูกาลแปรผันไปตามเวลา ดังนั้นจัดเป็นความแปรผันตามฤดูกาลแบบเชิงคูณ

ดังนั้นจะทำการประมวลผลข้อมูลปริมาณการใช้ก๊าซ LPG รายเดือนในประเทศไทยด้วยตัวแบบของ Pegels และใช้วิธี Grid Search เพื่อหาค่าคงที่ในการทำให้เรียบ พบว่าค่าคงที่ในการทำให้เรียบในแนวระดับ (α) = 0.88, ค่าคงที่ในการทำให้เรียบในแนวโน้ม (γ) = 0.02 และค่าคงที่ในการทำให้เรียบในฤดูกาล (δ) = 0.01 โดยมีค่า SSE ต่ำที่สุด = 66,376.70328 และมีค่าเริ่มต้นที่เป็นค่า ประมาณในแนวระดับ ($\hat{\beta}_{0,t=0}$) = 179.66626 และค่าเริ่มต้นที่เป็นค่าประมาณของอัตราการเพิ่มขึ้นของแนวโน้ม ($\hat{\beta}_{1,t=0}$) = 1.00981 และค่าดัชนีฤดูกาลเชิงคูณเริ่มต้นตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคมมีค่าดังนี้ $\hat{S}_{-11}$ = 102.21911, $\hat{S}_{-10}$ = 91.62473, $\hat{S}_{-9}$ = 99.86372 , $\hat{S}_{-8}$ = 96.90980 , $\hat{S}_{-7}$ = 101.21340 , $\hat{S}_{-6}$ = 98.42044 , $\hat{S}_{-5}$ = 102.49298 , $\hat{S}_{-4}$ = 104.32700 , $\hat{S}_{-3}$ = 100.40278, $\hat{S}_{-2}$ = 102.22168, $\hat{S}_{-1}$ = 98.38413, $\hat{S}_{0}$ = 101.92023 นำค่าคงที่ในการทำให้เรียบและค่าเริ่มต้นมาใช้ในการคำนวณค่าพยากรณ์โดยวิธีของ Pegels โดยมีสมการพยากรณ์ล่วงหน้าจากช่วงเวลาที่ t ไป ℓ หน่วย คือ

$$\hat{Y}_{t+\ell} = \hat{\beta}_{0,t}(\hat{\beta}_{1,t})^{\ell}\hat{S}_{t+\ell-12} \tag{10}$$

โดยที่

$$\hat{\beta}_{0,t} = 0.88\left(\frac{Y_t}{\hat{S}_{t-S}}\right)+(1-0.88)(\hat{\beta}_{0,t-1}.\hat{\beta}_{1,t-1}) \tag{11}$$

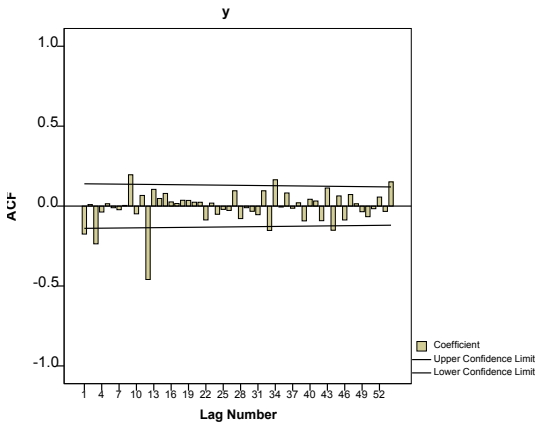
$$\hat{\beta}_{1,t} = 0.02\left(\frac{\hat{\beta}_{0,t}}{\hat{\beta}_{0,t-1}}\right)+(1-0.02)\hat{\beta}_{1,t-1} \tag{12}$$

$$\hat{S}_{t} = 0.01\left(\frac{Y_t}{\hat{\beta}_{0,t}}\right)+(1-0.01)\hat{S}_{t-12} \tag{13}$$

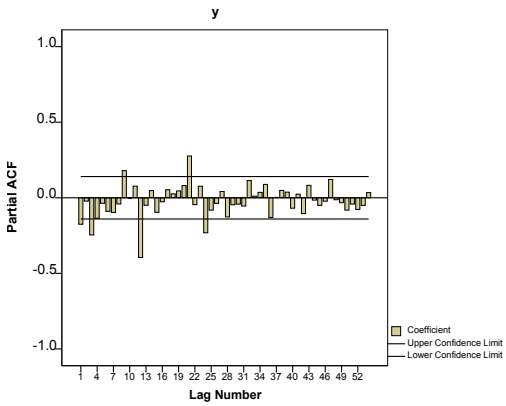
ตัวแบบ Pegels ดังกล่าวมีความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์เมื่อวัดด้วยค่า MAPE เท่ากับ 3.0589% และมีค่า R-Squared เท่ากับ 98.7932% เมื่อวิเคราะห์ส่วนเหลือ (residuals) ที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยตัวแบบ Pegels พบว่าความคลาดเคลื่อนสุ่มไม่เป็นไปตามข้อตกลงกล่าวคือ ความคลาดเคลื่อนสุ่มมีสหสัมพันธ์ในตัวเอง (Q = 87.189, p-value = 0.043)

2. การพยากรณ์ด้วยตัวแบบ ARIMA

การวิเคราะห์ด้วยตัวแบบ ARIMA นั้นอนุกรมเวลาที่นำมาวิเคราะห์จะต้องมีคุณสมบัติ Stationary กล่าวคืออนุกรมเวลาต้องมีค่าเฉลี่ยคงที่และความแปรปรวนคงที่ ดังนั้นจึงวิเคราะห์ลักษณะข้อมูลเบื้องต้นของปริมาณการใช้ก๊าซ LPG รายเดือนในประเทศไทย ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2543 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2560 ด้วยกราฟแสดงดังภาพที่ 1 พบว่า ปริมาณการใช้ก๊าซ LPG ไม่เป็น Stationary โดยมีแนวโน้มและมีฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้นจึงต้องหาผลต่างอันดับที่ 1 แบบ Nonseasonal (d=1) และหาผลต่างอันดับที่ 1 แบบ Seasonal (D=1) เพื่อทำให้อนุกรมเวลามีคุณสมบัติ Stationary และนำข้อมูลที่ได้ไปเขียนกราฟ ACF และ PACF เพื่อใช้ในการกำหนดอันดับที่ p, P, q และ Q ในตัวแบบ ARIMA แสดงดังภาพที่ 3 และภาพที่ 4 ตามลำดับ



ภาพที่ 3 ACF ของ Y ที่มี d=1 และ D=1



ภาพที่ 4 PACF ของ Y ที่มี d=1 และ D=1

จากภาพที่ 3 และภาพที่ 4 พบว่า ข้อมูลมีสหสัมพันธ์ในตัวเอง ณ Lag ที่ 1, 3, 9, 12, 33, 34, 44 และ 54 และมีสหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อย ณ Lag ที่ 1, 3, 9, 12, 21 และ 24 โดยตัวแบบ ARIMA ที่เหมาะสมที่สุดคือ ARIMA(0,1,(1,34))(2,1,0) มีสมการตัวแบบคือ

$$(1-\Phi_1 B^{12}-\Phi_2 B^{24})Y_t' = (1-\theta_1 B-\theta_{34}B^{34})\varepsilon_t \quad (14)$$

$$Y_t' = \Phi_1 Y_{t-12}' + \Phi_2 Y_{t-24}' - \theta_1\varepsilon_{t-1} - \theta_{34}\varepsilon_{t-34} + \varepsilon_t \quad (15)$$

โดยที่ $Y_t' = (1-B)(1-B^{12})Y_t$ และมีสมการพยากรณ์คือ

$$\hat{Y}_t' = \hat{\Phi}_1 Y_{t-12}' + \hat{\Phi}_2 Y_{t-24}' - \hat{\theta}_1\varepsilon_{t-1} - \hat{\theta}_{34}e_{t-34} \quad (16)$$

โดยค่าประมาณของพารามิเตอร์ในตัวแบบด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดมีค่าดังนี้

$\hat{\Phi}_1$ = -0.63246 (p-value = 0.00000), $\hat{\Phi}_2$ = -0.36991 (p-value = 0.00018)

$\hat{\theta}_1$ = 0.22477 (p-value = 0.00109), $\hat{\theta}_{34}$ = -0.17098 (p-value = 0.02646)

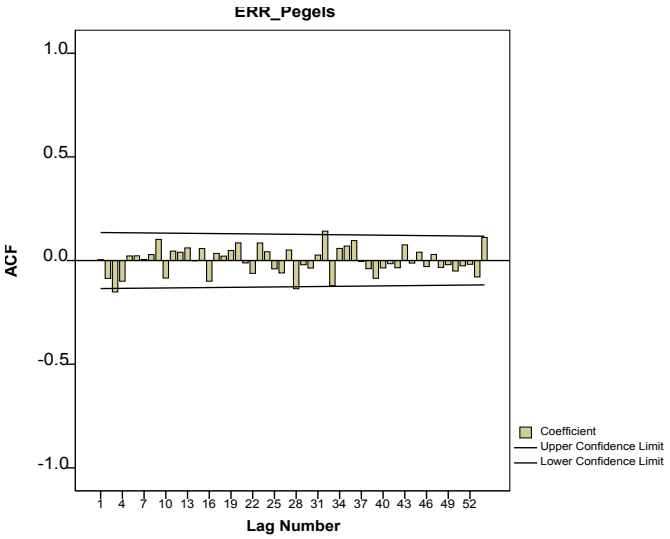
สมการตัวแบบ ARIMA(0,1,(1,34))(2,1,0) ดังกล่าวมีความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์เมื่อวัดด้วยค่า MAPE เท่ากับ 3.4922% และมีค่า R-Squared เท่ากับ 98.4106% เมื่อวิเคราะห์ส่วนเหลือ (residuals) ที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยตัวแบบ ARIMA(0,1,(1,34))(2,1,0) พบว่าความคลาดเคลื่อนสุ่มมีคุณสมบัติตามข้อตกลงคือ มีการแจกแจงปกติ (K-S = 1.064, p-value = 0.208), ไม่มีสหสัมพันธ์ในตัวเองตั้งแต่ Lag ที่ 1 ถึง Lag ที่ 54 (Q = 45.274, p-value = 0.795), มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างจากศูนย์ (t = -0.254, p-value = 0.799) และมีความแปรปรวนคงที่ (Levene = 1.605, p-value = 0.100)

3. การพยากรณ์ด้วยตัวแบบผสม Pegels-ARIMA

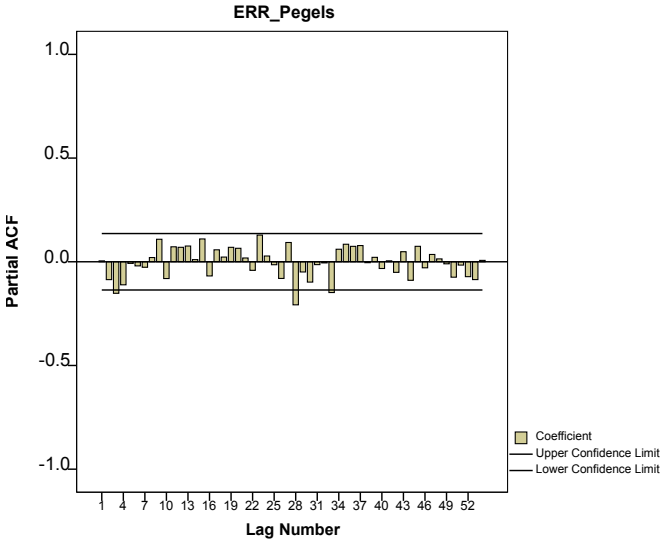
ในเบื้องต้นจะต้องประมาณค่าของอนุกรมเวลาด้วยตัวแบบที่ไม่เป็นเชิงเส้นก่อนกล่าวคือ จะคำนวณค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้ก๊าซ LPG รายเดือนในประเทศไทยโดยใช้ตัวแบบ Pegels กรณีมีแนวโน้มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (exponential trend)

และมีฤดูกาลแบบเชิงคูณ (multiplicative seasonal) ซึ่งในขั้นตอนนี้จะแทนค่าพยากรณ์ที่ได้จากตัวแบบ Pegels ด้วย $\hat{N}_t = \hat{\beta}_{0,t}(\hat{\beta}_{1,t})^{\ell}\hat{S}_{t+\ell-12}$ และคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้แทนด้วย $e_t = Y_t - \hat{N}_t$ ทุกช่วงเวลาที่ t และเมื่อเขียนกราฟของค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้เทียบกับเวลา พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากตัวแบบ Pegels มีคุณสมบัติ Stationary ดังนั้นจะนำค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากตัวแบบ Pegels ไปหาตัวแบบ ARIMA ที่เหมาะสมต่อไป โดยตัวแบบ ARIMA เป็นตัวแบบที่ใช้พยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาในส่วนที่เป็นเชิงเส้น โดยพิจารณาจากกราฟแสดงค่าฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง (ACF) และฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อย (PACF) ของค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยตัวแบบ Pegels เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดอันดับที่ q , Q และ p , P ในตัวแบบ ARIMA แสดงดังภาพที่ 5 และภาพที่ 6 ตามลำดับ

จากภาพที่ 5 และภาพที่ 6 พบว่า ความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยตัวแบบ Pegels มีสหสัมพันธ์ในตัวเอง ณ Lag ที่ 3, 32 และ 54 และมีสหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อย ณ Lag ที่ 3, 28 และ 33 โดยตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดคือ ARIMA (0,0,(3,32,54)) มีสมการตัวแบบ คือ



ภาพที่ 5 ACF ของ ERR_Pegels



ภาพที่ 6 PACF ของ ERR_Pegels

$$L_t = (1-\theta_3 B^3 - \theta_{32} B^{32} - \theta_{54} B^{54})a_t \quad (17)$$

$$L_t = a_t - \theta_3 a_{t-3} - \theta_{32} a_{t-32} - \theta_{54} a_{t-54} \quad (18)$$

โดยที่ L_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากตัวแบบ Pegels ณ เวลา ที่ t

$\theta_3, \theta_{32}, \theta_{54}$ คือ พารามิเตอร์แสดงสัมประสิทธิ์การเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบไม่มีฤดูกาล อันดับที่ 3, 32 และ 54

a_t คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม (random error) ณ เวลาที่ t ของ L_t

ตัวแบบ ARIMA(0,0,(3,32,54)) ของค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากตัวแบบ Pegels มีสมการพยากรณ์ คือ

$$\hat{L}_t = -\hat{\theta}_3 \hat{a}_{t-3} - \hat{\theta}_{32} \hat{a}_{t-32} - \hat{\theta}_{54} \hat{a}_{t-54} \quad (19)$$

ทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบ ARIMA(0,0,(3,32,54)) ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ได้ค่าดังนี้

$\hat{\theta}_3$ = 0.18440 (p-value = 0.00764), $\hat{\theta}_{32}$ = -0.27715 (p-value = 0.00057)

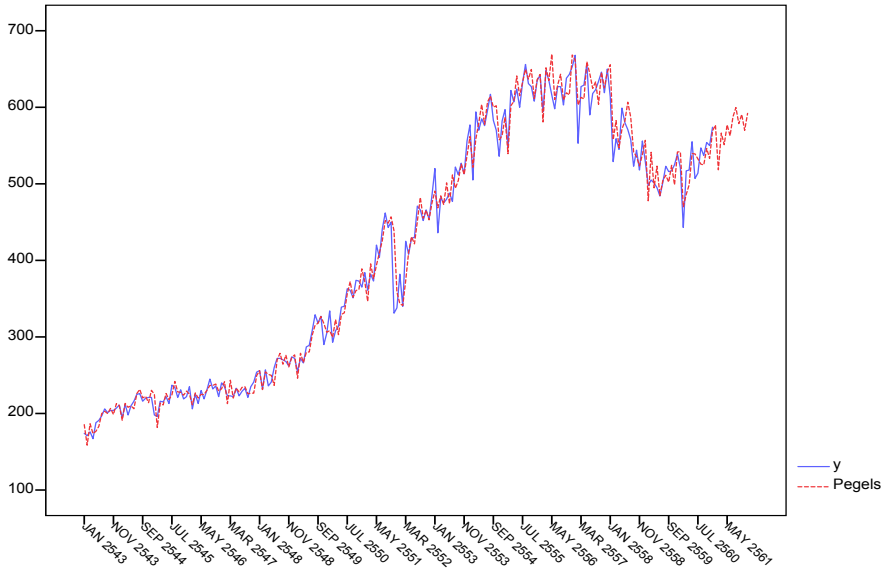
$\hat{\theta}_{54}$ = -0.28708 (p-value = 0.00113)

คำนวณค่าพยากรณ์ของอนุกรมเวลา Y_t โดยหาผลรวมของค่าประมาณของส่วนประกอบทั้ง 2 ส่วนคือ $\hat{N}_t$ และ $\hat{L}_t$ จะได้สมการพยากรณ์ของตัวแบบผสม Pegels-ARIMA คือ

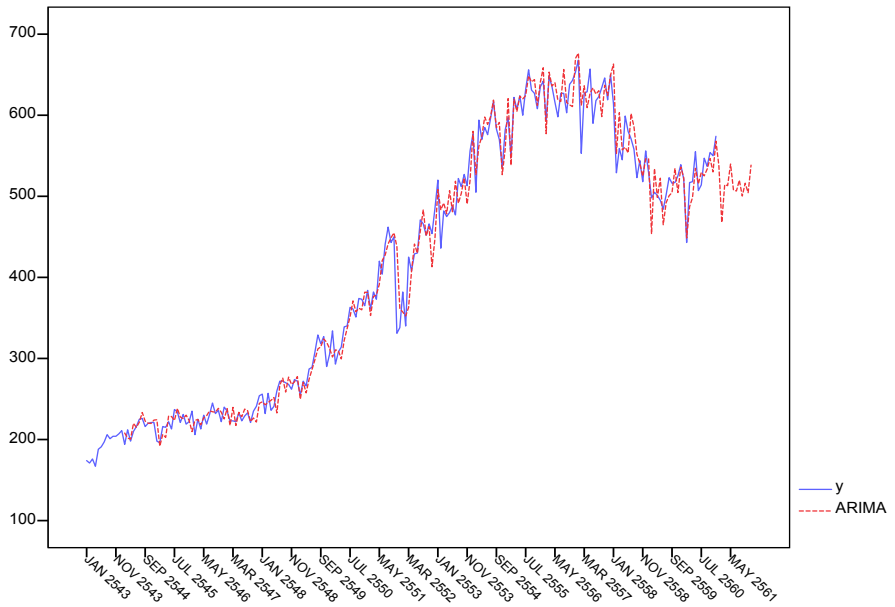
$$\hat{Y}_t = \hat{N}_t + \hat{L}_t \quad (20)$$

$$\hat{Y}_t = [\hat{\beta}_{0,t}(\hat{\beta}_{1,t})^{\ell}\hat{S}_{t+\ell-12}] + [-\hat{\theta}_3\hat{a}_{t-3} - \hat{\theta}_{32}\hat{a}_{t-32} - \hat{\theta}_{54}\hat{a}_{t-54}] \quad (21)$$

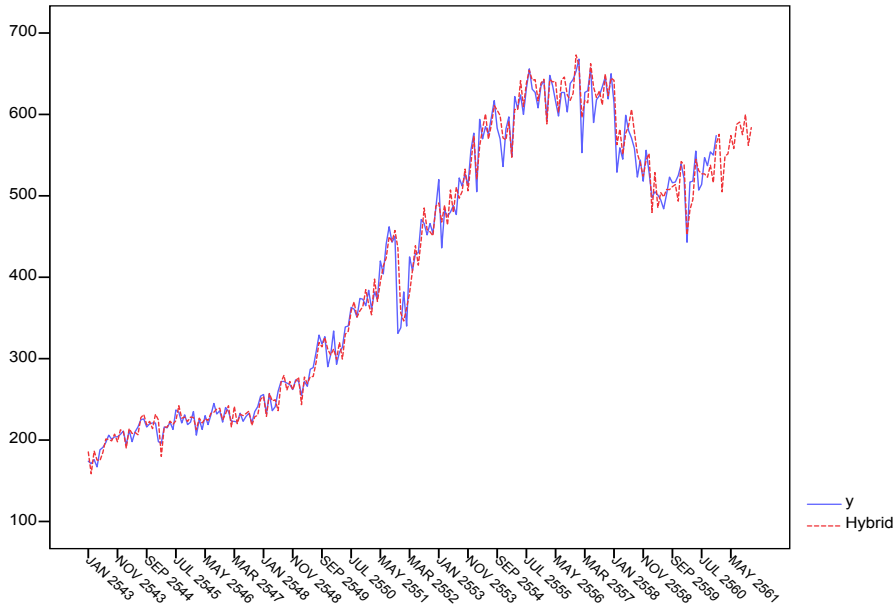
ตัวแบบผสม Pegels-ARIMA ดังกล่าวมีค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์เมื่อวัดด้วยค่า MAPE เท่ากับ 3.0153% และมีค่า R-Squared เท่ากับ 98.9403% เมื่อวิเคราะห์ส่วนเหลือที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยตัวแบบผสม Pegels-ARIMA พบว่าความคลาดเคลื่อนสุ่มมีคุณสมบัติตามข้อตกลงคือ มีการแจกแจงปกติ (K-S = 1.272, p-value = 0.079), ไม่มีสหสัมพันธ์ในตัวเอง (Q = 41.139, p-value = 0.901), มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างจากศูนย์ (t = -1.019, p-value = 0.309) และมีความแปรปรวนคงที่ (Levene=1.252, p-value = 0.255) เมื่อได้ตัวแบบที่เหมาะสมในแต่ละวิธีพยากรณ์ทั้ง 3 ตัวแบบแล้วจึงทำการพยากรณ์ปริมาณการใช้ก๊าซ LPG รายเดือนล่วงหน้าตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2561 ถึง ธันวาคม พ.ศ.2561 จำนวน 12 เดือน แล้วคำนวณค่า MAPE แสดงดังตารางที่ 1 และกราฟเปรียบเทียบค่าที่แท้จริงกับค่าพยากรณ์แสดงดังภาพที่ 7 ถึง ภาพที่ 9 ตามลำดับ



ภาพที่ 7 ค่าที่แท้จริงและค่าพยากรณ์ของปริมาณการใช้ก๊าซ LPG ในประเทศไทยด้วยตัวแบบ Pegels



ภาพที่ 8 ค่าที่แท้จริงและค่าพยากรณ์ของปริมาณการใช้ก๊าซ LPG ในประเทศไทยด้วยตัวแบบ ARIMA



ภาพที่ 9 ค่าที่แท้จริงและค่าพยากรณ์ของปริมาณการใช้ก๊าซ LPG ในประเทศไทยด้วยตัวแบบผสม Pegels-ARIMA

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบค่า MAPE และค่า R-Squared ของตัวแบบการพยากรณ์ทั้ง 3 ตัวแบบ

เกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ	ตัวแบบ Pegels	ตัวแบบ ARIMA	ตัวแบบผสม Pegels-ARIMA
1. MAPE (%) (คิดจากข้อมูลในอดีต 216 เดือน)	3.0589	3.4922	3.0153
2. MAPE (%) (คิดจากข้อมูลล่วงหน้า 12 เดือน)	3.8245	6.8211	3.4422
3. R-Squared (%)	98.7932	98.4106	98.9402

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่าพยากรณ์ล่วงหน้า ($\hat{Y}_t$) ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2562 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2564 ของข้อมูลปริมาณการใช้ก๊าซ LPG รายเดือนในประเทศไทย จำนวน 36 เดือน โดยใช้ตัวแบบผสม Pegels-ARIMA

เดือน	ค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้ก๊าซ LPG (พันตัน)		
	พ.ศ.2562	พ.ศ.2563	พ.ศ.2564
มกราคม	592.17610	607.45350	633.10946
กุมภาพันธ์	529.41019	540.23457	574.95175
มีนาคม	589.56391	591.97007	624.78434
เมษายน	572.21430	594.17704	607.53338
พฤษภาคม	596.02933	617.42941	644.32668
มิถุนายน	583.41262	607.83236	618.50845
กรกฎาคม	607.36805	629.13928	641.84305
สิงหาคม	608.59101	647.42937	657.43287
กันยายน	586.19253	610.11603	646.72175
ตุลาคม	605.64450	634.17325	656.64051
พฤศจิกายน	604.31539	604.96523	630.21570
ธันวาคม	615.73267	627.01785	644.87979
รวม	**7,090.65060**	**7,311.93796**	**7,580.94773**

การอภิปรายผล

จากภาพที่ 9 จะเห็นว่าค่าที่แท้จริงตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2543ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2561 ของข้อมูลปริมาณการใช้ก๊าซ LPG รายเดือนในประเทศไทย (เส้นสีน้ำเงิน) กับค่าพยากรณ์ที่ได้โดยใช้ตัวแบบผสม Pegels-ARIMA (เส้นประสีแดง) มีค่าใกล้เคียงกันมาก โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ในอดีตจำนวน 216 เดือนและการพยากรณ์ล่วงหน้าจำนวน 12 เดือน เมื่อวัดด้วย MAPE ต่ำที่สุดเท่ากับ 3.0153% และ 3.4422% ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 1 การที่ตัวแบบผสมเป็นตัวแบบการพยากรณ์อนุกรมเวลาที่ให้ความคลาดเคลื่อนต่ำ เนื่องจากตัวแบบผสมมีการพยากรณ์อนุกรมเวลาแยกเป็นสองส่วนคือ

การพยากรณ์อนุกรมเวลาที่ต้องการศึกษาก่อนด้วยตัวแบบที่ไม่เป็นเชิงเส้นและนำอนุกรมเวลาของความคลาดเคลื่อนที่ได้ไปหาตัวแบบการพยากรณ์ที่เป็นเชิงเส้น และรวมค่าพยากรณ์ที่ได้จากทั้งสองส่วนเข้าด้วยกัน ซึ่งตัวแบบผสมจะให้ค่าความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าการใช้ตัวแบบการพยากรณ์เพียงตัวแบบเดียว

สรุปผลการวิจัย

ในการเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์อนุกรมเวลา 3 ตัวแบบคือ ตัวแบบ Pegels, ตัวแบบ ARIMA และตัวแบบผสม Pegels-ARIMA ในการศึกษาใช้ข้อมูลปริมาณการใช้ก๊าซ LPG รายเดือนในประเทศไทย โดยพิจารณาจากความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ข้อมูลล่วงหน้าจำนวน 12 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2561 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2561 สรุปได้ว่าตัวแบบผสม Pegels-ARIMA เป็นตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการใช้ก๊าซ LPG รายเดือนในประเทศไทย เนื่องจากให้ค่า MAPE ต่ำที่สุดเท่ากับ 3.4422% และมีค่า R-Squared มากที่สุดเท่ากับ 98.9402% โดยผลการวิจัยในครั้งนี้ทำให้ทราบค่าพยากรณ์ล่วงหน้าตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2562 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2564 ของข้อมูลปริมาณการใช้ก๊าซ LPG รายเดือนในประเทศไทยโดยใช้ตัวแบบผสม Pegels-ARIMA พบว่าปริมาณการใช้ก๊าซ LPG จะมีมากที่สุดในช่วงเดือนสิงหาคมของทุกปี ยกเว้นในปี พ.ศ.2562 ปริมาณการใช้ก๊าซ LPG จะมีมากที่สุดในเดือนธันวาคม โดยปริมาณการใช้ก๊าซ LPG จะมีน้อยที่สุดในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ของทุกปี เมื่อพิจารณาภาพรวมของค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้ก๊าซ LPG ในแต่ละปีพบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นนับตั้งแต่ปี พ.ศ.2562 พ.ศ.2563 และ พ.ศ.2564 โดยมีจำนวนประมาณ 7,090.65060 พันตัน 7,311.93796 พันตัน และ 7,580.94773 พันตัน ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 2 ดังนั้นสามารถนำตัวแบบผสม Pegels-ARIMA ไปใช้ในการคำนวณค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้ก๊าซ LPG รายเดือนในประเทศไทยในปีต่อๆ ไปได้ จากผลการพยากรณ์ที่ได้นี้สามารถใช้เป็นแนวทางให้กระทรวงพลังงานและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องเตรียมการวางแผนการผลิต, จัดหา หรือนำเข้าก๊าซ LPG ให้เพียงพอต่อปริมาณความต้องการใช้ของประชากรในประเทศให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่งปริมาณความต้องการใช้ก๊าซ LPG จะสูงกว่า 7,500 พันตัน อีกภายใน 3 ปีข้างหน้า

เอกสารอ้างอิง

1. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. ข้อมูลสถิติปริมาณการใช้ก๊าซ LPG ในประเทศไทย. [อินเทอร์เน็ต]. 2561 [เข้าถึงเมื่อ 20 ธ.ค. 2561]. เข้าถึงได้จาก: http://www.eppo.go.th/index.php/th/energy-information/static-energy/static-petroleum?orders[publishUp]=publishUp&issearch=1#
2. Zhang GP. Time series forecasting using a hybrid ARIMA and neural network model. Neurocomputing 2003;50(17):159-75.
3. Amir A, Amir YBA, Loh WP, Mohsen M. A hybrid model of ARIMA and multiple polynomial regression for uncertainties modeling of a serial production line. WASET 2012;6(2):382-87.
4. พิราวรรณ หนูเสน, ประสิทธิ์ พยัคฆพงษ์ และธิดาพร ศุภภากร. การเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์ปริมาณการผลิตน้ำมันดิบในประเทศไทย. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2558;23(3):377-84.
5. Pegels, CC. Exponential forecasting: Some new variations. Management Science 1969,12: 311-5.
6. Box GEP, Jenkins GM. Time series analysis, forecasting and control. San Francisco: Holden Day; 1976.

[BS-P20] การปนเปื้อนโลหะหนักในผักบุ้งจากบ่อพักน้ำเสีย: กรณีศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

Contamination of Heavy Metals in Water Morning Glory (*Ipomoea aquatic* Forssk.) from Waste Water Pond: Case Study In Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage

มณทิพย์ จันทร์แก้ว* และนิสา พักตร์วิไล
Montip Jankaew* and Nisa Pakvilai
หลักสูตรวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปทุมธานี
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: montip@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจการปนเปื้อนของโลหะหนักในผักบุ้ง โดยการเก็บตัวอย่างผักบุ้งบริเวณบ่อพักน้ำเสียภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ทำการวิเคราะห์โลหะหนักได้แก่แคดเมียม โครเมียม ทองแดง และตะกั่ว โดยใช้เครื่อง ICP-OES ผลการศึกษาพบว่า การวิเคราะห์หาการสะสมโลหะหนักในส่วนต่าง ๆ ของผักบุ้ง ส่วนรากจะมีการสะสมสูงสุด รองลงมาจะเป็นส่วนของลำต้นและใบ ซึ่งโลหะหนักที่สะสมอยู่สูงสุด คือ โครเมียม รองลงมาคือตะกั่ว ทองแดง และ แคดเมียมตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และความแม่นยำ (%RSD) อยู่ในช่วง 0.00 – 16.67 ในส่วนของผักบุ้งที่นิยมนำมารับประทานจะเป็นส่วนยอดจะประกอบด้วยลำต้นและใบ ซึ่งมีปริมาณโลหะหนักสะสมอยู่น้อยกว่าค่ามาตรฐานที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนด แสดงให้เห็นว่าประชาชนที่อาศัยอยู่ภายในมหาวิทยาลัยมีความปลอดภัยที่จะนำผักบุ้งที่เจริญเติบโตอยู่ในแหล่งน้ำมาบริโภค

คำสำคัญ : *โลหะหนัก, บ่อพักน้ำเสีย, ผักบุ้ง*

Abstract

The aim of this research was to determine the accumulation of heavy metal in water morning glory (Ipomoea aquatic Forssk). Water morning glory samples collected from waste water effluent pond in The Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage. Heavy metal analyze included cadmium, chromium, copper, and lead by using ICP-OES. The result revealed that the root part found the highest accumulation, followed by the trunk and leaves, respectively. Highest of heavy metal accumulation of all: chromium (Cr), followed by lead (Pb), copper (Cu) and cadmium (Cd), respectively. Statistical analysis has no significant difference ($p<0.05$) statistical at 95% confidence level and accuracy (% RSD) in the range 0.00 - 16.67. As for the water morning glory that is commonly eaten, it is the top part consisting of stems and leaves which has accumulated heavy metal content less than the standard value set by the Ministry of Public Health shows that people living within the university are safe to consume water morning glory.

Keywords: *heavy metals, sewage pond,* Ipomoea aquatic Forssk

บทนำ

น้ำเป็นทรัพยากรที่สำคัญต่อดำรงชีวิต ทั้งการอุปโภคบริโภค การท่องเที่ยว การคมนาคมที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ พืชน้ำ และอื่น ๆ เป็นอย่างมาก เมื่อมีกิจกรรมการใช้น้ำเกิดขึ้น น้ำก็จะมีการปนเปื้อนสารเคมี สารอินทรีย์และเศษขยะ ทั้งนี้โลหะหนักอาจอยู่ในรูปของสารอินทรีย์หรืออนินทรีย์และสามารถสะสมอยู่ในวงจรอาหาร เกิดเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เช่น แมกนีเซี่ยม, โครเมียม และสังกะสี เป็นต้น ปกติจะอยู่ในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม และสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดศัตรูพืชที่ปนมากับน้ำทิ้งจากการเกษตร สำหรับในเขตชุมชนอาจมีสารมลพิษนี้มาจากอุตสาหกรรมในครัวเรือนบางประเภท เช่น ร้านซุบโลหะ, อู่ซ่อมรถ และน้ำเสียจากโรงพยาบาล เป็นต้น ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ มีจำนวนประชากร 10,365 คน (สำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน ข้อมูล ณ วันที่ 30 เมษายน 2560) มีอัตราการใช้น้ำภายในอาคารสำนักงานอยู่ในระหว่าง 95 -100 ลิตรต่อคนต่อวัน และมีกิจกรรมการใช้น้ำหลายกิจกรรม รวมทั้งยังมีแหล่งอุตสาหกรรมบริเวณใกล้เคียงเป็นจำนวนมาก ที่ก่อให้เกิดการสะสมของโลหะหนัก เช่น การล้างภาชนะที่ทำจากโลหะ น้ำทิ้งจากห้องปฏิบัติการทางเคมี รวมถึงโลหะหนักที่ปะปนกับสิ่งปฏิกูล ขยะมูลฝอยต่าง ๆ ที่มีองค์ประกอบของโลหะหนักอยู่ เช่น สีทาบ้าน ถ่านไฟฉาย และเศษภาชนะที่เคลือบด้วยโลหะ เป็นต้น มักจะถูกปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ไปสะสมพืชน้ำ

โลหะหนักเป็นธาตุที่มีเลขอะตอมอยู่ระหว่าง 23-92 ในจำนวนธาตุทั้งหมด 105 ธาตุในตารางธาตุ จัดเป็นโลหะหนัก 68 ธาตุจากจำนวนธาตุที่เป็นโลหะทั้งหมด 83 ธาตุ[1] มีลักษณะเป็นของแข็ง ยกเว้นปรอทที่เป็นของเหลวที่อุณหภูมิปกติ คุณสมบัติทางกายภาพของโลหะหนัก คือ การนำไฟฟ้า และความร้อนได้ดี มีความมันวาว เหนียว สามารถนำมาตีแผ่เป็นแผ่นบาง ๆ ได้ และสะท้อนแสงได้ดี ส่วนคุณสมบัติทางด้านเคมีที่สำคัญของโลหะหนัก คือ มีค่าออกซิเดชันได้หลายค่า ดังนั้นโลหะหนักจึงสามารถที่จะรวมตัวกับสารอื่น ๆ เป็นสารประกอบเชิงซ้อน (Complex Compound) ได้หลายรูปที่เสถียรกว่าโลหะอิสระโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อรวมตัวกับสารประกอบอินทรีย์ ซึ่งสามารถที่จะถ่ายทอดสู่สิ่งมีชีวิตได้โดยผ่านไปตามห่วงโซ่อาหาร (Food Chain)[2] ซึ่งจากคุณสมบัติทางเคมีที่แตกต่างกันนี้จึง ทำให้ความเป็นพิษของโลหะหนักในแต่ละตัวมีความแตกต่างกันออกไป โลหะหนักบางชนิดถ้ามีในปริมาณที่น้อยอาจจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อพืชและสัตว์ เช่น แมกนีเซียมและ สังกะสี เป็นต้น ธาตุอาหารที่จำเป็นของพืช แต่พืชต้องการไปใช้ในการเจริญเติบโตในปริมาณที่น้อย แต่หากมีปริมาณที่มากเกินไปจะส่งผลอันตรายต่อพืช เพราะฉะนั้นการจะวัดระดับความเป็นพิษของโลหะหนักแต่ละชนิดได้นั้นจะต้องวัดจากความสัมพันธ์ระหว่างการได้รับโลหะหนักเข้าไปกับอัตราการตอบสนองของพืช และขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการรับสารโลหะหนัก[3]



รูปที่ 1 ผักบุ้ง

ชื่ออังกฤษ : Water morning glory, Swamp morning glory

ชื่อวิทยาศาสตร์ : ***Ipomoea aquatic*** **Forssk.**

ชื่อพ้อง : ***Ipomoea reptans*** **(L.) Poir.**

ชื่อท้องถิ่น : กำจร ผักทอดยอด โหนเดาะ

วงศ์ : CONVOL VULACEAE

ลักษณะ : ลำต้นสีเขียวอ่อน สีเขียวแก่ และ น้ำตาลแดง ลำต้นจะอวบกระด้างกว่าผักบุ้งจีนดอกมีสีขาวปนม่วงหรือสีม่วงเข้ม ใบมีหลายขนาดทั้งใบแคบ ใบกว้าง ใบอ้วนป้อม[4] [5]
คนไทยเรียกว่าผักบุ้งนาหรือผักบุ้งน้ำ เนื่องจากชอบขึ้นในน้ำ[6]

ดังนั้นจากการศึกษาข้างต้นทำให้ผู้วิจัยสนใจศึกษาการสะสมของโลหะหนักในผักบุ้งภายในบ่อพักน้ำเสีย พืชมีความแตกต่างระหว่างปริมาณการปนเปื้อนโลหะหนักในส่วนของราก ลำต้น และใบอย่างชัดเจน ทั้งนี้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้อาจจะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาเรื่องปริมาณการสะสมโลหะหนักกับพืชชนิดอื่นและเป็นแนวทางในการใช้บำบัดน้ำที่ปนเปื้อนโลหะหนักในมหาวิทยาลัยต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษาคือบ่อพักน้ำเสียภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จากการสำรวจบริเวณแหล่งน้ำที่มีโอกาสพบสารโลหะหนักกระจายตัวอยู่ในแหล่งน้ำภายในมหาวิทยาลัย คือ แหล่งน้ำบริเวณหลังตึกคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม แสดงดังภาพที่ 2

2. พืชที่ทำการวิเคราะห์คือ ผักบุ้ง ที่เก็บตัวอย่างจากบริเวณบ่อพักน้ำเสียภายในมหาวิทยาลัย ซึ่งเก็บห่างจากขอบบ่อประมาณ 1 เมตร เป็นการสุ่มเก็บตัวอย่างกระจายทั่วบ่อ โดยเก็บต้นน้ำ กลาง ปลายน้ำ จากจุดปลายท่อน้ำทิ้ง จึงนำมาล้างทำความสะอาด ทั้งราก ลำต้น ยอดผักบุ้ง แล้วชั่งน้ำหนักสดตัวอย่างละ 1 กิโลกรัม นำไปหั่นด้วยมีดพลาสติกแล้วตากแห้ง จึงนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการศูนย์วิทยาศาสตร์ เพื่อตรวจหาปริมาณโลหะหนัก

3. โลหะหนักที่ทำการวิเคราะห์ 4 ชนิด ได้แก่ แคดเมียม (Cd) โครเมียม (Cr)) ทองแดง (Cu) และตะกั่ว (Pb)

4. วิเคราะห์โลหะหนักโดยใช้เครื่อง ICP-OES (inductively coupled plasma -optical emission spectrometry[7] รุ่น JY 2000-2 ณ ห้องปฏิบัติการ อาคารศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

5. วิเคราะห์ปริมาณการดูดซับธาตุโลหะหนักในส่วนต่าง ๆ ของผักบุ้ง ได้แก่ ส่วนใบของผักบุ้ง ส่วนต้นของผักบุ้ง และส่วนรากของผักบุ้ง



รูปที่ 2 แผนที่ภายในบ่อพักน้ำเสียภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

สัญลักษณ์แสดงการเก็บตัวอย่าง

- แหล่งน้ำที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาบริบท เพื่อดูว่าแหล่งน้ำบริเวณดังกล่าวมีการปนเปื้อนของโลหะหนัก
- แหล่งน้ำที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาจริง เพื่อดูว่าแหล่งน้ำบริเวณดังกล่าวมีการปนเปื้อนของโลหะหนักที่ผักบุ้งดูดซับไว้

หมายเหตุ จะเก็บต้นน้ำ (ต) กลางน้ำ (ก) ปลายน้ำ (ป) ของบ่อเริ่มจากปลายท่อ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการสำรวจการปนเปื้อนของโลหะหนักจากการเก็บตัวอย่างผักบุ้งภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ทั้ง 3 บริเวณ พบว่า ผักบุ้งมีโอกาสที่บุคลากรจะนำไปประกอบอาหารมากที่สุด และยังเป็นพืชน้ำที่มีสามารถดูดซับโลหะหนักได้ จึงเลือกศึกษาการดูดซับโลหะหนักของผักบุ้ง โดยศึกษาปริมาณโลหะหนักที่ผักบุ้งดูดซับไว้ในส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ราก ลำต้น และใบของผักบุ้ง เพื่อทราบว่าผักบุ้งสะสมโลหะหนักไว้ส่วนใดมากที่สุด ซึ่งอาจจะเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้เพราะแหล่งน้ำบริเวณข้างตึกคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมอยู่ติดกับชุมชนวัดธรรมนาวา และหอพักนักศึกของมหาวิทยาลัย อาจจะมีชาวบ้านในชุมชน แม่บ้าน เจ้าหน้าที่ และนักศึกษาเก็บผักบุ้งไปประกอบอาหารรับประทานได้ ผู้วิจัยสนใจศึกษาการดูดซับโลหะหนักของผักบุ้งเพื่อเป็นข้อมูลในหารบริหารจัดการพืชน้ำในแหล่งน้ำมหาวิทยาลัยต่อไป

จากการเก็บตัวอย่างผักบุ้งในแหล่งบริเวณหลังตึกคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ซึ่งจะทำการเก็บตัวอย่าง 3 จุด ๆ ละ 2 รอบ โดยรอบแรกช่วงต้นเดือนตุลาคมซึ่งเป็นช่วงปลายฤดูฝน และรอบที่สอง ช่วงต้นเดือนธันวาคมซึ่งเข้าสู่ฤดูหนาวดังรูปที่ 3 ได้ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก ดังตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 2 และ รูปที่ 4 ถึงรูปที่ 5 เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงปกติในพืช[8] ของโลหะหนักในพืชน้ำทั้ง 4 พารามิเตอร์ ได้แก่ Cu, Pb, Cr และ Cd พบว่ามีค่าไม่เกินช่วงปกติในพืช และปริมาณ Cr และ Al ยังไม่มีการกำหนดเกณฑ์มาตรฐาน

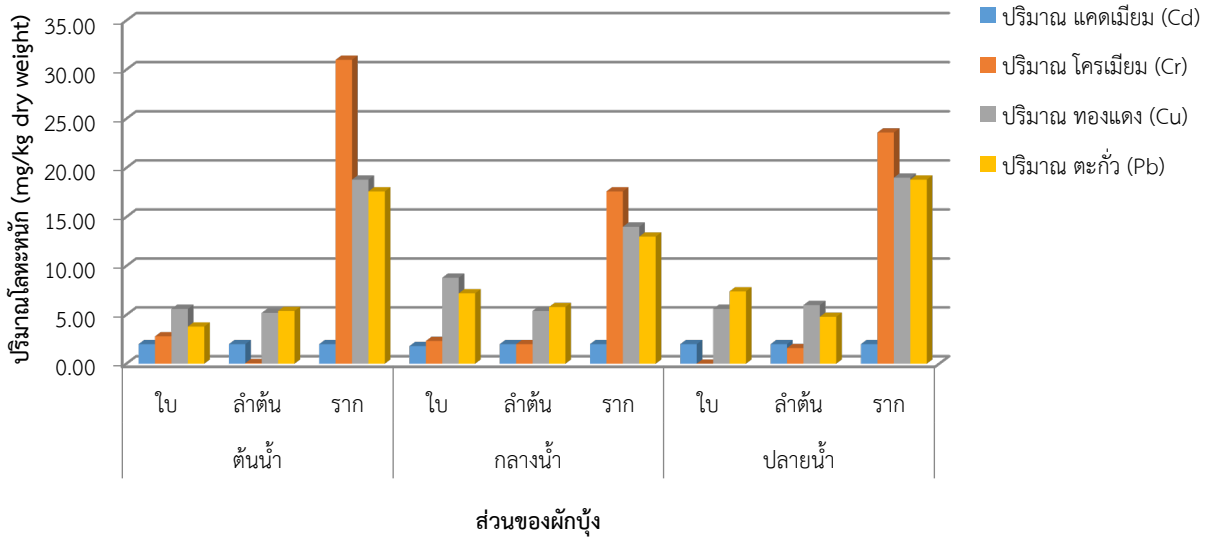


รูปที่ 3 การเก็บตัวอย่างผักบุ้งในแหล่งน้ำเสีย

ตารางที่ 1 ปริมาณโลหะหนักใน ใบ ลำต้น และรากของผักบุ้งในช่วงฤดูฝน

จุด	ส่วนของผักบุ้ง	ปริมาณโลหะหนักที่พบ (mg/kg dry weight)							
		แคดเมียม (Cd)		โครเมียม (Cr)		ทองแดง (Cu)		ตะกั่ว (Pb)	
		□	%RSD	□	%RSD	□	%RSD	□	%RSD
ต้นน้ำ	ใบ	2.00±0.00	0.00	2.80±0.00	0.00	5.60±0.00	0.00	3.80±0.01	0.26
	ลำต้น	2.00±0.00	0.00	0.06±0.01	16.67	5.20±0.00	0.00	5.40±0.01	0.19
	ราก	2.00±0.00	0.00	31.00±0.00	0.00	18.80±0.01	0.05	17.60±0.01	0.06
กลางน้ำ	ใบ	1.80±0.00	0.00	2.33±0.00	0.00	8.80±0.00	0.00	7.20±0.01	0.14
	ลำต้น	2.00±0.00	0.00	2.00±0.01	0.50	5.40±0.01	0.19	5.80±0.00	0.00
	ราก	2.00±0.00	0.00	17.60±0.00	0.00	14.00±0.01	0.07	13.00±0.01	0.08
ปลายน้ำ	ใบ	2.00±0.00	0.00	ND	0.00	5.60±0.00	0.00	7.40±0.01	0.14
	ลำต้น	2.00±0.00	0.00	1.60±0.01	0.63	6.00±0.01	0.17	4.80±0.00	0.00
	ราก	2.00±0.00	0.00	23.60±0.00	0.00	19.00±0.00	0.00	18.80±0.00	0.00

หมายเหตุ : คุณภาพน้ำเสียที่วิเคราะห์ในแต่ละครั้งแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$)



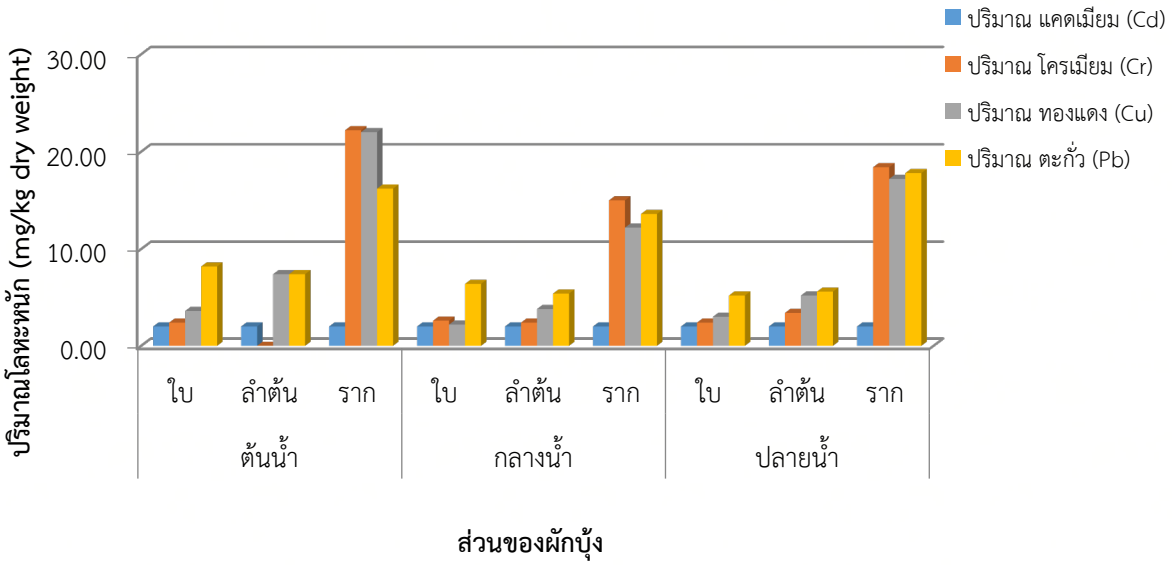
รูปที่ 4 ปริมาณโลหะหนักในผักบุ้งในช่วงฤดูฝน

การเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักในส่วนของใบ ลำต้น และรากของผักบุ้งในช่วงฤดูฝน พบว่า ปริมาณโลหะแคดเมียม (Cd) สะสมในส่วนต่าง ๆ ของผักบุ้งไม่แตกต่างกันน้อยมาก มีค่าเท่ากับ 1.80±0.00 - 2.00±0.00 mg/kg dry weight ปริมาณโลหะโครเมียม (Cr) พบว่าสะสมอยู่ในส่วนรากของผักบุ้งปริมาณมากที่สุดเท่ากับ 17.60±0.00 - 31.00±0.00 mg/kg dry weight ลำต้นสะสมต่ำสุดเท่ากับ 0.06±0.01 - 1.60±0.01 mg/kg dry weight ปริมาณโลหะทองแดง (Cu) พบว่าสะสมอยู่ในส่วนรากมากที่สุดเท่ากับ 19.00±0.00 - 14.00±0.01 mg/kg dry weight ลำต้นสะสมต่ำสุดเท่ากับ 5.20±0.00 - 6.00±0.01 mg/kg dry weight สำหรับปริมาณโลหะตะกั่ว (Pb) พบว่า มีสะสมอยู่ในส่วนรากของผักบุ้งปริมาณมากที่สุดเท่ากับ 13.00±0.01 - 18.80±0.00 mg/kg dry weight ใบและลำต้นสะสมต่ำสุดเท่ากับ 3.80±0.01 - 7.40±0.01 mg/kg dry weight

ตารางที่ 2 ปริมาณโลหะหนักใน ใบ ลำต้น และรากของผักบุ้งในช่วงฤดูแล้ง

จุดเก็บตัวอย่าง	ส่วนของผักบุ้ง	ปริมาณโลหะหนักที่พบ (mg/kg dry weight)							
		แคดเมียม (Cd)		โครเมียม (Cr)		ทองแดง (Cu)		ตะกั่ว (Pb)	
		$\bar{x}$	%RSD	$\bar{x}$	%RSD	$\bar{x}$	%RSD	$\bar{x}$	%RSD
ต้นน้ำ	ใบ	2.00±0.00	0.00	2.40±0.00	0.00	3.60±0.01	0.28	8.20±0.00	0.00
	ลำต้น	2.00±0.00	0.00	ND	0.00	7.40±0.01	0.14	7.40±0.00	0.00
	ราก	2.00±0.00	0.00	22.20±0.00	0.00	22.00±0.01	0.05	16.20±0.00	0.00
กลางน้ำ	ใบ	2.00±0.00	0.00	2.60±0.00	0.00	2.20±0.00	0.00	6.40±0.00	0.00
	ลำต้น	2.00±0.00	0.00	2.40±0.00	0.00	3.80±0.01	0.26	5.40±0.00	0.00
	ราก	2.00±0.00	0.00	15.00±0.00	0.00	12.20±0.00	0.00	13.60±0.00	0.00
ปลายน้ำ	ใบ	2.00±0.00	0.00	2.40±0.00	0.00	3.00±0.01	0.33	5.20±0.00	0.00
	ลำต้น	2.00±0.00	0.00	3.40±0.00	0.00	5.20±0.01	0.19	5.60±0.01	0.18
	ราก	2.00±0.00	0.00	18.40±0.00	0.00	17.20±0.01	0.06	17.80±0.01	0.06

หมายเหตุ : คุณภาพน้ำเสียที่วิเคราะห์ในแต่ละครั้งแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$)



รูปที่ 5 ปริมาณโลหะหนักในผักบุ้งในช่วงฤดูแล้ง

การเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักในส่วนของใบ ลำต้น และรากของผักบุ้งในช่วงฤดูแล้ง พบว่า ปริมาณโลหะแคดเมียม (Cd) สะสมในส่วนต่าง ๆ ของผักบุ้งไม่มีความแตกต่างกัน มีค่าเท่ากับ 2.00±0.00 mg/kg dry weight ปริมาณโลหะโครเมียม (Cr) พบว่าสะสมอยู่ในส่วนรากของผักบุ้งปริมาณมากที่สุดเท่ากับ 15.00±0.00 - 22.20±0.00 mg/kg dry weight ใบสะสมต่ำสุดเท่ากับ 2.40±0.00 - 2.60±0.00 mg/kg dry weight ปริมาณโลหะทองแดง (Cu) พบว่าสะสมอยู่ในส่วนรากมากที่สุดเท่ากับ 12.20±0.00 - 22.00±0.01 mg/kg dry weight ใบสะสมต่ำสุดเท่ากับ 2.20±0.00 - 3.60±0.01mg/kg dry weight สำหรับปริมาณโลหะตะกั่ว (Pb) พบว่า มีสะสมอยู่ในส่วนรากของผักบุ้งปริมาณมากที่สุดเท่ากับ 13.60±0.00 - 17.80±0.01 mg/kg dry weight ลำต้นสะสมต่ำสุดเท่ากับ 5.40±0.00 - 7.40±0.00 mg/kg dry weight

สรุป

จากสำรวจการปนเปื้อนโลหะหนักภายในบ่อพักน้ำทิ้งภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูถัมภ์ ทั้ง 2 ฤดู ในส่วนต่าง ๆ ของผักบุ้ง ได้แก่ ใบ ลำต้น และราก ในแต่ละจุดของบ่อพักน้ำทิ้งบริเวณข้างตึกคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม โดยเก็บตัวอย่าง 3 จุด คือ ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ และทำการเปรียบเทียบปริมาณโลหะแคดเมียม (Cd) ในส่วนต่าง ๆ ของผักบุ้ง พบว่า ทั้ง 3 จุด มีปริมาณแคดเมียม (Cd) สะสมอยู่ในส่วนต่างๆ ของผักบุ้งไม่ต่างกัน ซึ่งจะพบในส่วนใบบริเวณจุดกลางน้ำช่วงฤดูฝน ส่วนการเปรียบเทียบปริมาณโลหะโครเมียม (Cr) พบว่า ทั้ง 3 จุดเก็บตัวอย่างมีโครเมียมสะสมอยู่ในส่วนรากของผักบุ้งปริมาณมากที่สุดทั้ง 2 ฤดู ในการเปรียบเทียบปริมาณโลหะทองแดง (Cu) พบว่า มีปริมาณโลหะทองแดงสะสมอยู่ในส่วนรากของผักบุ้งปริมาณมากที่สุด สำหรับการเปรียบเทียบปริมาณโลหะตะกั่ว (Pb) พบว่า มีปริมาณโลหะตะกั่ว สะสมอยู่ในส่วนรากของผักบุ้งปริมาณมากที่สุด เนื่องบริเวณดังกล่าวเคยเป็นนาข้าวจึงมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืช สารฆ่าแมลงในรูปแบบของสารประกอบชนิดต่างๆ [11] ซึ่งมีส่วนผสมของสารประกอบของตะกั่วมาจากดินตะกอนท้องน้ำมีการสะสมแร่ธาตุต่าง ๆ และรวมทั้งมลพิษทางดินจำพวกโลหะหนัก[9]

สำหรับการวิเคราะห์การสะสมในส่วนต่างๆ ของผักบุ้ง พบว่า ส่วนรากพบการสะสมสูงสุด รองลงมาจะเป็นลำต้น และใบ ซึ่งธาตุที่สะสมอยู่สูงสุดทั้ง 3 จุด คือ โครเมียม (Cr) ตะกั่ว (Pb) ทองแดง (Cu) และแคดเมียม (Cd) นำการวิเคราะห์ทางสถิติมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ $P<0.05$ ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และความแม่นยำ (%RSD) อยู่ในช่วง 0.00 – 16.67

จากการวิเคราะห์หาปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนักในพืชน้ำที่เก็บตัวอย่างมาจากบ่อพักน้ำทิ้งมหาวิทยาลัย 3 บริเวณที่อาจจะเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของโลหะหนักอันเกิดจากกิจกรรมการจัดการเรียนการสอน ได้แก่ บ่อน้ำบริเวณหน้าศูนย์วิทยาศาสตร์ บ่อน้ำบริเวณปลูกบัวด้านหลังมหาวิทยาลัย และบ่อน้ำเสียบริเวณข้างคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมนั้น จากการเก็บตัวอย่างผักบุ้งวิเคราะห์ พบว่า มีปริมาณโลหะหนักที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณการดูดซับโลหะหนักในส่วนต่าง ๆ ของผักบุ้ง พบว่า ผักบุ้งจะมีการดูดซับโลหะหนักแล้วนำไปสะสมไว้บริเวณส่วนรากปริมาณมากที่สุดเพราะเป็นส่วนที่สัมผัสกับดิน เนื่องจากส่วนของผักบุ้งที่นำมารับประทานจะเป็นส่วนยอดของผักบุ้งซึ่งจะเป็นส่วนของ ลำต้นและใบ ซึ่งมีปริมาณโลหะหนักสะสมอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนด ซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการศึกษาวิจัยเรื่อง การวิจัยรูปแบบการจัดการน้ำเสียของมหาวิทยาลัยราชภัฏ กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี ผู้วิจัยขอขอบคุณอาจารย์ในหลักสูตรที่ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย ตลอดจนเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือด้านเก็บขนวัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ ในการดำเนินงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี และขอขอบคุณนางสาวจิตรลดา ทองเนียม และนายปิยวัฒน์ กุลชาติ ผู้ช่วยนักวิจัย ท้ายสุดคณะผู้วิจัยขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัย วช. จากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เป็นอย่างยิ่ง

เอกสารอ้างอิง

1. วรพันธ์ แก้วอุดม. การศึกษาโลหะหนักในน้ำ ดินตะกอน และผักตบชวาในบึงมักกะสัน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2532.
2. อรอิงค์ เวชสิทธิ์. การศึกษาคุณภาพน้ำและปริมาณโลหะหนักในน้ำ ดินตะกอน และพรรณไม้น้ำบางชนิด บริเวณแม่น้ำท่าจีน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2551.
3. เบญจมาศ อุ่นศรี. การดูดซึมโลหะหนักของผักกาดเขียวปลีตามระยะการเจริญเติบโตและความเข้มข้นของโลหะหนักในดินร่วนปนทราย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. 2558.
4. ภัทรา ขาวสำอาง. การปลูกผักบุ้งเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ที่ตำบลทัพหลวง อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม. สัมมนาปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยของแก่น. 2526.
5. Shinohara, C. Vegetable Seed Production Technology of japan. Vol. 1. Shinohara'a Authorized Agricultural Consulting Engineer Office. 4-7-7, Nishiooi, Shinagawaku, Tokyo. Japan. 1980.
6. ดัชนี ศรีรุ่งเรือง. การศึกษาความผันแปรของลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของผักบุ้ง (Ipomoea aquatica Forsk.) ปัญหาพิเศษปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2530.

7. ลาวัลย์ ศรีพงษ์. เทคนิค ICP-MS ในงานเภสัชวิเคราะห์ ICP-MS technique in pharmaceutical analysis. วารสาร ไทยไภษัชยนิพนธ์. บทความฟื้นฟูวิชาการ สำหรับการศึกษาต่อเภสัชศาสตร์ (on-line). ปีที่ 4 ฉบับที่ 3 เดือนกันยายน 2552, คณะเภสัชศาสตร์ ภาควิชาเภสัชเคมี มหาวิทยาลัยศิลปากร, (หน้า 1-19). 2552.
8. Bunsong, R. Distribution and accumulation of some heavy metals in water, sediment and aquatic organisms in Klong Phasicharoen, Thailand. Master's thesis, Faculty of Graduate Studies, Mahidol University. 2003.
9. ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา. ภาวะมลพิษของดินจากการใช้สารเคมี. พิมพ์ครั้งที่ 3. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 2545.
10. กรมพัฒนาที่ดิน. คู่มือการปฏิบัติงานกระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ และพืช ด้านสิ่งแวดล้อม. เอกสารเลขที่ OSD-05 ปรับปรครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01, (หน้า 25 - 32). 2553.
11. มนูญ ไพบูลย์ และสิทธิชัย อินทรงาม. ปรอทในปัสสาวะของประชากรที่อยู่ในน่านน้ำไทย. สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 2520.

[BS-P21] ตัวทำละลายที่มีผลต่อพฤกษเคมีของสารสกัดหยาบจากผักตบไทย

Effect of Solvents and Phytochemical for *Monochoria hastate* (L.) Solms. Crude Extracts

สุรางค์รัตน์ พันแสง*, พวงผกา แก้วกรม, และ ปอแก้ว พรมเพชร
Surangrat Punsaeng*, Puangpaka Kaewkrom, and Porkaew Pomphet
หลักสูตรสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล : spunsaeng137@gmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาตัวทำละลายที่มีผลต่อพฤกษเคมีของสารสกัดหยาบจากส่วนดอกของผักตบไทยที่สกัดด้วยน้ำ เมทานอล และเฮกเซน ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่า สารสกัดหยาบด้วยน้ำจากดอกของผักตบไทยให้ผลผลิตร้อยละ (% yield) สูงสุด ร้อยละ 17.11 โดยน้ำหนักต่อตัวอย่างน้ำหนักแห้ง สารพฤกษเคมีของสารสกัดหยาบ พบว่ามีแทนนิน และฟลาโวนอยด์ ดังนั้นการเลือกใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสารสกัดหยาบจากส่วนดอกของผักตบไทย ควรใช้น้ำเพราะมีสารพฤกษเคมีเบื้องต้นใกล้เคียงกับเมทานอล แต่สารสกัดจากน้ำให้ผลผลิตร้อยละ (%yield) สูงกว่าเมทานอล
คำสำคัญ: *ตัวทำละลาย, พฤกษเคมี, ผักตบไทย*

Abstract

This research aimed to study the use of solvents for the extraction and phytochemical of the water, methanol, and hexane crude extracts respectively of the flower of *Monochoria hastate* (L.) Solms. The studies found that crude extracts of the flower with water gave the highest percent yield (% w/w, dry weight) of 17.11. Phytochemical obtained are tannins and flavonoids. Therefore, the selection of solvents for extraction of crude extracts from the flower of *Monochoria hastate* should be used water because there were preliminary phytochemical closed to methanol extract. But water crude extract gave a percent yield higher than methanol.
Keywords: *solvent, phytochemical, Monochoria hastate* (L.) Solms.

บทนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจและใส่ใจเกี่ยวกับสุขภาพมากขึ้น โดยเฉพาะการล้างพิษในร่างกาย เพื่อให้รู้สึกว่า การขจัดสิ่งที่เป็นอนุมูลอิสระในร่างกายได้มากจะทำให้ร่างกายแข็งแรงและมีอายุยืน [(1)] จึงเป็นเหตุผลที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพมากขึ้น

ผักตบไทย (*Monochoria hastate* (L.) Solms) เป็นวัชพืชน้ำ พืชล้มลุกอายุหลายฤดู ลอยน้ำ ทรงพุ่มกลม โปร่ง ชอบขึ้นในน้ำตื้น หยั่งรากไปที่ผิวดินใต้น้ำ สูงประมาณ 50-100 เซนติเมตร ออกดอกต้นฤดูฝน หรือประมาณเมษายนและพฤษภาคม พื้นที่อำเภอหล่มสักจะนำดอกอ่อนของผักตบไทยมารับประทานร่วมกับน้ำพริก น้ำพริกปลา ส้มตำ และสามารถนำไปปรุงเป็นแกงส้ม แกงเลียง ผัด ซึ่งเป็นผักที่ทำรายได้ให้กับพื้นที่ ตำบลฝายนาแซง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์เป็นอย่างมาก สรรพคุณ ขับพิษร้อน ขับปัสสาวะ หรือใช้ผสมกับผักกระเฉด ตำคั้นเอาน้ำมารับประทานแก้พิษ เบื่อเมา [(2)] ในเกาะเซลีเบส ประเทศอินโดนีเซีย

นำเหง้าผักตบมาตำรวมกับถ่านไม้ ใช้พอกแก้รังแคบนศีรษะ ส่วนใบนำมาต้มเป็นอาหารสัตว์ เช่นเดียวกับคนไทยที่นำผักตบชวามาเลี้ยงหมู [3] ใบของผักตบไทยใช้รักษาโรคกระเพาะอาหาร [5] ส่วนต่าง ๆ ของผักตบไทยใช้รักษาโรคต่าง ๆ เช่น ปวดฟัน หอบหืด ไอหวัด และยังใช้สำหรับรักษากระเพาะอาหาร ตับผิดปกติ ตกเลือด ตับอักเสบ โรคโลหิตจาง เลือดออกตามไรฟันและรักษาโรคเบาหวาน [6]

ปัจจุบันมีการนำสมุนไพรและผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติที่เป็นภูมิปัญญาพื้นบ้านมาใช้ประโยชน์มากขึ้น เนื่องจากมีราคาไม่แพง ปลอดภัย และสามารถหาได้ในท้องถิ่น เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับพืชสมุนไพรในท้องถิ่นได้ งานวิจัยนี้จึงสนใจในการศึกษาตัวทำละลายที่เหมาะสมต่อการสกัดและตรวจสอบสารพฤกษเคมีในสารสกัดหยาบของดอกผักตบไทย เพื่อนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์และเป็นแนวทางในการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เวชสำอาง หรือนำไปต่อยอดงานวิจัยในระดับสูงต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่าง

ผักตบไทยที่ใช้ศึกษาในงานวิจัยนี้ใช้ส่วนดอก (ภาพที่ 1) โดยเก็บพืชตัวอย่างจากพื้นที่ ต.ฝายนาแซง อ.หล่มสัก จ. เพชรบูรณ์ ในช่วงเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2561



ภาพที่ 1 ลักษณะของผักตบไทย (A) พื้นที่ปลูก (B) ลักษณะดอกแก่ (C) ส่วนของดอกที่นำมาทำสารสกัด

2. การเตรียมสารสกัด

การเตรียมสารสกัดหยาบทำได้โดยนำส่วนดอกของผักตบไทย ตากผึ่งลมให้แห้งในที่อากาศถ่ายเทสะดวก เป็นเวลา 7 วัน นำไปบดให้ละเอียดและนำส่วนที่บดไปชั่งน้ำหนักที่แน่นอนด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง สกัดตัวอย่างด้วยวิธี Percolation ใช้ตัวทำละลาย 3 ชนิด ได้แก่ น้ำกลั่น เมทานอล (methanol) และเฮกเซน (hexane) ใช้ตัวอย่างแห้ง ตัวอย่างละ 100 กรัม ทำให้เปียกด้วยตัวทำละลายแต่ละชนิด เทสมุนไพรที่เปียกลงใน percolation ทีละน้อย กดให้เรียงตัวเป็นชั้น ๆ ปิดทับด้วยกระดาษกรองและทรายสะอาด เติมตัวทำละลายแต่ละชนิดให้เต็ม percolation ทิ้งไว้ 72 ชั่วโมง เก็บสารละลายแต่ละชนิด จนสารละลายที่ได้ไม่มีสี หรือเกือบใส นำสารละลายที่ได้ไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยสารแบบหมุนภายใต้สุญญากาศ (Rotary evaporator) จะได้สารสกัดหยาบ (crude extract) นำมาทำให้แห้งอีกครั้งด้วยเครื่อง Lyophilization Systems, INC. USA นำสารสกัดหยาบที่ได้มาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง บันทึกน้ำหนักของสารสกัดหยาบ เพื่อคำนวณหาผลผลิตร้อยละ (%yield) นำค่าที่ได้ไปคำนวณตามสูตร

$$\%\ w/w\ Yield = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังระเหยตัวทำละลายออก}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้งเริ่มต้น}} \times 100$$

3. การตรวจสอบพฤกษเคมีเบื้องต้น (Phytochemical Screening)

เป็นการตรวจสอบพฤกษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบจากผักตบไทย โดยใช้ปฏิกิริยาเคมีง่าย ๆ ซึ่งจะให้ผลเป็นการเกิดสีหรือการเกิดตะกอน การศึกษาครั้งนี้ใช้ตรวจสอบกลุ่ม Flavonoids และ Phenolic compounds and tannins (4) มีการตรวจสอบดังนี้

3.1 การตรวจสอบสารกลุ่ม Flavonoids ใช้ Shinoda test และ Pew test

3.2 การตรวจสอบสารกลุ่ม Phenolic compounds and Tannins ใช้

(1) Gelatin solution	ทดสอบ Tannin
(2) Gelatin salt solution	ทดสอบ Tannin
(3) 1% Ferric chloride solution	ทดสอบ Phenolic compound
(4) Bromine water	ทดสอบ Condense tannins
(5) Formalin-HCl test	ทดสอบ Condense tannins
(6) Vanillin-HCl test	ทดสอบ Condense tannins
(7) Lime water	ทดสอบ Hydrolysable tannins

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการสกัดสารจากส่วนดอกของผักตบไทย ด้วยตัวทำละลายต่าง ๆ

การศึกษาชนิดของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดด้วยวิธี Percolation เพื่อให้ทราบถึงผลผลิตร้อยละ (%yield) ที่ได้จากการสกัดเพื่อทำนายว่าฤทธิ์ของสารสกัดที่ได้ควรใช้ตัวทำละลายใดจึงจะเหมาะสมต่อการสกัดดอกของผักตบไทย พบว่า สารสกัดหยาบจากดอกของผักตบไทยมีลักษณะที่แตกต่างกันตามชนิดของตัวทำละลาย ได้แก่ สารสกัดหยาบด้วยน้ำจะมีลักษณะเป็นผง จับกันเป็นก้อนแข็ง สารสกัดหยาบด้วยเมทานอล และเฮกเซน จะมีลักษณะเป็นของเหลวหนืด สีน้ำตาล โดยมีน้ำหนักสารสกัดหยาบด้วยน้ำ เมทานอล และเฮกเซนมีค่าเท่ากับ 17.11, 6.57 และ 4.08 กรัม และผลร้อยละการได้กลับคืน (%yield) เท่ากับ 17.11, 6.57 และ 4.08 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 น้ำหนักสารสกัดหยาบจากส่วนดอกของผักตบไทยในตัวทำละลายต่าง ๆ และผลผลิตร้อยละ (%yield)

สารสกัดหยาบจากส่วนดอกของผักตบไทย ในตัวทำละลายต่าง ๆ	ลักษณะทางกายภาพ	น้ำหนักสารที่สกัดได้ (กรัม)	ผลผลิตร้อยละ (%yield)
สารสกัดหยาบด้วยน้ำ	จับตัวเป็นก้อน แข็ง สีน้ำตาลเข้ม	17.11	17.11
สารสกัดหยาบด้วยเมทานอล	ของเหลวหนืด สีน้ำตาล	6.57	6.57
สารสกัดหยาบด้วยเฮกเซน	ของเหลวหนืด มีน้ำมัน สีเหลือง	4.08	4.08

2. ผลการทดสอบสารพฤกษเคมี

การทดสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นของ Flavonoids และ Phenolic compounds and Tannins ของสารสกัดหยาบจากส่วนดอกของผักตบไทยในตัวทำละลายต่าง ๆ ได้ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบจากส่วนดอกของผักตบไทยในตัวทำละลายต่าง ๆ

สารทดสอบ	ผลการทดสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบจากส่วนดอกของผักตบไทย		
	สารสกัดหยาบด้วยน้ำ	สารสกัดหยาบด้วยเมทานอล	สารสกัดหยาบด้วยเฮกเซน
1. Shinoda test	++ (สีแดงเข้ม)	+ (สีส้ม)	-
2. Pew test	++ (สีแดงเข้ม)	+ (สีส้ม)	-
3. Gelatin solution	+ (ตะกอนขุ่นขาว)	+ (ตะกอนขุ่นขาว)	-
4. Gelatin salt solution	+ (ตะกอนขุ่นขาว)	+ (ตะกอนขุ่นขาว)	-
5. 1% Ferric chloride solution	+ (สีน้ำเงิน)	+ (สีน้ำเงิน)	+ (สีน้ำเงิน)
6. Bromine water	+ (ตะกอนสีอ่อน)	+ (ตะกอนสีอ่อน)	+ (ตะกอนสีอ่อน)
7. Formalin-HCl test	+ (ตะกอนสีแดง)	+ (ตะกอนสีแดง)	+ (ตะกอนสีแดง)
8. Vanillin-HCl test	+ (สีแดง)	+ (สีแดง)	+ (สีแดง)
9. Lime water	-	-	+ (ตะกอนสีเทา)

หมายเหตุ +, ++ คือ positive test – คือ negative test

จะเห็นได้ว่า การตรวจสอบฟลาโวนอยด์ ของสารสกัดหยาบจากส่วนดอกของผักตบไทยในตัวทำละลายต่าง ๆ ด้วยวิธี shinoda test และวิธี Pew test พบว่าสารสกัดหยาบด้วยเมทานอลเกิดสีแดงเข้ม ภายใน 5 นาที แสดงว่ามี flavonoid หรือ flavonol-3-glycoside และสารสกัดหยาบด้วยน้ำให้สีส้มถึงแดงจาง ๆ แสดงว่ามี flavanone และ flavonol สารสกัดหยาบจากส่วนของใบ *Monochoria hastata* พบฟลาโวนอยด์ แทนนิน ซาโปนิน ฟีนอล อัลคาลอยด์ และเทอร์พีนอยด์ [7] แต่เมื่อสกัดด้วยเฮกเซนไม่มีปฏิกิริยาใด ๆ เกิดขึ้น แสดงว่า สารสกัดหยาบด้วยเฮกเซนไม่พบฟลาโวนอยด์ นอกจากนี้สารสกัดดังกล่าวสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus*, *S. mutans* และ *Escherichia coli* ได้ [8]

การตรวจสอบสารกลุ่ม Phenolic compounds and Tannins พบว่า สารสกัดหยาบจากส่วนดอกของผักตบไทยที่สกัดด้วยน้ำและเมทานอลให้ผลบวก (+) กับ gelatin solution, gelatin salt solution และให้สีน้ำเงินกับ ferric chloride solution ให้ผลบวก (+) กับ bromine water, formalin-HCl test และ vanillin-HCl test แต่ให้ผลลบ (-) กับ lime water แสดงว่ามี condensed tannin ซึ่งแตกต่างกับสารสกัดหยาบจากส่วนดอกของผักตบไทยที่สกัดด้วยเฮกเซน ให้ผลลบ (-) กับ gelatin solution, gelatin salt solution และให้สีน้ำเงินอมเขียวกับ ferric chloride แสดงว่า ไม่มี tannins แต่มี phenolic compound

สรุป

การเลือกใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสารสกัดหยาบจากส่วนดอกของผักตบไทย ควรใช้น้ำเพราะมีสารพฤกษเคมีเบื้องต้นกลุ่มเดียวกับเมทานอล คือ ฟลาโวนอยด์ และแทนนิน แต่สารสกัดจากน้ำให้ผลผลิตร้อยละ (%yield) สูงกว่าเมทานอล

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนโดยงบประมาณแผ่นดินที่พิจารณาผ่านความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ปีงบประมาณ พ.ศ.2562 (รหัสโครงการสัญญา PCRU_2562_KNO28)

เอกสารอ้างอิง

1. ธีรวีร์ วราธรไพบูลย์. พฤติกรรมการบริโภค : อาหารนิยมบริโภคกับอาหารเพื่อสุขภาพ. วารสารปัญญาภิวัฒน์; 2557: 5(2).
2. นพพล เกตุประสาท. ทรัพยากรพืชพรรณ. หน่วยอนุรักษ์และใช้ประโยชน์พืชพรรณ ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม; 2560.
3. เดชา ศิริภัทรพ. นิตยสารหมอชาวบ้าน. ปีที่ 17 ฉบับที่ 193. สำนักพิมพ์หมอชาวบ้าน. ประเทศไทย; 2538.
4. นพมาศ สุนทรเจริญนนท์. ยาและผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ เล่มที่ 1. ครั้งที่ 3: กรุงเทพฯ; แสงเทียนการพิมพ์; 2544: 129-68.
5. Barnali G. and Zaman K.. Phytochemical Constituents of Some Medicinal Plant Species Used in Recipe During 'Bohag Bihu' in Assam. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry ; 2013: 2(2). 30-40.
6. Ileperuma V. S., Udage D., Yakandawal L., Jayasingh S., Kumarand and Ratnalilleke A. Does ingestion of plants from a phonetic group of Monochoria (Diyahabarala) cause hepatotoxicity Celon. Med. J.; 2015: 60. 28-30.
7. Akter R., Islam Md.K., Islam R., Alam I and Wahab Md.A. Evaluation of phytochemical screening and cytotoxic activity of different extracts of *Monochoria hastate* leaves. World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences.; 2018: 7(7). 71-82.
8. Misra D., Mandal M., Ghosh N.N. and Mandal V. Pharmacognostic Standardization of an Ethno medicinal Aquatic Herb, *Monochoria hastate* (L.) Solms. for its Antibacterial Potentiality. Pharmacogn J.; 2018: 10(3). 533-540.

[BS-P22] ผลของปริมาณอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ต่อการเจริญเติบโตของข้าวดอกมะลิ 105

The Effects of ZnO Nanoparticles on Dok Mali 105 Rice Growth

ปนิดา ลือเดช[1], สุดธิดา ภิญโญทรัพย์[*1] และบุปผชาติ ต่อบุญสูง[2]
Panida Luedet[1], Sudthida Phinyosap*[1] and Buppachat Toboonsung[2]
[1]สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
[2]สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: nimoom257@gmail.com*

บทคัดย่อ

ผลของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ต่อการเจริญเติบโตของข้าวดอกมะลิ 105 ทำการศึกษาโดยใช้ความเข้มข้นของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์เท่ากับ 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 มิลลิกรัม/ลิตร รดข้าวทุก ๆ 30 วัน ใช้เมล็ดข้าว 50 เมล็ด ต่อ 1 กระถาง และใช้ระยะเวลาการทดลอง 126 วัน ผลการวิจัยพบว่าปริมาณของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ 100 มิลลิกรัม/ลิตร วัดที่เวลา 5 วัน ทำให้รากของต้นข้าวยาวได้ดีที่สุด คือ 67.5 มิลลิเมตร จากนั้นวิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโตของต้นข้าว โดยพบว่าความเข้มข้นของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์เท่ากับ 40 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้อัตราการงอกที่ดีที่สุดคือ 94% มีพื้นที่ใบมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 3.18 ตารางเซนติเมตร ส่วนความสูงของต้นข้าวสูงที่สุดคือ 99.89 เซนติเมตร ความยาวรอบลำต้นมากที่สุดคือ 2.10 เซนติเมตร และน้ำหนักสดมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 81.99 กรัม อย่างไรก็ตามพบว่าปริมาณอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ทำให้ต้นข้าวมีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุดคือ 40 มิลลิกรัม/ลิตร

คำสำคัญ: *อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์, ข้าวดอกมะลิ 105, พื้นที่ใบ, อัตราการงอก,*

Abstract

The effect of zinc oxide nanoparticles on the growth of Dok Mali 105 rice was studied using the concentration of zinc oxide nanoparticles of 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 and 100 mg/l and added it every 30 days. The experimentation was prepared using the grain of 50 seeds per 1 pot and observed during the growth of 126 days. The results showed that the longest roots at 67.5 mm which measured the period of time at 5 days were found at the amount of zinc oxide nanoparticles for 100 mg/l. Next, the growing of rice plant was found that the concentration of oxide nanoparticles was 40 mg /l, making the best germination rate is 94%. The leaf area was found in the highest area of 3.18 cm^2. The height of the rice plant was observed the best of 99.89 cm. The circumference of the rice plant was shown the maximum of 2.10 cm. The freshest weight was revealed the maximum at 81.99 grams. However, all analyzations were presented at the amount of zinc oxide nanoparticles which shown the best rice growth at 40 mg./l

Keywords: *zinc oxide nanoparticles, Dok Mali 105 Rice, leaf area, germination rater*

บทนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่เป็นสินค้าส่งออกอันดับต้นๆของไทยโดยเฉพาะในภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งจังหวัดนครราชสีมาก็เป็นพื้นที่ปลูกข้าวอันดับต้นๆของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งพันธุ์ข้าวที่นิยมปลูกในจังหวัดนครราชสีมา ได้แก่ ข้าวหอมมะลิ ข้าวเจ้าและข้าวเหนียว เกษตรกรมักจะมีปัญหาใน การปลูกข้าว เช่น ผลผลิตที่ได้มีจำนวนน้อย ใช้ต้นทุนในการผลิตสูง ปัญหาราคาข้าวตกต่ำ ข้าวมีการเจริญเติบโตได้ไม่ดี และในปัจจุบันพบว่ามีการประยุกต์ใช้ความรู้ทางนาโนเทคโนโลยีมาใช้ในระบบการเกษตร มีการปรับปรุงคุณภาพและผลผลิตของพืชบริโภค ในขณะนี้การใช้สารอาหารนาโนยังมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มผลผลิตของพืช เนื่องจากอนุภาคนาโนมีคุณสมบัติที่หลากหลาย [(1)]จากการศึกษาของสุธิชัย สามารถ และคณะ พบว่าการเติมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ในความเข้มข้นที่เหมาะสมนั้นมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของผลผลิตของข้าวให้สูงขึ้น ในปัจจุบันยังมีการศึกษาผลของอนุภาคนาโนต่อการเจริญเติบโตของพืชไม่มากนักอีกทั้งข้าวยังเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศ จึงเป็นพืชที่น่าสนใจสำหรับการทดสอบครั้งนี้ สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของข้าวดอกมะลิ 105 ที่ใช้อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้นต่างกัน คือ 0 -100 มิลลิกรัม/ลิตร โดยศึกษาว่า อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์แต่ละความเข้มข้นมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของข้าว จากการวัดเปอร์เซ็นต์การงอก การวัดความยาวราก พื้นที่ใบ ความสูงของลำต้น ความยาวรอบลำต้น และน้ำหนักสด ของข้าวที่ปลูกด้วย อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

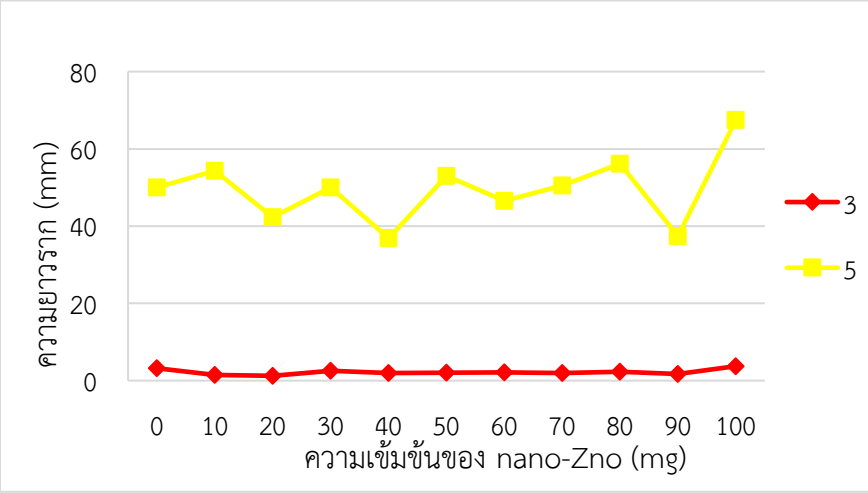
การดำเนินการวิจัย

ชั่งอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ปริมาณ 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 มิลลิกรัม/ลิตร ใช้เมล็ดข้าวดอกมะลิ 105 จำนวน 50 เมล็ด ต่อกระถาง และเติมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ในอัตราส่วนเดิมทุก ๆ 30 วัน และวิเคราะห์ผลความยาวรากเมื่อข้าวได้อายุ 3 วันและ 5 วัน ทำการเก็บข้อมูลอัตราการงอกของเมล็ดข้าวเมื่อข้าวอายุได้ 7 วัน [(2)] ทำการวัดพื้นที่ใบเมื่อข้าวได้อายุ 30 วัน โดยใช้ Application Easy leaf Area Free วัดความสูงของลำต้น และความยาวรอบลำต้น เมื่อข้าวอายุ 14, 28, 42, 56, 70, 84, 98, 112 และ 126 วัน และนำต้นข้าวในวันที่ 126 มาล้างให้สะอาดแล้วชั่งเพื่อหาน้ำหนักสด

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาความยาวราก

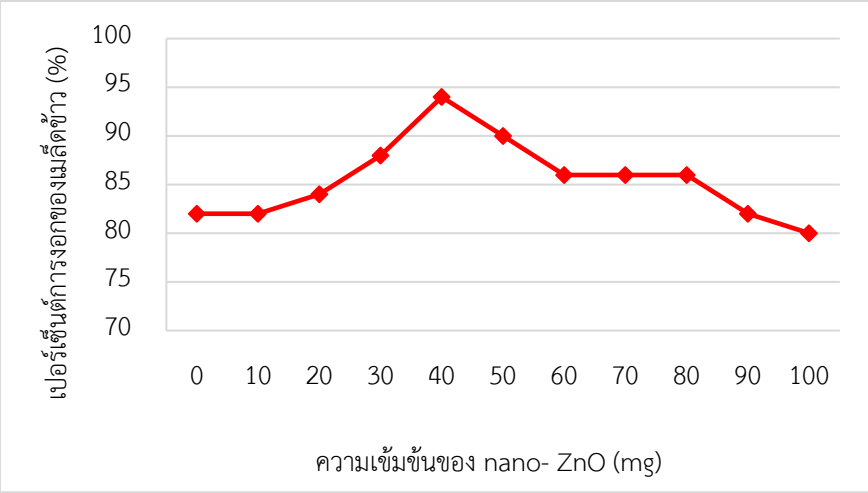
จากการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดข้าว ด้านความยาวรากที่ใช้อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นต่างกัน คือ 0 - 100 มิลลิกรัม/ลิตร และเก็บผลความยาวของรากเมื่อข้าวได้อายุ 3 และ 5 วัน พบว่าเมื่อข้าวอายุ 3 วัน จะมีความยาวราก ตั้งแต่ 1.25 – 3.75 มิลลิเมตร และเมื่อข้าวอายุ 5 วัน ข้าวมีความยาวราก ตั้งแต่ 36.90 – 67.50 มิลลิเมตร และพบว่าความเข้มข้นของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ 100 มิลลิกรัม /ลิตร ให้ความยาวรากเฉลี่ยยาวที่สุด และรองลงมาคือที่ความเข้มข้นที่ 0 และ 30 มิลลิกรัม/ลิตร โดยวัดความยาวรากได้ 3.75, 3.25 และ 2.57 มิลลิเมตร ตามลำดับ และเก็บผลความยาวรากในวันที่ 5 พบว่าที่ความเข้มข้นของอนุภาค นาโนซิงค์ออกไซด์ที่ 100 มิลลิกรัม มีความยาวรากเฉลี่ยมากที่สุด และรองลงมา คือ 80 และ 10 มิลลิกรัม/ลิตร โดยมีความยาวราก ดังนี้ 67.50, 56.15, และ 54.35 มิลลิเมตร ตามลำดับ ดังภาพที่ 1 ซึ่งจากการเก็บผลความยาวรากจะเห็นได้ว่า [(3, 4)]ในช่วงแรกของการเจริญเติบโตของข้าวอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ยังไม่ค่อยมีผลต่อความยาวรากของข้าวมากนัก เพราะการเจริญเติบโตของข้าวในช่วงแรกๆ จะใช้สารอาหารภายในเมล็ด ถ้าใช้สารอาหารในเมล็ดหมดแล้วก็จะมีการใช้สารอาหารที่เติมลงไปได้



ภาพที่ 1 ผลความยาวรากของต้นข้าวอายุ 3 และ 5 วัน

2. ผลการศึกษาอัตราการงอก

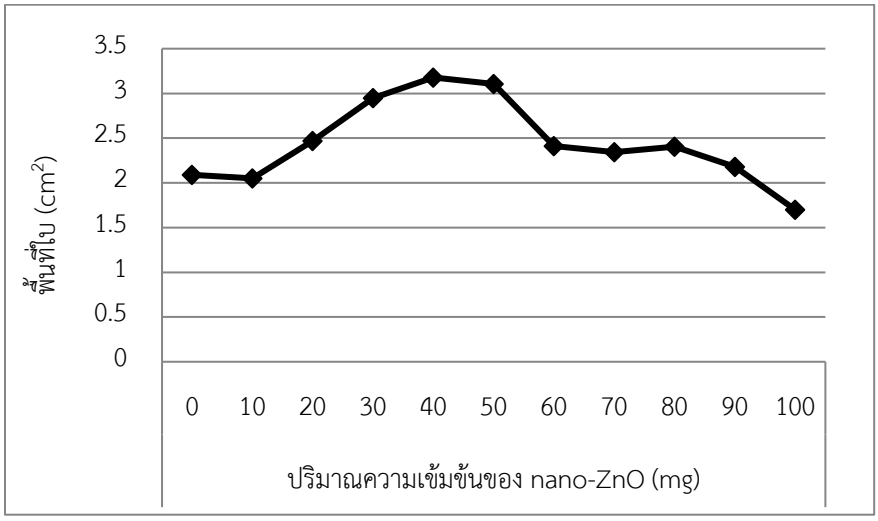
การศึกษาอัตราการงอกของเมล็ดข้าวดอกมะลิ 105 จำนวน 50 เมล็ดที่ใช้อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นต่างกันที่ 0 - 100 มิลลิกรัม/ลิตร แล้วทำการเก็บผลอัตราการงอกเมื่อข้าวอายุ 7 วัน จากภาพที่ 2 พบว่าที่ความเข้มข้นของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ 40 มิลลิกรัม/ลิตร มีเปอร์เซ็นต์การงอกดีที่สุดคือ 94 เปอร์เซ็นต์ และรองลงมาคือ ที่ความเข้มข้นที่ 50, 30, 60, 70 และ 80 มิลลิกรัม/ลิตร มีเปอร์เซ็นต์การงอกที่ 90, 88, 86, 86 และ 86 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และ ที่ความเข้มข้นของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ 100 มิลลิกรัม/ลิตร มีเปอร์เซ็นต์การงอกต่ำสุด คือ 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะพบว่าปริมาณความเข้มข้นของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ในปริมาณที่มากๆ ไม่ได้ส่งเสริมให้ต้นข้าวมีอัตราการงอกที่ดี



ภาพที่ 2 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดข้าว อายุ 7 วัน

3. ผลการศึกษาพื้นที่ใบ

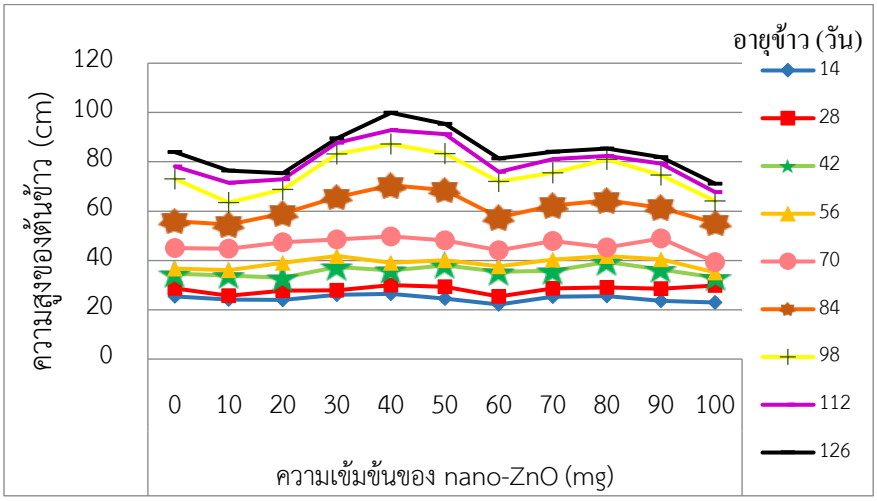
การศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดข้าวด้านพื้นที่ใบที่ใช้อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นต่างกัน และทำการเก็บข้อมูลเมื่อข้าวครบอายุ 30 วัน ทำการวิเคราะห์พื้นที่ใบของข้าวแต่ละชุดโดยสุ่มใบข้าวในกระถาง 3 ขนาดคือ ใบเล็ก ใบกลาง และใบใหญ่ จำนวน 4 ซ้ำ และใช้ Application Easy Leaf Area Free ในการวิเคราะห์หาพื้นที่ใบ พบว่าที่ความเข้มข้นของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ ที่ 40 มิลลิกรัม/ลิตร ส่งผลให้ข้าวมีพื้นที่ใบมากที่สุด คือ 3.18 ตารางเซนติเมตร และรองลงมาคือที่ความเข้มข้นที่ 30 และ 50 มิลลิกรัม/ลิตร ข้าวมีพื้นที่ใบ 3.11 และ 2.95 ตารางเซนติเมร ตามลำดับ ที่ความเข้มข้นที่ 0, 10, 20, 60, 70, 80 และ 90 มิลลิกรัม/ลิตร ข้าวมีพื้นที่ใบไม่แตกต่างกันมาก สำหรับความเข้มข้นของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ 100 มิลลิกรัม/ลิตร ข้าวมีพื้นที่ใบน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับความเข้มข้นอื่นๆ ซึ่งแสดงให้เห็นได้ชัดในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 พื้นที่ใบของข้าวเมื่ออายุ 30 วัน

4. ผลการศึกษาความสูงของข้าว

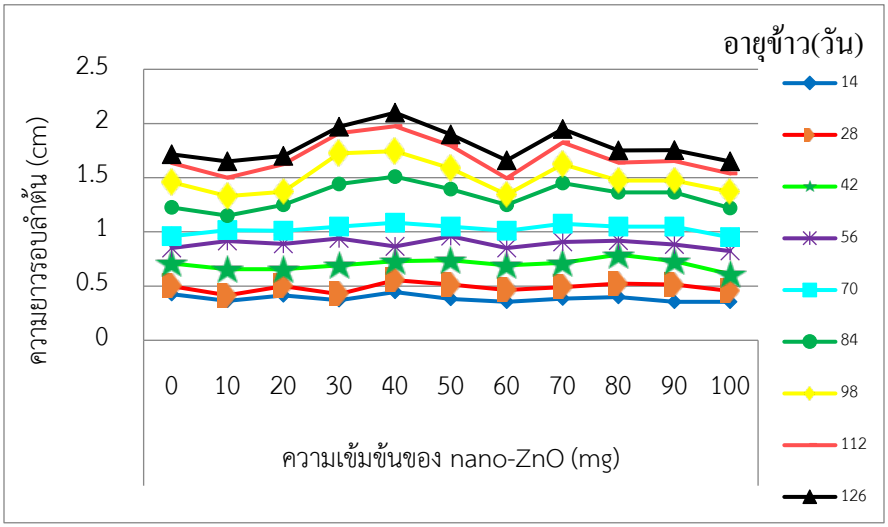
จากการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดข้าว ด้านความสูงของลำต้นที่ใช้อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นต่างกันได้ทำการวัดความสูงทุก ๆ 14 วัน คือ 14, 28, 42, 56, 70, 84, 98, 112 และ 126 วัน พบว่า ข้าวมีการเจริญเติบโตด้านความสูงลำต้นที่สม่ำเสมอ และมีความสูงเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดตั้งแต่วันที่ โดยพบว่าที่ความเข้มข้นของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ 40 มิลลิกรัม/ลิตร มีผลทำให้ข้าวสูงขึ้นได้ดีที่สุด รองลงมาคือที่ 50 และ30 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ส่วนที่ความเข้มข้นของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ 10 และ 100 มิลลิกรัม/ลิตร ให้ค่าเฉลี่ยความสูงของข้าวน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับความเข้มข้นอื่น ซึ่งแสดงให้เห็นได้ชัดในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ผลความสูงของต้นข้าว

5. ผลการศึกษาความยาวรอบลำต้นของข้าว

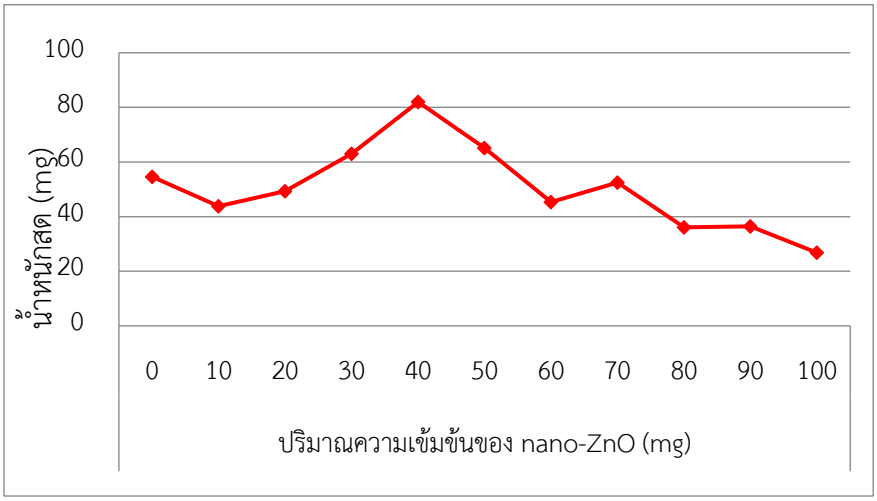
จากการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดข้าวด้านความยาวรอบ ลำต้นที่ใช้อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นต่างกัน และทำการเก็บข้อมูลทุก ๆ 14 วัน คือ 14, 28, 42, 56, 70, 84, 98, 112 และ 126 วัน ผลการศึกษาพบว่า การเจริญเติบโตด้านความยาวรอบลำต้นที่สม่ำเสมอ โดยเมื่อระยะเวลา 70 วัน ข้าวมีความยาวรอบลำต้นเพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ความยาวรอบลำต้นเพิ่มขึ้นแบบสม่ำเสมอ ที่ความเข้มข้นของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ 40 มิลลิกรัม/ลิตร ให้ค่าเฉลี่ยความยาวรอบลำต้นของข้าวมากที่สุด คือ 2.1 เซนติเมตร และรองลงมาคือที่ความเข้มข้นที่ 30 และ 50 มิลลิกรัม/ลิตร ที่ 1.97 และ 1.9 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนที่ความเข้มข้นของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ 10 และ 100 มิลลิกรัม/ลิตร ให้ค่าเฉลี่ยความยาวรอบลำต้นของข้าวน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับความเข้มข้นอื่นๆ ซึ่งแสดงให้เห็นได้ชัดในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ความยาวรอบลำต้นของต้นข้าว

6. ผลการศึกษาน้ำหนักสด

จากการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดข้าว ด้านน้ำหนักสดที่ใช้อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นต่างกัน และทำการเก็บข้อมูลเมื่อข้าวครบอายุ 126 วัน โดยนำต้นข้าวมาล้างน้ำให้สะอาดและทำการชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล เพื่อหาน้ำหนักสดของข้าวแต่ละชุด พบว่าที่ความเข้มข้นของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ 40 มิลลิกรัม/ลิตร ข้าวมีน้ำหนักสดมากที่สุด คือ 81.99 กรัม และรองลงมา คือ ที่ความเข้มข้นของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ 50 และ 30 มิลลิกรัม/ลิตร คือ 65.12 และ 63.01 กรัม ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นที่ 0, 10, 20, 60, 70, 80 และ 90 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าน้ำหนักสดใกล้เคียงกัน ส่วนที่ความเข้มข้นของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ 100 มิลลิกรัม/ลิตร ข้าวมีน้ำหนักสดน้อยที่สุด คือ 26.79 กรัม ซึ่งแสดงให้เห็นได้ชัด ในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 น้ำหนักสดของข้าวอายุ 126 วัน

สรุป

ผลของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ต่อการเจริญเติบโตของข้าวดอกมะลิ 105 ทดลองโดยใช้อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ ปริมาณ 0 – 100 มิลลิกรัม/ลิตร ผสมกับน้ำปราศจากไอออน 1,000 มิลลิลิตร และศึกษาความยาวราก อัตราการงอก พื้นที่ใบ ความสูงของต้นข้าว ความยาวรอบลำต้น และน้ำหนักสด พบว่าปริมาณของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ เท่ากับ 100 มิลลิกรัม/ลิตร ส่งผลให้ข้าวมีความยาวรากมากที่สุด โดยมีความยาวราก 3.75 มิลลิเมตร ในวันที่ 3 และ 67.5 มิลลิเมตร ในวันที่ 5 อัตราการงอกวัดในวันที่ 7 พบว่าปริมาณอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ เท่ากับ 40 มิลลิกรัม/ลิตร ส่งผลให้มีอัตราการงอกที่ดีที่สุด คือ 94% พื้นที่ใบมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 3.18 ตารางเซนติเมตร ที่ปริมาณอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ เท่ากับ 40 มิลลิกรัม/ลิตร สำหรับความสูงของต้นข้าวมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 99.89 เซนติเมตร ความยาวรอบลำต้นมากที่สุดเท่ากับ 2.10 เซนติเมตร และน้ำหนักสดมีค่ามากที่สุด 81.99 กรัม ซึ่งพบที่การใส่อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ เท่ากับ 40 มิลลิกรัม/ลิตร เหมือนกัน ดังนั้นพบว่าการเจริญเติบโตของข้าวดอกมะลิ 105 จะมีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุดที่ปริมาณซิงค์ออกไซด์เท่ากับ 40 มิลลิกรัม/ลิตร

เอกสารอ้างอิง

1. สุธิชัย สามารถ, นิตยา ผกามาศ และ สุธี ชุติไพจิตร. อิทธิพลของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและผลผลิตของข้าวอินดิกา. วารสารวิชาการปทุมวัน. 2558; 3:23-29.
2. ปรีชา กาเพ็ชร, ชยันต์ ภักดีไทย และ วินัย ศรวัติ. การหาพื้นที่ใบจากภาพถ่ายดิจิตอล. แก่นเกษตร. 2554;39:392-397.
3. สวัสดิ์ ท้าวคำลือ. การวัดขนาดของท่อนไม้หรือต้นไม้แบบภูมิปัญญาท้องถิ่นของชาวจังหวัดแพร่. [อินเทอร์เน็ต]. 2552. [เข้าถึงเมื่อ 21 เมษายน 2561].เข้าถึงได้จาก: https://www.gotoknow.org/posts/316539
4. สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. องค์ความรู้เรื่องข้าว. 2560. [อินเตอร์เน็ท] [เข้าถึงเมื่อ 21 เมษายน 2561]. เข้าถึงได้จาก: http://www.ricethailand.go.th/Rkb/manual/index.php-file=content.php&id=47.htm

[BS-P23] การสกัดเบต้าแคโรทีนจากเปลือกปาล์ม
Extraction of Beta-carotene from Palm Shell

บุณยรัศมิ์ สุขเขียว* และ เอกรินทร์ บดีรัฐ
Boonyaras Sookkheo* and Ekarin Boodeerat
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: boonyaras.s@rsu.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้นำเปลือกปาล์มที่ถูกบีบน้ำมันออกแล้วมาสกัดสารเบต้าแคโรทีน โดยใช้ตัวทำละลาย 2 ชนิด คือเฮกเซน และไดคลอโรมีเทน จากการตรวจสอบด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีแบบแผ่นบาง (TLC) พบว่าตัวทำละลายทั้งสองชนิดสามารถสกัดสารเบต้าแคโรทีนได้ดีมาก และ เมื่อนำส่วนของสารที่สกัดได้ไปทำการแยกน้ำมันออกโดยวิธีการทำให้เย็น พบว่าที่อุณหภูมิต่ำกว่า –5 องศาเซลเซียส สามารถแยกน้ำมันออกจากสารสกัดได้ดีขึ้น อีกทั้งเมื่อนำไปทำปฏิกิริยาปอนนิฟิเคชั่น ทำให้ได้สารเบต้าแคโรทีนที่มีค่า R_f ตรงกับสารมาตรฐาน ผลวิเคราะห์ปริมาณสารเบต้าแคโรทีนที่สกัดได้จากตัวทำละลายเฮกเซนและไดคลอโรมีเทน ด้วยเทคนิคไฮเพอร์ฟอร์แมนส์ลิควิดโครมาโทกราฟี (HPLC) พบว่าได้สารเบต้าแคโรทีนในปริมาณ 18.97±1.70 และ 11.41±0.25 mg/kg ของเปลือกปาล์มแห้ง ตามลำดับ

คำสำคัญ: *เบต้าแคโรทีน, เปลือกปาล์ม*

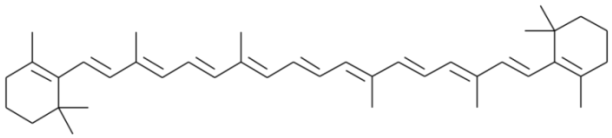
Abstract

In this study, palm shell was utilized as a feedstock for the extraction of beta-carotene using two kinds of solvents such as hexane and dichloromethane. From testing by thin layer chromatography (TLC) technique, hexane and dichloromethane exhibited well results for beta -carotene extraction. Thereafter, the oil containing in the obtained extract was easily separated by cooling method at a lower temperature of -5 °C. Moreover, when the sample was further carried out via saponification reaction, resulting in R_f value accorded to beta-carotene standard. The quantitative analysis of beta-carotene was determined by High-performance liquid chromatography (HPLC). The results were found that beta-carotene amounts extracted from hexane and dichloromethane were 18.97±1.70 and 11.41±0.25 mg/kg of palm shell, respectively.

Keywords: *beta carotene, shell palm*

บทนำ

เบต้าแคโรทีนเป็นสารประกอบอินทรีย์ ประเภทไฮโดรคาร์บอน กลุ่มเทอร์พีนอยด์ (ไอโซพรีนอยด์) มีโครงสร้างพื้นฐานเป็นเตตระเทอร์พีน มีโครงสร้างหลักเป็นสายไฮโดรคาร์บอนชนิดไม่อิ่มตัว มีพันธะคู่หลายตำแหน่ง มีหน่วยย่อยคือไอโซพรีนจำนวน 8 หน่วย สูตรโมเลกุลคือ $C_{40}H_{56}$ จุดหลอมเหลวที่ 180-182 ℃ มีโครงสร้างที่มีวงแหวนในตำแหน่งปลายของโมเลกุลดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 สูตรโครงสร้างทางเคมีของเบต้าแคโรทีน

เบต้าแคโรทีนเป็นสารธรรมชาติที่สามารถพบได้ในผักและผลไม้ที่มีสีส้ม สีเหลืองและสีเขียว เช่น ผักหวาน ผักตำลึง ผักกวางตุ้ง ผักบุ้งจีน บล็อกโคลี่ แครอท ฟักทอง หน่อไม้ฝรั่ง ข้าวโพดอ่อน มะม่วง มะละกอ มะเขือเทศ และแตงไท เป็นต้น ซึ่งสารเบต้าแคโรทีนเป็นสารอาหารที่มีความสำคัญ และมีประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น 1.) ช่วยบำรุงสุขภาพของดวงตา เพราะเมื่อเบต้าแคโรทีนโดนย่อยสลายที่ตับแล้วจะได้วิตามินเอ ซึ่งร่างกายนำไปใช้สร้างสารโรดอปซินในดวงตา ส่วนเรตินาทำให้ตามีความสามารถในการมองเห็นในตอนกลางคืนได้ และยังลดความเสื่อมของเซลล์ของลูกตา ลดความเสี่ยงต่อการเป็นต้อกระจกด้วย 2.) ช่วยชะลอวัยและดูแลรักษาผิวพรรณ เพราะเบต้าแคโรทีนให้ผลในการลดความเสื่อมของเซลล์จากอนุมูลอิสระ ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดกระบวนการ ผิวเริ่มเหี่ยวย่น ไม่ผ่องใส 3.) ให้ผลกระตุ้นเซลล์ภูมิต้านทานในร่างกายที่ชื่อ ที-เฮลเปอร์ ให้ทำงานต้านสิ่งแปลกปลอมได้ดีขึ้น ให้ผลดีกับผู้ที่มีความเสี่ยงต่อมะเร็ง[1]

นอกจากพบสารเบต้าแคโรทีนในผักและผลไม้ดังกล่าวแล้ว ยังมีรายงานการศึกษาสารปริมาณเบต้าแคโรทีนในผลปาล์มน้ำมัน เช่น Budiyanto.B และคณะ[2] ที่ได้ศึกษาการสลายตัวของสารแคโรทีนอยด์จากปาล์มน้ำมันเมื่อใช้ความร้อนสูง หรือ Sirinapha Khongcharean[3] ได้ทำการวิจัยเพื่อวิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีน ในผลปาล์มน้ำมันสดจากจังหวัดกาญจนบุรีและจังหวัดทางภาคใต้ของประเทศไทย เป็นต้น อีกทั้งไร่บุญตะวัน จังหวัดกาญจนบุรี ที่อยู่ในความรับผิดชอบของสถาบันบ่มเพาะและส่งเสริมเกษตรของมหาวิทยาลัยรังสิต ได้มีผลผลิตทางการเกษตรได้แก่ปาล์มน้ำมันสายพันธ์เทอรา ที่มีสีเหลืองแดงสด และเมื่อนำไปบีบอัดน้ำมันแล้วจะมีวัสดุเหลือใช้คือเปลือกปาล์ม เป็นจำนวนมาก

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อการสร้างมูลค่าเพิ่มจากเปลือกน้ำมันปาล์มที่ผ่านการบีบเอาน้ำมันออกแล้ว จากไร่บุญตะวัน จังหวัดกาญจนบุรี ของมหาวิทยาลัยรังสิต โดยนำมาสกัดหาสารเบต้าแคโรทีน ซึ่งเป็นสารสำคัญและมีประโยชน์ เพื่อนำไปประยุกต์ทำเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การสกัดเบต้าแคโรทีนในเปลือกปาล์ม

1.1 การเตรียมเปลือกปาล์ม

นำเปลือกปาล์มจากไร่บุญตะวัน จังหวัดกาญจนบุรี ของมหาวิทยาลัยรังสิต มาบดและอบไล่ความชื้น ที่อุณหภูมิ 70 ℃ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และนำเปลือกปาล์มที่ได้เก็บไว้ในโถดูดความชื้น

1.2. การศึกษาชนิดของตัวทำละลายที่เหมาะสม

ชั่งเปลือกปาล์มที่ผ่านการอบไล่ความชื้น ปริมาณ 50 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 500 มิลลิลิตร ใส่ตัวทำละลาย ทั้ง 2 ชนิด คือ เฮกเซน และไดคลอโรมีเทน ลงในขวดชมพู่ ปริมาตร 200.00 มิลลิลิตร โดยทำการทดลองตัวทำละลายชนิดละ 3 ซ้ำ จากนั้นนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็ว 150 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง กรองสารละลายด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 และนำสารละลายที่ได้ไประเหยตัวทำละลายออก เก็บส่วน crude ที่ได้เพื่อนำไปทดลองต่อ และนำไปทดสอบ ด้วยวิธี Thin-layer chromatography (TLC) โดยใช้ 1:9 acetone : hexane เป็นเฟสเคลื่อนที่

2. การแยกน้ำมันออกจากสารสกัด

2.1 การแยกน้ำมันโดยอุณหภูมิต่ำ[4]

ทดสอบการแข็งตัวของสารตัวอย่างเบต้าแคโรทีน ที่สกัดได้จากเปลือกปาล์ม ที่ละลายในตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด โดยการแช่ในตู้แช่ที่อุณหภูมิ 10 5 0 -5 -10 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะเกิดการแยกชั้นและมีชั้นไขมันแข็งตัวอยู่ด้านล่างให้รินแยก (decantation) และนำส่วนของสารละลายไประเหยตัวทำละลายออก และเก็บส่วน crude ที่ได้เพื่อนำไปทำปฏิกิริยา สปอนนิซิเคชั่นต่อไป

2.2 การทำสปอนนิฟิเคชัน (saponification)

นำสารสกัด crude ที่ได้มาเติมสารละลาย ethanolic potassium hydroxide จำนวน 20 มิลลิลิตร นำไปแช่เย็นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งจะเกิดการแยกชั้น จากนั้นนำสารที่ได้ใส่ลงในกรวยแยก เติมสาร diethyl ether ปริมาณ 10 มิลลิลิตร เก็บสารละลายที่ได้ และแยกส่วนที่เป็นตะกอนด้านล่างทิ้งไป กำจัดน้ำที่ตกค้างด้วยการเติม anhydrous sodium sulphate และนำสารละลายที่ได้ไประเหยตัวทำละลายออก

3. การวิเคราะห์เบต้าแคโรทีนด้วยเทคนิค High Performance Liquid Chromatography[5]

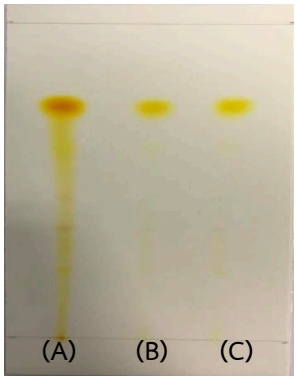
เตรียมเฟสเคลื่อนที่ โดยใช้ Ultra-pure water และ acetone นำสารทั้งสองชนิดไปกรองด้วย Millipore filter 0.45 µm หลังจากนั้นนำไป ไล่ฟองอากาศ ด้วยเครื่อง sonicator เป็นเวลา 30 นาที หรือจนกระทั่งฟองอากาศหมด ในขณะเดียวกันสร้าง gradient program โดยใช้สภาวะที่เหมาะสม และหาค่าเวลาที่คงอยู่ (retention time) ของสารมาตรฐานเบต้าแคโรทีน

เตรียมกราฟมาตรฐานเบต้าแคโรทีน โดยเตรียมสารมาตรฐานเบต้าแคโรทีน ให้ได้ความเข้มข้น 0.5, 1, 2.5, 5 และ 10 mg/L จากสารมาตรฐานเบต้าแคโรทีน 100.00 mg/L โดยมี Ultra-pure water และ acetone เป็นเฟสเคลื่อนที่ ตามสภาวะข้างต้น แล้วบันทึกค่าพื้นที่ใต้พีค (peak area) และนำค่าที่ได้ไปสร้างกราฟมาตรฐานเทียบระหว่างความเข้มข้นและพื้นที่ใต้พีคที่วัดได้ และนำสารตัวอย่างเบต้าแคโรทีนที่สกัดได้ของแต่ละตัวทำละลาย ฉีดเข้าเครื่อง HPLC โดยมี Ultra-pure water และ acetone เป็นเฟสเคลื่อนที่ ตามสภาวะข้างต้น นำค่าที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐานเพื่อคำนวณหาปริมาณเบต้าแคโรทีนต่อไป

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1.**ผลการสกัดเบต้าแคโรทีนในเปลือกปาล์ม**

จากการนำเปลือกปาล์มที่ผ่านการบีบน้ำมันออก มาแช่ในตัวทำละลาย 2 ชนิด คือเฮกเซน และไดโคลโรมีเทน แล้วนำสารที่สกัดได้ไปกรอง และระเหยแห้ง เพื่อนำมาทดสอบสารที่สกัดได้ ด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีแบบแผ่นบาง (TLC) โดยใช้ 1:9 acetone : hexane เป็นเฟสเคลื่อนที่ ได้ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 2



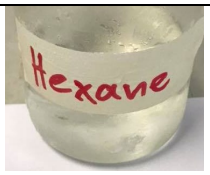
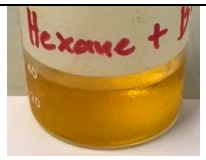
ภาพที่ 2 แสดงโครมาโทรกราฟฟี ของสารสกัดจากตัวทำละลายต่างชนิดกัน
เมื่อ (A) คือเบต้าแคโรทีนมาตรฐาน (B) คือสารสกัดจากเฮกเซน (C) คือสารสกัดจากไดคลอโรมีเทน

จากการทดลองพบว่าเปลือกปาล์มที่สกัดด้วย ตัวทำละลายเฮกเซน และไดคลอโรมีเทน มีระยะทางที่สารเคลื่อนที่ตรงกับระยะทางของเบต้าแคโรทีนมาตรฐาน ซึ่งตรงตามทฤษฎีเนื่องจากสารกลุ่มแคโรทีนอยจะเป็นสารกลุ่มไม่มีขั้วจึงสามารถที่จะละลายได้ดีในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว หรือมีขั้วต่ำ

2. ผลการแยกน้ำมันออกจากสารสกัด

นำสารละลายที่สกัดออกมาได้ ในตัวทำละลายนำไปกำจัดไขมันออกโดยใช้วิธีการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 10, 5, 0, -5 และ -10 °C พบว่าน้ำมันเกิดการแข็งตัวแยกออกจากชั้นเฮกเซน ที่อุณหภูมิตั้งแต่ -5 °C ลงไป จึงนำค่าอุณหภูมิที่ -5 °C มาศึกษาเป็นอุณหภูมินี้ทำให้สารละลายเกิดการแยกตัวออกจากชั้นไขมันดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการแยกของน้ำมันออกจากสารละลายแคโรทีนอยด์ที่สกัดได้ด้วยการแช่เย็นที่อุณหภูมิ -5 °C

ตัวอย่าง	ผลการทดลอง	รูปการทดลอง
เฮกเซน	ไม่เกิดการแข็งตัว	
เฮกเซน ผสมสารเบต้าแคโรทีน	ไม่เกิดการแยกชั้น	
เฮกเซน ผสม สารละลายที่สกัดได้จากเปลือกปาล์มน้ำมัน	เกิดการแยกชั้นของน้ำมันเกิดขึ้นโดยน้ำมันเกิดการแข็งตัวอยู่ด้านล่าง	

จากผลการทดลองจะพบว่าเมื่อนำเฮกเซนซึ่งใช้เป็นตัวทำละลายไปแช่ที่อุณหภูมิ -5 °C ไม่เกิดการแข็งตัว แต่เมื่อนำน้ำมันไปแช่จะเกิดการแข็งตัว และเมื่อทำการทดลองโดยการนำสารเบต้าแคโรทีนมาตรฐานไปผสมกับเฮกเซน แล้วนำไปแช่เย็นที่

อุณหภูมิ -5 °C พบว่าสารไม่เกิดการแข็งตัว ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเราสามารถแยกน้ำมันออกจากสารกลุ่ม แคโรทีนอยด์ ซึ่งเป็นสารไม่มีขั้วเหมือนกันได้ โดยวิธีการนำไปแช่ที่อุณหภูมิ -5 °C จึงนำสารสกัดที่สกัดได้แล้วนำไประเหยแห้งแต่แห้งไม่สนิทเนื่องจากมีน้ำมันเป็นองค์ประกอบ มาละลายในตัวทำละลายเฮกเซน แล้วนำไปแช่ที่อุณหภูมิ -5 °C พบว่าเกิดการแยกชั้นของชั้นน้ำมัน และสารละลาย ดังแสดงในตารางที่ 1 จึงนำสารละลายส่วนบนไปทำขั้นตอน สปอนนิฟิเคชั่นต่อไป

ปฏิกิริยาสปอนนิฟิเคชั่น เป็นปฏิกิริยาของลิพิด (lipid) เช่น ไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ถูกสลายพันธะเอสเทอร์ด้วยด่าง เช่น โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ จะได้กลีเซอรอลและเกลือของกรดไขมัน หรือสบู่ (soap) ที่เกิดขึ้น ดังนั้นเราสามารถกำจัดไขมันส่วนที่เหลือออกจากสารสกัดได้ด้วยการทำปฏิกิริยาปอนนิฟิเคชั่น

จากการทดลองพบว่าขั้นตอนการแยกไขมันออกด้วยวิธีการแช่เย็นที่อุณหภูมิ ต่ำกว่า -5 °C เมื่อนำสารละลายส่วนบนไประเหยตัวทำละลายออกจะยังคงเหลือน้ำมันบางส่วน และเมื่อนำทำปฏิกิริยาสปอนนิฟิเคชั่นต่อ พบว่าสารที่ได้เกิดการแยกชั้นของสบู่ เมื่อนำไปแช่เย็นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และเมื่อนำมาแยกส่วนในกรวยแยก แล้วนำไประเหยตัวทำละลายออก จะได้ของแข็งที่นำไปทดสอบสารเบต้าแคโรทีนต่อไป ดังแสดงดังภาพที่ 3

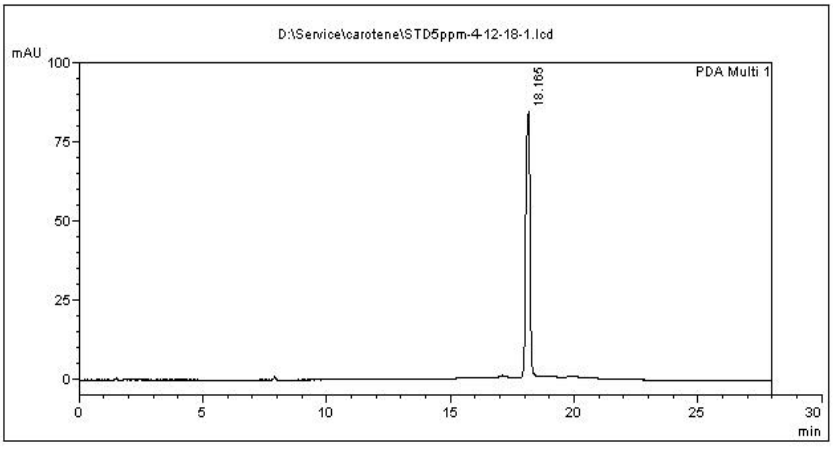


ภาพที่ 3 รูปแสดงสารเบต้าแคโรทีนที่สกัดได้จากเปลือกปาล์มน้ำมันเมื่อทำให้แห้ง

3. ผลการหาปริมาณเบต้าแคโรทีนด้วยเทคนิค HPLC

3.1 ผลการหาค่า Retention time ของสารมาตรฐาน เบต้าแคโรทีน

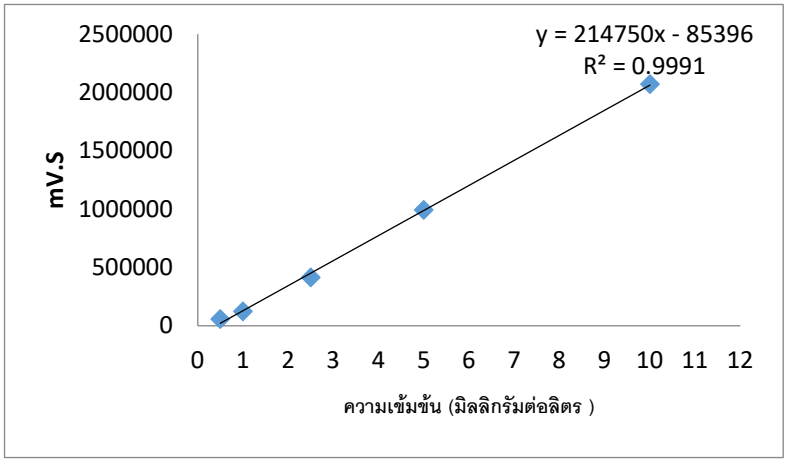
ทำการทดลองด้วยการตั้งสภาวะเครื่องแบบ gradient program โดยใช้ Ultra-pure water เป็นเฟสเคลื่อนที่ A และ Acetone เป็นเฟสเคลื่อนที่ B เมื่อฉีดสารสารละลายมาตรฐานเบต้าแคโรทีน ที่ความเข้มข้น 5 mg/L ปริมาตร 20 µL เข้าเครื่อง HPLC จะได้โครมาโทรแกรมที่มีค่า Retention time ของสารมาตรฐานเบต้าแคโรทีน ขึ้นที่เวลา 18.165 นาที ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงโครมาโทรแกรมของสารละลายมาตรฐานเบต้าแคโรทีน เข้มข้น 5 mg/L

3.2 ผลการสร้างกราฟมาตรฐานของสาร เบต้าแคโรทีน

ทำการเตรียมและฉีดสารละลายมาตรฐานเบต้าแคโรทีน ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันคือ 0.5, 1, 2.5, 5 และ 10 mg/L ฉีดเข้าเครื่อง HPLC ปริมาตร 20 µL นำค่าพื้นที่ใต้กราฟมาสร้างกราฟมาตรฐานเทียบกับความเข้มข้น ได้กราฟมาตรฐานดังภาพที่ 5

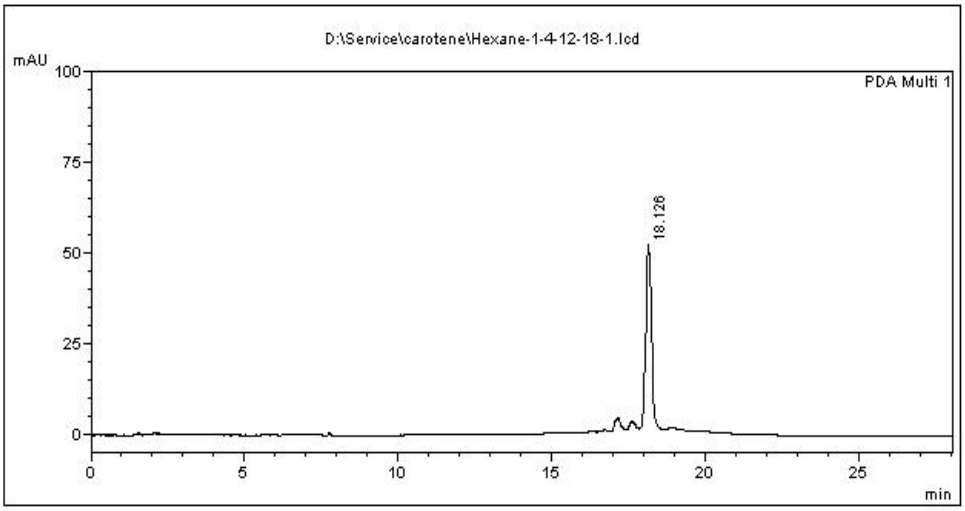


ภาพที่ 5 แสดงกราฟมาตรฐานของสารละลายเบต้าแคโรทีน

จากภาพที่ 5 แสดงกราฟมาตรฐานของสารละลายเบต้าแคโรทีน พบว่าได้สมการ y = 214750x - 85396 ค่า R^2 = 0.9991 สามารถนำสมการดังกล่าวไปหาค่าปริมาณเบต้าแคโรทีน ในสารตัวอย่างต่อไป

3.3 ผลการคำนวณหาปริมาณสารเบต้าแคโรทีน ด้วยวิธี HPLC

ทำการฉีดสารตัวอย่างปริมาณ และสภาวะเดียวกันกับสารละลายมาตรฐานเบต้าแคโรทีน พบว่า สารตัวอย่างเปลือกปาล์มสกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซน และไดคลอโรมีเทน มีค่า Retention time เท่ากับ 18.126 และ18.076 นาที ตามลำดับ ซึ่งมีค่า Retention time ใกล้เคียงกับสารละลายมาตรฐานเบต้าแคโรทีน ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แสดงโครมาโทรแกรมของสารละลายเบต้าแคโรทีน ที่สกัดด้วยเฮกเซน

จากผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในสารตัวอย่างที่ใช้ตัวทำละลายต่างชนิดกัน คือ เฮกเซน และไดคลอโรมีเทน พบว่าได้ปริมาณเบต้าแคโรทีนที่แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าปริมาณเบต้าแคโรทีน ของสารตัวอย่างที่สกัดด้วยตัวทำละลายต่างชนิดกัน

สารสกัดจาก ตัวทำละลาย	ครั้งที่	ปริมาณเบต้าแคโรทีน (mg/kg เปลือกปาล์มแห้ง)	ปริมาณเบต้าแคโรทีนเฉลี่ย (mg/kg เปลือกปาล์มแห้ง)
เฮกเซน	ครั้งที่ 1	20.41	18.97±1.70
	ครั้งที่2	17.10	
	ครั้งที่ 3	19.40	
ไดคลอโรมีเทน	ครั้งที่ 1	11.67	11.41±0.25
	ครั้งที่ 2	11.18	
	ครั้งที่ 3	11.37	

จากผลการทดลองหาปริมาณสารเบต้าแคโรทีนที่สกัดจากเปลือกปาล์มด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิดคือ เฮกเซนและไดคลอโรมีเทน ด้วยเทคนิค HPLC สามารถคำนวณหาปริมาณสารเบต้าแคโรทีนที่สกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซนเฉลี่ยเท่ากับ 18.97 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ของเปลือกปาล์มแห้ง และสารเบต้าแคโรทีนที่สกัดด้วยไดคลอโรมีเทน เฉลี่ยเท่ากับ 11.41 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ของเปลือกปาล์มแห้ง

สรุป

งานวิจัยนี้ได้นำเปลือกปาล์ม ที่ผ่านกระบวนการบีบน้ำมัน มาทำการสกัดสารเบต้าแคโรทีน โดยมีขั้นตอนที่สำคัญ 3 ขั้นตอนคือ 1.การสกัดด้วยตัวทำละลาย 2.การกำจัดน้ำมันออกและระเหยแห้ง และ 3. วิเคราะห์หาปริมาณเบต้าแคโรทีน พบว่าตัวทำละลายที่เหมาะสม คือเฮกเซน และ ไดคลอโรมีเทน สามารถสกัดสารเบต้าแคโรทีนออกมาได้ และเมื่อนำสารละลายที่สกัดได้มาทำการกำจัดน้ำมันออก พบว่าวิธีการแช่เย็นที่อุณหภูมิ ตั้งแต่ -5 องศาเซลเซียสลงไป จะสามารถแยกน้ำมันออกจากสารละลายในตัวทำละลายได้ดี แต่ยังคงมีน้ำมันเหลืออยู่บ้าง และเมื่อทำปฏิกิริยาสปอนนิฟิเคชั่น ต่อจะสามารถกำจัดน้ำมันส่วนที่เหลือออกไปได้หมด จากนั้นเมื่อวิเคราะห์หาปริมาณของสารเบต้าแคโรทีนที่สกัดได้จากตัวทำละลายเฮกเซน และไดคลอโรมีเทน ด้วยเทคนิค HPLC พบว่ามีปริมาณเบต้าแคโรทีน เท่ากับ 18.97±1.70 และ 11.41±0.25 mg/kg ของเปลือกปาล์มแห้ง ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันบ่มเพาะและส่งเสริมเกษตร มหาวิทยาลัยรังสิต ที่ให้การอนุเคราะห์เปลือกปาล์มน้ำมัน และศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยรังสิต ที่สนับสนุนการใช้เครื่องมือ HPLC สำหรับการวิเคราะห์สาร อีกทั้งงานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการสนับสนุนทุนวิจัยจากสถาบันวิจัยมหาวิทยาลัยรังสิต

เอกสารอ้างอิง

1. เลเซอร์วิชั่น สารเบต้าแคโรทีน [อินเตอร์เน็ท]. 2558. [เข้าถึงเมื่อ 6 กุมภาพันธ์ 2562] เข้าถึงได้จาก https://www.laservisionthai.com/health-corner.
2. Budiyanto, B., Silsia, D., Efendi, Z., Janika, R.,. Perubahan Kandungan B-Karoten, Asam Lemak Bebas dan Bilangan Peroksida Minyak Sawit Merah Selama Pemanasan. Agritech, *30*(2), 75-79.,2010
3. Sirinapha Khongcharean. Rapid assessment of beta-carotene content in oil palm fruit. Khon Kaen Agriculture Journal (Thailand). 42 . Suppl. 1. 375-381.
4. พัชรินทร์ ระวียัน และคณะ. การสกัดแคโรทีนอยด์จากน้ำมันปาล์มดิบโดยใช้ตัวทำละลาย ที่อุณหภูมิต่ำเพื่อใช้เป็นสีผสมอาหาร. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.กรุงเทพฯ. 2548.
5. พัชรินทร์ ระวียัน. แคโรทีนอยด์และวิตามินอีจากปาล์มน้ำมัน.ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร.มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ประชาคมวิจัยฉบับที่ 82.

[BS-P24] การเตรียมโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตโดยใช้แป้งเป็นตัวเติมและเร่งปฏิกิริยาด้วยสารประกอบเชิงซ้อน คอปเปอร์-แอมมีน/โพแทสเซียมออกโทเอต

Preparation of Polyisocyanurate Foam by Using Starch as Filler and Catalyted by Copper-Amine Complex/Potassium Octoate

ณิชกานต์ แสงสิงคี[1*] ดวงฤทัย ศรีแดง[2] และ นวลพรรณ จันทรศิริ[1]
Nitchakarn Sangsingkee[1*], Duangruthai Sridaeng[2] and Nuanphun Chantarasiri[1]
[1]ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
[2]ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: mintnichaa@gmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาสารประกอบเชิงซ้อนคอปเปอร์-แอมมีนสำหรับการเตรียมโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตแบบแข็ง โดยใช้แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้าและแป้งถั่วเขียวเป็นตัวเติม เพื่อลดความหนาแน่นของโฟม ทั้งยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิต ศึกษาเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาการโฟมและวัดความหนาแน่นของโฟม ศึกษาเอกลักษณ์ของโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตแบบแข็งด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโตรสโคปีและศึกษาความทนต่อแรงอัดของโฟม จากผลการทดลองพบว่า โฟมพอลิไอโซไซยานูเรตแบบแข็งที่ถูกเตรียมด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาสารประกอบเชิงซ้อนคอปเปอร์-แอมมีนโดยแป้งเป็นตัวเติมนั้นมีค่าความทนทานต่อแรงกดอัดที่ดี คือ เมื่อให้แรงกดในด้านขนาดและด้านตั้งฉากกับการฟูของโฟม พบว่าโฟมไม่แตกและยังมีค่าความหนาแน่นลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตแบบแข็งที่ไม่ใช้แป้งเป็นตัวเติม
คำสำคัญ: *โฟมพอลิไอโซไซยานูเรตแบบแข็ง, สารประกอบเชิงซ้อนคอปเปอร์-แอมมีน, แป้ง, ตัวเติม*

Abstract

This research investigates a synthesis of the copper-amine complex for the preparation of rigid polyisocyanurate (PIR) foams using glutinous rice starch, rice flour, and mung bean starch as fillers in order to reduce the foam density while being environmentally friendly and reduce production costs. The reaction time and foam density were studied. Characterization of rigid PIR foam was done using FTIR spectroscopy and compressive strength of rigid PIR foams was investigated by using compression test. The results showed that rigid PIR foams prepared by copper-amine complex catalysts using starch as a filler had a good compressive strength value in both of parallel and perpendicular to the foam rising direction and showed a lower density when compared with rigid PIR foams that do not use starch as a filler.
Keywords: *rigid polyisocyanurate foams, copper-amine complex, starch, filler*

บทนำ

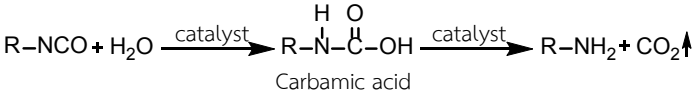
โฟมพอลิไอโซยานูเรตแบบแข็งเป็นวัสดุที่ได้รับการพัฒนามาจากโฟมพอลิยูรีเทน โดยมีสมบัติที่โดดเด่น คือ เป็นฉนวนกันความร้อนอย่างดี สามารถป้องกันการลามไฟและให้ค่าการเกิดควันต่ำกว่าโฟมพอลิยูรีเทน จึงนิยมนำมาใช้ในงานก่อสร้างอาคารบ้านเรือน ยานพาหนะสำหรับขนส่งและบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น การเตรียมโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตสามารถเตรียมได้จากการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันระหว่างสารตั้งต้นพอลิออล (polyol) ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) อย่างน้อย 2 หมู่ กับไอโซไซยาเนต (isocyanate) ที่มีหมู่ไอโซไซยาเนต (-NCO) ในปริมาณมากเกินพอ นอกจากนั้นการเตรียมโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตจะต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับควบคุมการเกิดปฏิกิริยาของโฟม โดยตัวเร่งปฏิกิริยาที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรม คือ ไดเมทิลไซโคลเฮกซิลแอมีน (dimethylcyclohexylamine, DMCHA) ซึ่งตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทเทอเชียรีแอมีน (tertiary amine) สำหรับเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการเกิดเจล (gelling reaction) และการฟู (blowing reaction) นิยมใช้ควบคู่กับโพแทสเซียมออกโทเอต (potassium octoate, KOct) ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการเกิดไตรเมอร์ (trimerization reaction) ของโฟมพอลิไอโซไซยานูเรต โดยตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทเทอเชียรีแอมีนมีข้อเสีย คือ ไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกันกับโพแทสเซียมออกโทเอต โดยขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาหลักมีดังนี้ [1]

ปฏิกิริยาที่ 1 หรือปฏิกิริยาการเกิดเจล (gelling reaction) เป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างหมู่ไอโซไซยาเนตกับหมู่ไฮดรอกซิล ได้ผลิตภัณฑ์เป็นสายโซ่ยูรีเทน (urethane) หรือได้เป็นพอลิยูรีเทน (polyurethane)



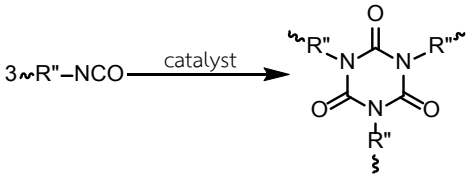
Urethane (1)

ปฏิกิริยาที่ 2 หรือปฏิกิริยาการฟู (blowing reaction) เป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างหมู่ไอโซไซยาเนตกับสารฟู เช่น น้ำ ทำให้ได้กรดคาร์บามิก ซึ่งเป็นสารที่ไม่เสถียรจะแตกตัวให้แอมีนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์



Carbamic acid (2)

ปฏิกิริยาที่ 3 หรือปฏิกิริยาการเกิดไตรเมอร์ (trimerization reaction) เป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างหมู่ไอโซไซยาเนตที่มีมากเกินพอในระบบ ทำให้ได้สายโซ่ของไอโซไซยานูเรตเกิดขึ้นหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าพอลิไอโซไซยานูเรต (polyisocyanurate)



Isocyanurate (3)

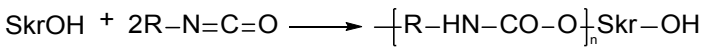
องค์ประกอบหลักของแป้ง คือ พอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคส ได้แก่ อะไมโลส (amylose) เป็นโมเลกุลเชิงเส้น (linear molecule) และอะไมโลเพกทิน (amylopectin) เป็นโมเลกุลที่มีโครงสร้างแบบกิ่ง โดยโครงสร้างของแป้งนั้นประกอบไปด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) จำนวนมากในสายโซ่พอลิเมอร์ ทำให้แป้งสามารถใช้เป็นตัวเติมสำหรับการเตรียมโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตแบบแข็งได้

งานวิจัยที่เกี่ยวกับการเตรียมโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตโดยใช้แป้งเป็นตัวเติม (filler) มีดังนี้

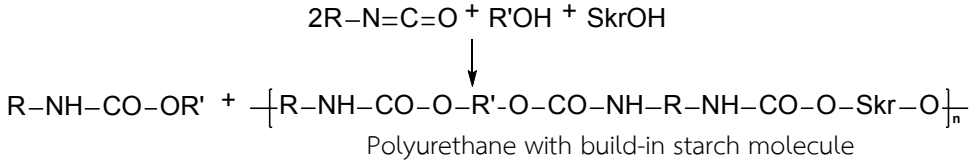
ปี 2010 Czuprynski และคณะ [2] ได้ศึกษาสมบัติของโฟมพอลิโซไซยานูเรตแบบแข็งด้วยการใช้แป้งมันสำปะหลัง (potato starch) เป็นตัวเติม จากการศึกษาพบว่าแป้งมันสำปะหลังทำให้ความหนาแน่นของโฟมลดลง อาจเป็นเพราะโครงสร้างของแป้งที่ประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลสามารถทำปฏิกิริยากับหมู่ไอโซไซยาเนตได้

ในปีเดียวกัน Czuprynski และคณะ [3] ได้เตรียมโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตแบบแข็งโดยใช้แป้งทางอุตสาหกรรม (Starch Master Bi, SkrOH) เป็นตัวเติมในปริมาณ 10 w/w% ควบคู่กับการใช้พอลิออล ตัวเร่งปฏิกิริยาการเกิดไตรเมอร์ที่ใช้ คือ โพแทสเซียมแอซิ-เตท ตัวเร่งปฏิกิริยาการเกิดเจลและการฟูที่ใช้ คือ ไตรเอทิลีนไดเอมีน พบว่าแป้งสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับไอโซ-ไซยาเนตได้ที่อุณหภูมิห้อง (ภาพที่ 1) และโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตแบบแข็งที่ใช้แป้งเป็นตัวเติมสามารถเกิดขึ้นได้จากปฏิกิริยาระหว่างพอลิไอโซ-ไซยานูเรต (R-NCO) พอลิออล (R'-OH) และแป้ง (SkrOH) (ภาพที่ 2) นอกจากนั้นโมเลกุลของแป้งที่อยู่ในสายโซ่พอลิยูรีเทนยังส่งผลให้โฟมพอลิไอโซไซยานูเรตมีความหนาแน่นที่ลดลงอีกด้วย

งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะเตรียมโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตแบบแข็งจากการสังเคราะห์สารประกอบเชิงซ้อนคอปเปอร์-แอมมีน (copper-ammine) เพื่อเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งมีข้อดี คือ ตัวเร่งปฏิกิริยานี้สามารถละลายเป็นเนื้อเดียวกันกับโพแทสเซียมออกโทเอตได้ดี โดยใช้แป้งที่ผลิตขึ้นในประเทศไทย คือ แป้งข้าวเหนียว (glutinous rice starch) แป้งข้าวเจ้า (rice flour) และแป้งถั่วเขียว (mung bean starch) เป็นตัวเติม โดยการผันแปรปริมาณแป้งแต่ละชนิดเทียบกับปริมาณพอลิออล เพื่อลดความหนาแน่นและลดต้นทุนการผลิตของโฟม



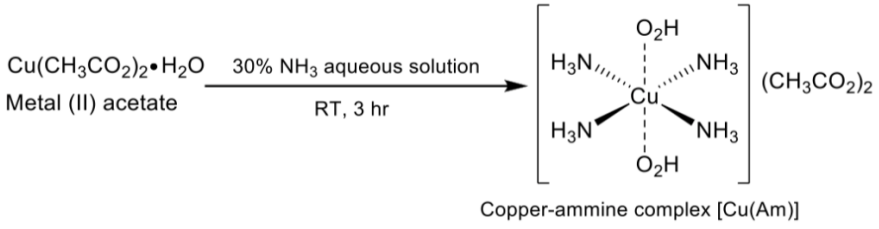
ภาพที่ 1 ปฏิกิริยาระหว่างแป้งและไอโซไซยาเนต [3]



ภาพที่ 2 ปฏิกิริยาระหว่างไอโซไซยาเนต พอลิออลและแป้ง [3]

วิธีดำเนินการวิจัย

1. สังเคราะห์สารประกอบเชิงซ้อนคอปเปอร์-แอมมีนจากคอปเปอร์แอซิเตทและแอมโมเนียในน้ำ โดยใช้ขั้นตอนการสังเคราะห์ตามเอกสารอ้างอิง [4] (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 การสังเคราะห์สารประกอบเชิงซ้อนคอปเปอร์-แอมมีน

2. เตรียมโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตแบบแข็งด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาคอปเปอร์-แอมมีนและโพแทสเซียมออกโทเอต โดยใช้แป้งเป็นตัวเติม ซึ่งขั้นตอนการเตรียมจะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 การผสมระหว่างพอลิออล (Polimaxx® 4221), แป้ง (filler), ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้จากข้อ 1 ซึ่งเป็นสารละลายของ Cu(Am) ในน้ำ และน้ำทำหน้าที่เป็นสารฟู และสารลดแรงตึงผิว (Tegostab® B8460) จากนั้นในขั้นตอนที่ 2 จะนำของผสมที่ได้จากขั้นตอนแรกมาผสมกับพอลิเมอริค-ไดฟีนิลมีเทนไดไอโซไซยาเนต (PMDI: B9001®) โดยใช้เครื่องกวนแบบกล (mechanical stirrer) กวนที่ความเร็ว 2000 รอบต่อนาที (rpm) ซึ่งสัดส่วนของสารที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา (ตารางที่ 1) โดยตัวแปรที่ใช้เพื่อทำการศึกษา คือ ปริมาณของแป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้าและแป้งถั่วเขียว ในปริมาณ 10 w/w% เมื่อเทียบกับพอลิออลและดัชนีของไอโซไซยา-เนตเท่ากับ 200 และ 250

ตารางที่ 1 สูตรผสมการเตรียมโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตแบบแข็ง

Chemicals	Weight (pbw)
Polyether polyol (Polimaxx® 4221; OH value = 440 mg of KOH/g)	100.0
Starch (10 w/w%)	10.0
Copper-ammine complex Potassium octoate catalyst (KOct, Dabco® K-15, 70 wt% in diethylene glycol)	0.5 3.0
H_2O (blowing agent)	4.0
Silicone surfactant (polysiloxane,Tegostab® B8460)	2.5
Polymeric diphenylmethane diisocyanate (PMDI) (B9001®; %NCO = 31.0; functionality = 2.7) (NCO Index = 200 and 250)	303.6, 379.5

เมื่อสารผสมเป็นเนื้อเดียวกันแล้วจะจับเวลาที่ใช้ในการเกิดโฟมพอลิไอโซไซยานูเรต ซึ่งสามารถแบ่งออกป็น 4 ช่วง คือ เวลาที่สารผสมเป็นครีม (cream time) เวลาที่สารผสมเป็นเจล (gel time) เวลาที่โฟมหยุดปฏิกิริยาการฟู (rise time) และเวลาที่ผิวโฟมไม่เกาะติดกับวัสดุสัมผัส (tack free time) ศึกษา NCO conversion และ rise profile ในการเกิดโฟม พอลิไอโซไซยานูเรต และทดลองเตรียมโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตในถ้วยกระดาษที่มีปริมาตร 750 มิลลิลิตร และแม่พิมพ์ขนาด 10 x 10 x 10 cm

3. พิสูจน์เอกลักษณ์ของโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตโดยใช้เทคนิค FT-IR Spectroscopy ศึกษาความหนาแน่นของโฟม [ASTM D1622-03] และศึกษาความทนทานต่อแรงอัด (compressive strength) [ASTM D1621-04]

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

สมบัติโดยทั่วไปของโฟมพอลิโซไซยานูเรต คือ เป็นโฟมที่มีความแข็งแรง ทนต่อการลามไฟแต่เปราะหักง่ายและมีค่าความหนาแน่นสูงเมื่อถูกเตรียมที่ดัชนีไอโซไซยาเนตที่สูง จึงส่งผลให้โฟมพอลิไอโซไซยานูเรตที่มีความหนาแน่นสูงไม่ถูกนิยมนำมาใช้งาน จากการเตรียมโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตแบบแข็งโดยใช้แป้งข้าวเหนียวเป็นตัวเติมที่ปริมาณ 5 w/w% และ 10 w/w% ที่ดัชนีโซไซ-ยาเนตเท่ากับ 200 พบว่าการเติมแป้งข้าวเหนียวในปริมาณ 5 w/w% นั้นไม่ส่งผลกระทบต่อความหนาแน่นของโฟม เมื่อ

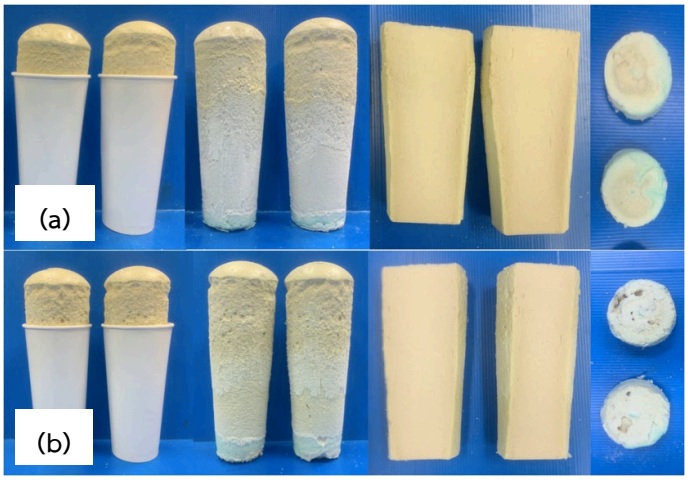
เปรียบเทียบกับโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตแบบแข็งที่ถูกเติมด้วยแป้งข้าวเหนียวในปริมาณ 10 w/w% นั้นส่งผลให้โฟมมีความสูงที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นเมื่อความสูงของโฟมเพิ่มขึ้นจึงสามารถช่วยให้ความหนาแน่นของโฟมลดลง (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ความหนาแน่นและความสูงของโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตเมื่อเติมแป้งข้าวเหนียวปริมาณ 5 w/w% และ 10 w/w% ที่ดัชนีไอโซไซยาเนต 200

PIR Foams	NCO Index	Density (g/cm^3)	Height (cm)*
Reference foam (without starch)	200	41.7 ± 1.6	19.6 ± 0.5
Foam with glutinous rice starch 5%	200	41.4 ± 2.3	19.3 ± 0.3
Foam with glutinous rice starch 10%	200	39.9 ± 1.6	20.9 ± 0.2

*ความสูงของโฟมที่เตรียมในถ้วยกระดาษปริมาตร 750 มิลลิลิตร

เมื่อศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตที่เติมแป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้าและแป้งถั่วเขียวในปริมาณ 10 w/w% ที่ดัชนีไอโซไซยาเนต 200 และ 250 พบว่าระยะเวลาในการปฏิกิริยาของโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตแบบแข็งจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของแป้งและดัชนีไอโซไซยาเนตเพิ่มขึ้น โดยแป้งทั้ง 3 ชนิดสามารถลดความหนาแน่นของโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตแบบแข็งได้ในค่าที่ใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 3) ทั้งนี้ลักษณะภายนอกของโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตที่เติมด้วยแป้งทั้ง 3 ชนิด ที่ดัชนีไอโซไซยาเนต 200 จะมีเนื้อละเอียด มีความแข็งแรงและไม่มีรูพรุนบริเวณด้านล่างของโฟม ซึ่งแตกต่างจากโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตที่ดัชนีไอโซไซยาเนต 250 โดยพบว่าเนื้อโฟมจะมีความเปราะและมีรูพรุนบริเวณด้านล่างของโฟม (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 ลักษณะของโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตเมื่อเติมแป้งข้าวเหนียว 10 w/w% ที่ดัชนีไอโซไซยาเนต (a) 200 และ (b) 250

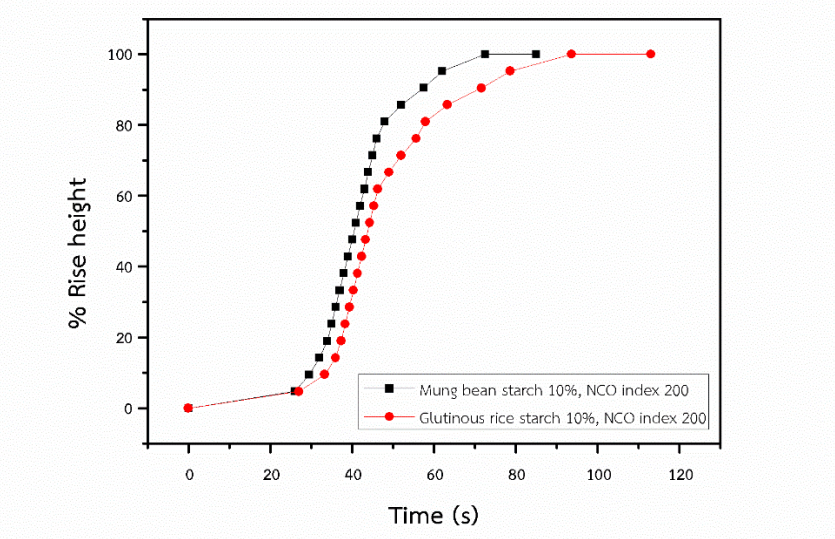
ตารางที่ 3 ระยะเวลาการเกิดปฏิกิริยา ความสูง ความหนาแน่นและ PIR/PUR ของโฟมพอลิไอโซไซยานูเรต

PIR foams	NCO Index	Cream time (s)	Gel time (s)	Rise time (s)	Tack free time (s)	Height* (cm)	Density (g/cm^3)	PIR/PUR
Reference foam (without starch)	200	21 ± 0	27 ± 0	66 ± 1	50 ± 0	19.6 ± 0.5	41.7 ± 1.9	1.72 ± 0.12
	250	23 ± 0	31 ± 0	109 ± 2	92 ± 1	20.0 ± 0.0	49.4 ± 0.8	-
Foam with glutinous rice starch 10%	200	24 ± 0	31 ± 1	98 ± 1	76 ± 1	20.9 ± 0.2	39.9 ± 1.6	1.53 ± 0.07
	250	24 ± 0	36 ± 0	139 ± 0	160 ± 1	20.8 ± 0.4	48.5 ± 0.9	-
Foam with Rice flour 10%	200	24 ± 0	27 ± 0	84 ± 1	66 ± 0	20.3 ± 0.3	39.0 ± 2.5	1.36 ± 0.08
	250	24 ± 0	35 ± 0	133 ± 1	155 ± 1	20.3 ± 0.4	48.7 ± 1.4	-
Foam with mung bean starch 10%	200	24 ± 0	27 ± 0	80 ± 0	64 ± 1	20.2 ± 0.3	38.4 ± 2.2	1.48 ± 0.10
	250	24 ± 0	34 ± 1	120 ± 0	130 ± 0	21.0 ± 0.0	46.7 ± 1.0	-

*ความสูงของโฟมที่เตรียมในถ้วยกระดาษปริมาตร 750 มิลลิลิตร

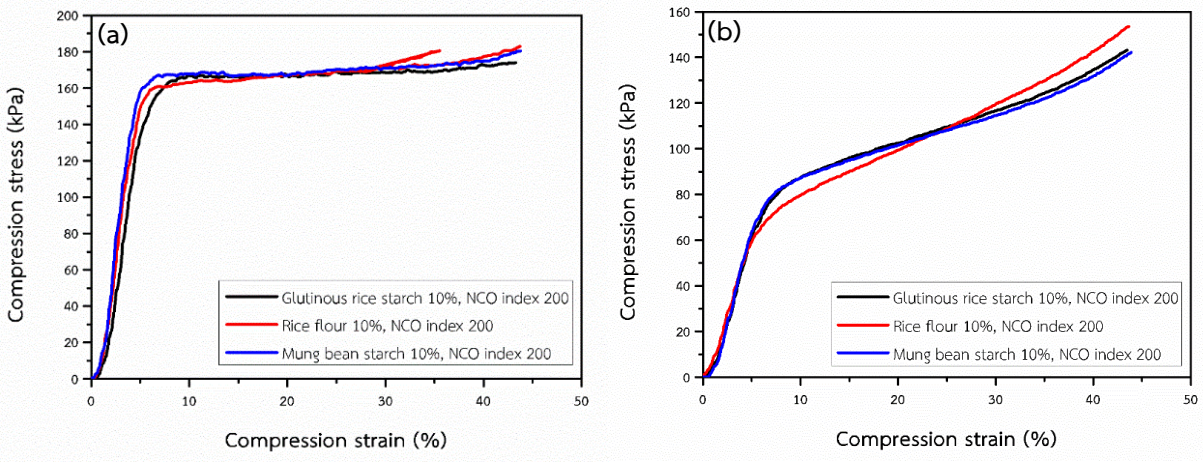
พิสูจน์เอกลักษณ์ของโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตโดยใช้เทคนิค FTIR spectroscopy จะเลือกโฟมที่เติมด้วยแป้ง 10 w/w% และดัชนีไอโซไซยาเนตเท่ากับ 200 มาใช้ในการศึกษาเนื่องจากเป็นปริมาณที่สามารถเตรียมโฟมได้ลักษณะภายนอกและความหนาแน่นที่ดีที่สุด จาก FTIR spectrum พบว่าพีคที่ตำแหน่ง 2277 cm^{-1} ซึ่งแสดงหมู่ไอโซไซยาเนต (-NCO) ในสารตั้งต้น PMDI มีความเข้ม (intensity) ลดลง อัตราส่วนของหมู่ฟังก์ชันยูรีเทนที่เกิดปฏิกิริยากับหมู่ฟังก์ชันไอโซไซยาเนตสามารถพิสูจน์ได้จากอัตราส่วนพื้นที่ใต้พีคพอลิไอโซไซยานูเรต (PIR) ที่ตำแหน่ง 1415 cm^{-1} ต่อพื้นที่ใต้พีคพอลิยูรีเทน (PUR) ที่ตำแหน่ง 1222 cm^{-1}

จากการศึกษาอัตราการฟูของโฟม (rise profile) พบว่าอัตราการฟูของโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตที่เติมด้วยแป้งข้าวเหนียวจะมีอัตราการฟูของโฟมที่นานกว่าพอลิโฟมไอโซไซยานูเรตที่เติมด้วยแป้งถั่วเขียว (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 อัตราการฟูของโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตที่เติมแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียวปริมาณ 10 w/w% ที่ดัชนีไอโซไซยาเนตเท่ากับ 200

ศึกษาความทนทานต่อแรงกดอัด (compressive strength) ของโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตที่เติมแป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้าและแป้งถั่วเขียวปริมาณ 10 w/w% ที่ดัชนีไอโซไซยาเนตเท่ากับ 200 มีความทนทานต่อแรงกดอัดที่ดี คือ โฟมไม่มีการแตกหักระหว่างการให้แรงกด โดยการให้แรงกดในด้านขนาน (parallel) กับการฟูของโฟม พบว่าโฟมที่เติมด้วยแป้งถั่วเขียว แป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวเจ้า มีค่าความทนต่อแรงกดอัดที่ใกล้เคียงกัน คือ 168.1 ± 5.6 kPa 166.7 ± 12.6 kPa และ 163.8 ± 1.9 kPa ตามลำดับ (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 6 ความทนทานต่อแรงกดอัดของโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตที่ให้แรงใน (a) ด้านขนานและ (b) ด้านตั้งฉากกับการฟูของโฟม

เมื่อให้แรงกดในด้านตั้งฉาก (perpendicular) กับการฟูตัวของโฟม พบว่าโฟมที่เติมด้วยแป้งข้าวเหนียวและแป้งถั่วเขียวจะมีค่าความทนต่อแรงกดอัดที่ใกล้เคียงกัน คือ 89.5 ± 4.6 kPa และ 89.0 ± 5.0 kPa ตามลำดับ โดยโฟมที่ถูกเติมด้วยแป้งข้าวเจ้าจะมีค่าความทนต่อแรงอัดที่ต่ำกว่าเล็กน้อย คือ 81.9 ± 5.4 kPa (ภาพที่ 6)

สรุป

ผลการทดลองของการเตรียมโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตแบบแข็งที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาสารประกอบเชิงซ้อนคอปเปอร์-แอมมีน พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาดังกล่าวสามารถใช้เร่งปฏิกิริยาในการเตรียมโฟมได้ และเมื่อนำแป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้าและแป้งถั่วเขียวมาใช้เป็นตัวเติมนั้นมีข้อดี คือ สามารถทำให้ความหนาแน่นของโฟมพอลิไอโซไซยานูเรตแบบแข็งลดลงและยังคงมีค่าความทนทานต่อแรงกดอัดที่ดี จึงเหมาะสมในการนำไปใช้งานเป็นฉนวนกันความร้อน เนื่องจากมีน้ำหนักลดลงและยังมีความแข็งแรง โดยอัตราส่วนที่ดีที่สุดของแป้งและดัชนีไอโซไซยาเนตที่ใช้ในการเตรียมโฟม คือ แป้งแต่ละชนิดในปริมาณ 10 w/w% และดัชนีไอโซไซยาเนตเท่ากับ 200

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์สารตั้งต้นและสารเคมีจากบริษัท ไออาร์พีซี จำกัด (มหาชน) [iRPC Public Company Limited] และเครื่องร่อนแป้งขนาด 400 mesh ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

เอกสารอ้างอิง

1. Ashida K. Polyurethane and related foams: chemistry and technology. New York: CRC press 2006.
2. Czprynski B, Paciorek-Sadowska J, Liszkowska J. Properties of rigid polyurethane-polyisocyanurate foams modified with the selected fillers. Journal of Applied Polymer Science. 2010;115:2460-69.
3. Czuprynski B, Liszkowska J, Paciorek-Sadowska J. Glycolysis of the Rigid PUR-PIR Foam Modified with Starch. Journal of Applied Polymer Science. 2012;126:44-53.
4. Sukkaneewat B, Sridaeng D, Chantarasiri N. Fully Water-Blown Polyisocyanurate-Polyurethane Foams with Improved Mechanical Properties Prepared from Aqueous Solution of Gelling/Blowing and Trimerization Catalyst e-Polymers. 2019, in press.

[BS-P25] การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง

Determination of Heavy Metals in Soybean Products

ณพัฐอร บัวฉุน*
Napattaorn Buachoon*
สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ ปทุมธานี 13180
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: napattaorn@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง ด้วยเทคนิค ICP-OES และเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักในผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองแต่ละชนิด ได้แก่ นมถั่วเหลือง ซอสถั่วเหลือง เต้าเจี้ยว โดยเทคนิค ICP-OES ทำการเก็บตัวอย่าง จำนวน 30 ตัวอย่าง มาจากตลาดไท อ. คลองหลวง จ. ปทุมธานี ผลจากการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก 4 ชนิด คือ ตะกั่ว ทองแดง สารหนู และแคดเมียม ในผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง 5 ชนิด ได้แก่ นมถั่วเหลือง ซอสถั่วเหลือง เต้าเจี้ยว เต้าหู้ และฟองเต้าหู้ พบว่าในน้ำนมถั่วเหลืองจะพบโลหะจากตะกั่วมากที่สุด โดยจะพบในช่วง 0.068-0.007 ppm เต้าเจี้ยวจะพบโลหะจากตะกั่วมากที่สุด โดยจะพบในช่วง 0.089-0.154 ppm ซอสถั่วเหลืองจะพบโลหะจากตะกั่วมากที่สุดโดยจะพบในช่วง 0.042-0.024 ppm เต้าหู้จะพบโลหะจากแคดเมียม มากที่สุด โดยจะพบในช่วง 0.009-0.016 ppm และเต้าหู้จะพบโลหะจากตะกั่วมากที่สุด โดยจะพบในช่วง 0.011-0.018 ppm จากผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง ได้แก่ นมถั่วเหลือง ซอสถั่วเหลือง เต้าเจี้ยว พบว่า ปริมาณตะกั่ว ทองแดง สารหนู และแคดเมียมอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

คำสำคัญ: *โลหะหนัก, ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง, ไอซีพี-โออีเอส*

Abstract

The determination of heavy metals in soybean products aims to analyze heavy metal content in soybean products with ICP-OES technique and to compare heavy metal amounts in soy products such as soy milk, soy sauce, soybean paste, by ICP-OES technique. The sample collected 30 samples from the Talad Thai market Khlong Luang. The result for analysis 4 types of heavy metals, such as lead, copper, arsenic, and cadmium in soybean products 5 types of soy products such as soy sauce, soybean, tofu, and tofu bubbles found in soy milk, the most lead metal is found in the range of 0.068-0.007 ppm. The soybean will find the most lead metal, which is found in the range of 0.089-0.154 ppm. It will be found in the range of 0.009-0.016 ppm, and tofu will find the most lead metal, which is found during the 0.011-0.018 ppm. The analysis results show in the safe standard value for heavy metal content in soy products, including soy milk, soy sauce, soybean, and fermented content.

Keywords: *heavy metals, soybean products, ICP-OES*

บทนำ

ปัจจุบันมนุษย์ใช้โลหะหนักมากมายหลายประเภทและหลายรูปแบบ ทั้งในชีวิตประจำวันและในอุตสาหกรรม นอกจากนี้ยังสามารถพบโลหะหนักได้โดยทั่วไปตามธรรมชาติ แม้ว่าจะทราบว่าโลหะหนักเป็นอันตรายต่อสุขภาพแต่มีการนำมาใช้ประโยชน์อย่างหลายหลายในอุตสาหกรรม และในชีวิตประจำวัน โดยโลหะหนักที่ใช้ในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่เป็นพวกตะกั่ว (Pb) และแคดเมียม (Cd) โลหะหนักเหล่านี้เมื่อนำมาใช้ประโยชน์แล้วการกำจัดทิ้งอาจจะปนเปื้อนออกมาได้หลากหลายรูปแบบ เช่น การปนเปื้อนมากับการปล่อยน้ำเสียทิ้ง หรือการปล่อยเขม่าควันจากโรงงานอุตสาหกรรม ทำให้โลหะหนักกระจายอยู่ในอากาศ ดิน น้ำ พืช และเครื่องอุปโภค บริโภคในครัวเรือนดังนั้นทำให้เกิดการสะสมของโลหะหนักได้ทั้ง ในดิน น้ำ อากาศ และอาหารได้ จึงเป็นสาเหตุทำให้คนมีโอกาสได้รับพิษจากโลหะหนักเพิ่มมากขึ้น ถึงแม้อาจจะได้รับในปริมาณน้อย แต่ก็ทำให้พิษที่ได้รับเข้าไปสะสมในร่างกายได้ และเมื่อเกิดการสะสมมากๆอาจก่อให้เกิดอันตรายได้ [(1), (2)]

ถั่วเหลืองจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญและบทบาทต่ออุตสาหกรรม ได้แก่ อุตสาหกรรมน้ำมันพืช อาจกล่าวได้ว่าเมล็ดถั่วเหลืองเป็นพืชน้ำมันที่ค้าขายกันมากทั้งตลาดในประเทศและตลาดโลก สำหรับในอุตสาหกรรมอาหารนั้นถั่วเหลืองนำมาใช้ประโยชน์ในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อใช้บริโภคเป็นที่รู้จักกันดีคือ แป้งถั่วเหลือง น้ำมันถั่วเหลือง ถั่วต้มญี่ปุ่น ซอสปรุงรส เต้าหู้ นมถั่วเหลือง เต้าเจี้ยว ฟองเต้าหู้ และเนื้อสัตว์เทียม เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากถั่วเหลืองมีประโยชน์ เช่น ให้โปรตีน และไขมันซึ่งเป็นประโยชน์แก่ร่างกาย จากประโยชน์ของถั่วเหลืองจึงทำให้อุตสาหกรรมการแปรรูปถั่วเหลืองได้ขยายตัวอย่างรวดเร็ว พบว่า ปี พ.ศ. 2558 ประเทศไทยนำเข้าถั่วเหลืองจากต่างประเทศ จำนวน 2,557,384 ตัน มูลค่า 38,338 ล้านบาท โดยส่วนใหญ่นำเข้าจากประเทศบราซิล ร้อยละ 69.0 รองลงมา ได้แก่ สหรัฐอเมริกา ร้อยละ 22.0 โดยสัดส่วนการนำเข้ามาใช้ได้แก่ สกัดเป็นน้ำมัน ร้อยละ 84.0 อาหารสัตว์ ร้อยละ 13.0 และแปรรูปอาหาร ร้อยละ 3.00 และประเทศไทยนำเข้ากากถั่วเหลืองอันดับที่ 4 รองจากสหภาพยุโรป อินโดนีเซีย และเวียดนาม มีปริมาณ 3.05 ล้านตัน เพิ่มขึ้นจาก 3.00 ล้านตัน ในปี พ.ศ. 2557-2558 ร้อยละ 1.67 [(3)]

ถั่วเหลืองนอกจากจะเป็นพืชที่มีไขมันสูง แต่มีโอกาสที่จะสะสมโลหะได้สูงกว่าพืชชนิดอื่นๆ ทำให้มีความเสี่ยงในการพบโลหะหนักในเมล็ดถั่วเหลืองสูงกว่าค่ามาตรฐานทั่วไป [(4)] จนเป็นที่วิตกกังวลกันว่า หากมีการปลูกถั่วเหลืองที่ใช้ปลูกเพื่อการขยายพันธุ์ ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนของโลหะหนัก โดยเฉพาะโลหะหนัก เช่น ตะกั่วทองแดง สารหนู และแคดเมียม ซึ่งโลหะหนักส่วนใหญ่จะมีผลต่อระบบการทำงานของร่างกาย ระบบหายใจ ระบบการทำงานของอวัยวะภายในและระบบประสาทซึ่งจะทำให้เกิดอาการอ่อนเพลีย อาจทำให้เสียชีวิตได้ และเมื่อนำถั่วเหลืองที่ใช้ปลูกเพื่อการขยายพันธุ์มาให้เกษตรกรนำมาปลูกต่อๆ ไปจะส่งผลกระทบอย่างไรบ้าง จากเหตุผลดังกล่าวจึงเป็นที่มาของความสนใจในการศึกษาวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักบางชนิดในผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง ได้แก่ น้ำนมถั่วเหลือง เต้าเจี้ยว ซอสถั่วเหลือง ฟองเต้าหู้ และเต้าหู้ โดยใช้เครื่อง Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometer (ICP - OES) ซึ่งเป็นเครื่องวิเคราะห์หาปริมาณธาตุต่างๆ พร้อมกันได้หลายชนิด และสามารถวิเคราะห์หาธาตุต่างๆ ได้พร้อมกันในคราวเดียว โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่ว ทองแดง สารหนู และแคดเมียมในผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง ได้แก่ น้ำนมถั่วเหลือง เต้าเจี้ยว ซอสถั่วเหลือง ฟองเต้าหู้ และเต้าหู้ โดยเทคนิค ICP – OES เพื่อทราบถึงปริมาณตะกั่วและแคดเมียมในผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองบางประเภท และเป็นข้อมูลพื้นฐานทางโภชนาการเพื่อใช้พิจารณาบริโภคผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองบางประเภทต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเก็บตัวอย่าง

ผู้วิจัยได้เก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองจากตลาดไท อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองที่นำมาวิจัย ได้แก่ น้ำนมถั่วเหลือง เต้าเจี้ยว ซอสถั่วเหลือง ฟองเต้าหู้ และเต้าหู้ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการรองรับมาตรฐาน โดยผู้วิจัยทำการเก็บกลุ่มตัวอย่างแบบจำเพาะเจาะจง ในแต่ละตัวอย่างจะทำการเก็บตัวอย่างแต่ละยี่ห้อที่แตกต่างกัน

ผลิตภัณฑ์	ยี่ห้อ	ร้านค้า	ผลิตภัณฑ์	ยี่ห้อ	ร้านค้า	ผลิตภัณฑ์	ยี่ห้อ	ร้านค้า
น้ำนมถั่วเหลือง 1	ยี่ห้อที่ 1	ร้านที่ 1	เต้าเจี้ยว 1	ยี่ห้อที่ 1	ร้านที่ 1	เต้าหู้ 1	ยี่ห้อที่ 1	ร้านที่ 1
น้ำนมถั่วเหลือง 2	ยี่ห้อที่ 2	ร้านที่ 2	เต้าเจี้ยว 2	ยี่ห้อที่ 2	ร้านที่ 2	เต้าหู้ 2	ยี่ห้อที่ 2	ร้านที่ 2
น้ำนมถั่วเหลือง 3	ยี่ห้อที่ 3	ร้านที่ 3	เต้าเจี้ยว 3	ยี่ห้อที่ 3	ร้านที่ 3	เต้าหู้ 3	ยี่ห้อที่ 3	ร้านที่ 3
น้ำนมถั่วเหลือง 4	ยี่ห้อที่ 4	ร้านที่ 4	เต้าเจี้ยว 4	ยี่ห้อที่ 4	ร้านที่ 4	เต้าหู้ 4	ยี่ห้อที่ 4	ร้านที่ 4
น้ำนมถั่วเหลือง 5	ยี่ห้อที่ 5	ร้านที่ 5	เต้าเจี้ยว 5	ยี่ห้อที่ 5	ร้านที่ 5	เต้าหู้ 5	ยี่ห้อที่ 5	ร้านที่ 5
น้ำนมถั่วเหลือง 6	ยี่ห้อที่ 6	ร้านที่ 6	เต้าเจี้ยว 6	ยี่ห้อที่ 6	ร้านที่ 6	เต้าหู้ 6	ยี่ห้อที่ 6	ร้านที่ 6
ซอสถั่วเหลือง 1	ยี่ห้อที่ 1	ร้านที่ 1	ฟองเต้าหู้ 1	ยี่ห้อที่ 1	ร้านที่ 1			
ซอสถั่วเหลือง 2	ยี่ห้อที่ 2	ร้านที่ 2	ฟองเต้าหู้ 2	ยี่ห้อที่ 2	ร้านที่ 2			
ซอสถั่วเหลือง 3	ยี่ห้อที่ 3	ร้านที่ 3	ฟองเต้าหู้ 3	ยี่ห้อที่ 3	ร้านที่ 3			
ซอสถั่วเหลือง 4	ยี่ห้อที่ 4	ร้านที่ 4	ฟองเต้าหู้ 4	ยี่ห้อที่ 4	ร้านที่ 4			
ซอสถั่วเหลือง 5	ยี่ห้อที่ 5	ร้านที่ 5	ฟองเต้าหู้ 5	ยี่ห้อที่ 5	ร้านที่ 5			
ซอสถั่วเหลือง 6	ยี่ห้อที่ 6	ร้านที่ 6	ฟองเต้าหู้ 6	ยี่ห้อที่ 6	ร้านที่ 6			

2. การเตรียมตัวอย่าง

2.1 นำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากถั่วเหลืองมาปั่นให้ละเอียด นำมา 10 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ 100 มิลลิลิตร สำหรับฟองเต้าหู้ นำมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ และปั่นให้ละเอียด นำมา 10 มิลลิลิตร

2.2 ตัวอย่างแต่ละชนิดเติมกรดไนตริกเข้มข้น 15 มิลลิลิตร ปิดปากบีกเกอร์ด้วยกระจกนาฬิกา ทิ้งไว้ 5 นาที

2.3 นำไปให้ความร้อน ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ในตู้ดูดควัน รอจนตัวอย่างถูกย่อยอย่างสมบูรณ์จนหมด ทิ้งไว้ให้เย็น

2.4 เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 10 มิลลิลิตร ย่อยจนเหลือประมาณ 5 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เย็น

2.5 นำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 เพื่อกำจัดตะกอนออก ล้างตะกอนด้วยน้ำปราศจากไอออนประมาณ 3 ครั้ง

2.6 ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออน 25 มิลลิลิตร

2.7 นำตัวอย่างที่เตรียมได้ไปวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักด้วยเทคนิค ICP – OES โดยแต่ละตัวอย่างทำซ้ำ 3 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ย

3. วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง

3.1 การศึกษากราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานโลหะหนัก

3.1.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานของตะกั่วทองแดง สารหนู และแคดเมียม

1) สารละลายมาตรฐานตะกั่วเข้มข้น 0, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0 และ 5.0 พีพีเอ็ม

2) สารละลายมาตรฐานทองแดงเข้มข้น 0, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0 และ 5.0 พีพีเอ็ม

3) สารละลายมาตรฐานสารหนูเข้มข้น 0, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0 และ 5.0 พีพีเอ็ม

4) สารละลายมาตรฐานแคดเมียมเข้มข้น 0, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0 และ 5.0 พีพีเอ็ม

3.1.2 ใช้น้ำกลั่นเป็นสารละลาย Blank ทำการวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของสารละลายมาตรฐาน

3.2 การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง

3.2.1 เตรียมสารละลาย Blank สำหรับตัวอย่างผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง

1) ปิเปตน้ำกลั่นแบบปราศจากไอออน 10 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ 100 มิลลิลิตร

2) เติมกรดไนตริกเข้มข้น 15 มิลลิลิตร ปิดปากบีกเกอร์ด้วยกระจกนาฬิกา ทิ้งไว้ 5 นาที

3) นำไปให้ความร้อน ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ในตู้ดูดควัน รอจนตัวอย่างถูกย่อยอย่างสมบรูณ์จนหมด ทิ้งไว้ให้เย็น

4) เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 10 มิลลิลิตร ย่อยจนเหลือประมาณ 5 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เย็น

5) นำไปกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 เพื่อกำจัดตะกอนออก ล้างตะกอนด้วยน้ำปราศจากไอออนประมาณ 3 ครั้ง

6) ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออน 25 มิลลิลิตร

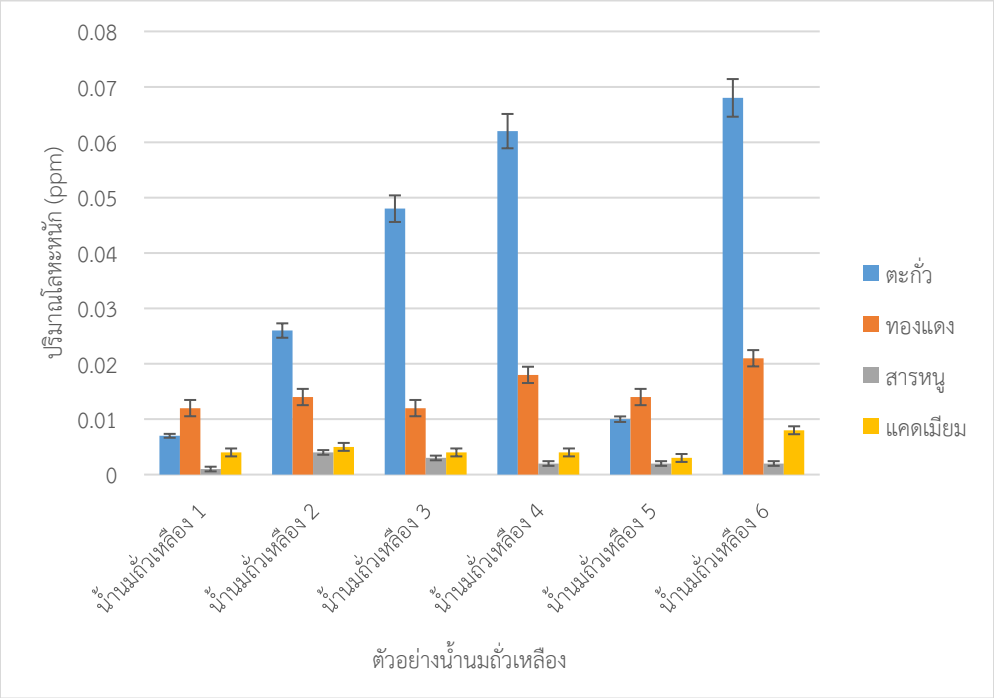
7) นำตัวอย่างที่เตรียมได้ไปวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักด้วยเทคนิค ICP – OES

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักบางชนิดในผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง ได้แก่ น้ำนมถั่วเหลือง เต้าเจี้ยว ซอสถั่วเหลือง ฟองเต้าหู้ และเต้าหู้ ด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometer (ICP - OES) ซึ่งเป็นวิธีที่แม่นยำ สามารถที่จะวิเคราะห์ได้ทีเดียวหลายๆธาตุ ค่าที่ได้จะนำมาเทียบกับสารละลายมาตรฐานซึ่งมีความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับค่าการดูดกลืนแสงเป็นเส้นตรงโดยพบว่า กราฟทุกเส้นมีค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับหรือมากกว่า 0.9998

1. ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำนมถั่วเหลืองโดยเทคนิค ICP-OES

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักตะกั่ว ทองแดง สารหนู และแคดเมียมในน้ำนมถั่วเหลือง แสดงผลดังรูปที่ 1

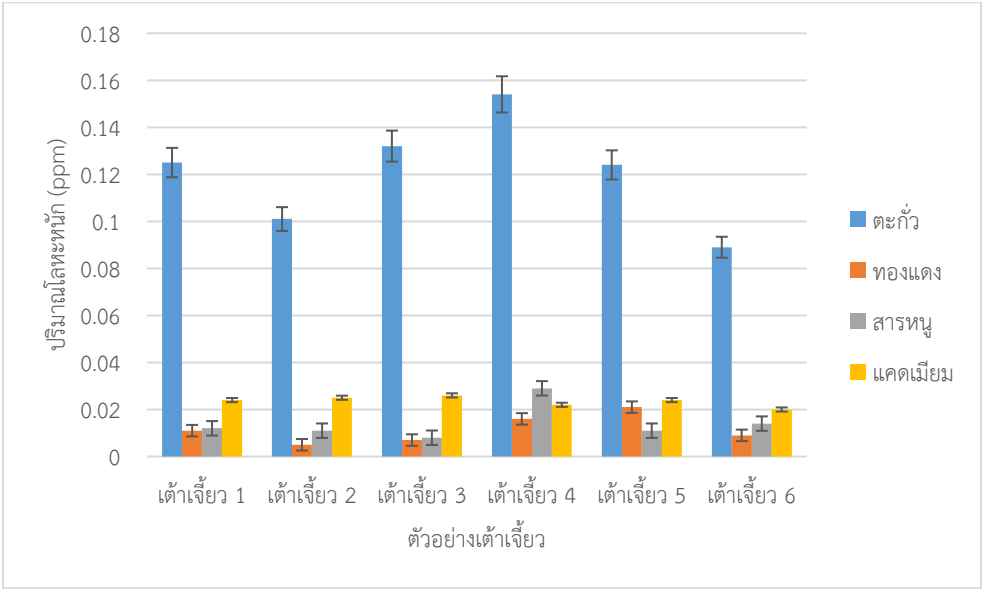


รูปที่ 1 ปริมาณโลหะหนัก ตะกั่ว ทองแดง สารหนู และแคดเมียมในน้ำนมถั่วเหลือง

จากรูปที่ 1 จะพบว่าในน้ำนมถั่วเหลืองจะพบโลหะจากตะกั่วมากที่สุด โดยเฉลี่ยจะพบในช่วง 0.068-0.007 ppm รองลงมาพบโลหะทองแดง โดยจะพบในช่วง 0.012-0.021 ppm สำหรับโลหะแคดเมียม จะพบในช่วง 0.003-0.008 ppm และสารหนูพบน้อยที่สุดพบในช่วง 0.001-0.004 ppm สำหรับตัวอย่างน้ำนมถั่วเหลืองที่ 6 จะพบว่ามีปริมาณโลหะตะกั่ว ทองแดง และแคดเมียมมากที่สุด

2. ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในเต้าเจี้ยวโดยเทคนิค ICP-OES

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักตะกั่ว ทองแดง สารหนู และแคดเมียมในเต้าเจี้ยว แสดงผลดังรูปที่ 2

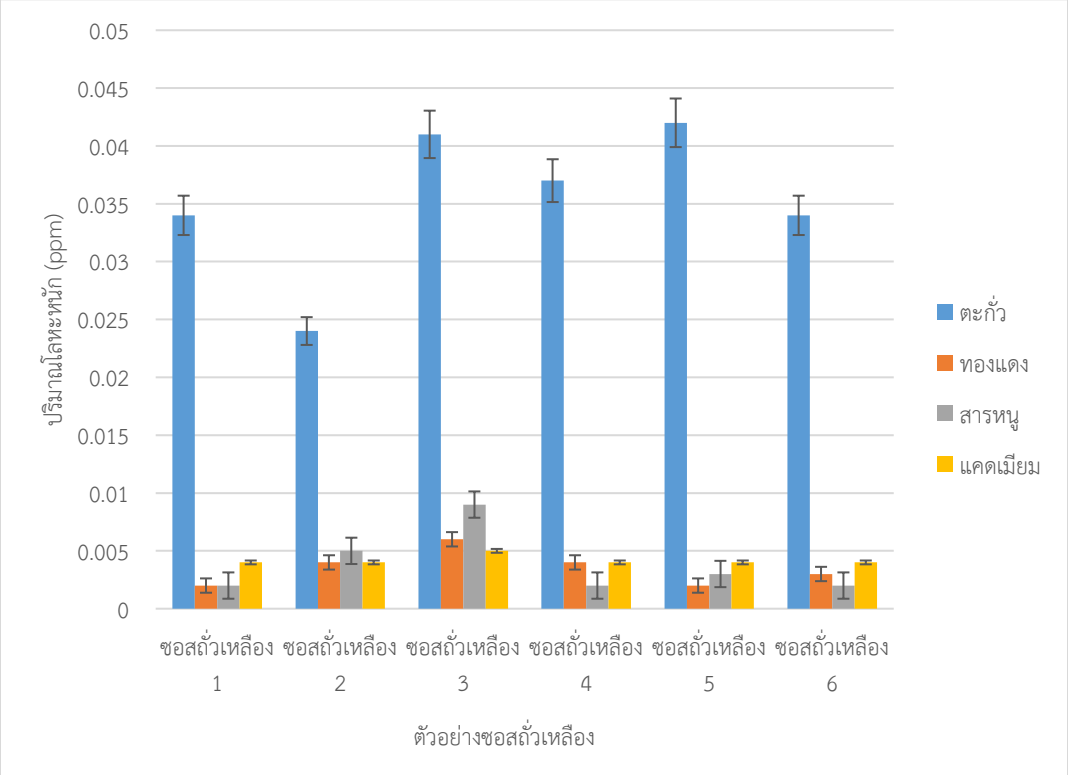


รูปที่ 2 ปริมาณโลหะหนัก ตะกั่ว ทองแดง สารหนู และแคดเมียมในเต้าเจี้ยว

จากรูปที่ 2 จะพบว่าในเต้าเจี้ยวจะพบโลหะจากตะกั่วมากที่สุด โดยจะพบในช่วง 0.089-0.154 ppm รองลงมาพบโลหะแคดเมียม โดยจะพบในช่วง 0.020-0.026 ppm สำหรับโลหะทองแดง จะพบในช่วง 0.005-0.021 ppm และสารหนูพบน้อยที่สุดพบในช่วง 0.011-0.029 ppm สำหรับตัวอย่างเต้าเจี้ยวที่ 4 จะพบว่ามีปริมาณโลหะตะกั่ว สารหนู และแคดเมียมมากที่สุด

3. ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในซอสถั่วเหลืองโดยเทคนิค ICP-OES

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักตะกั่ว ทองแดง สารหนู และแคดเมียมในซอสถั่วเหลือง แสดงผลดังรูปที่ 3

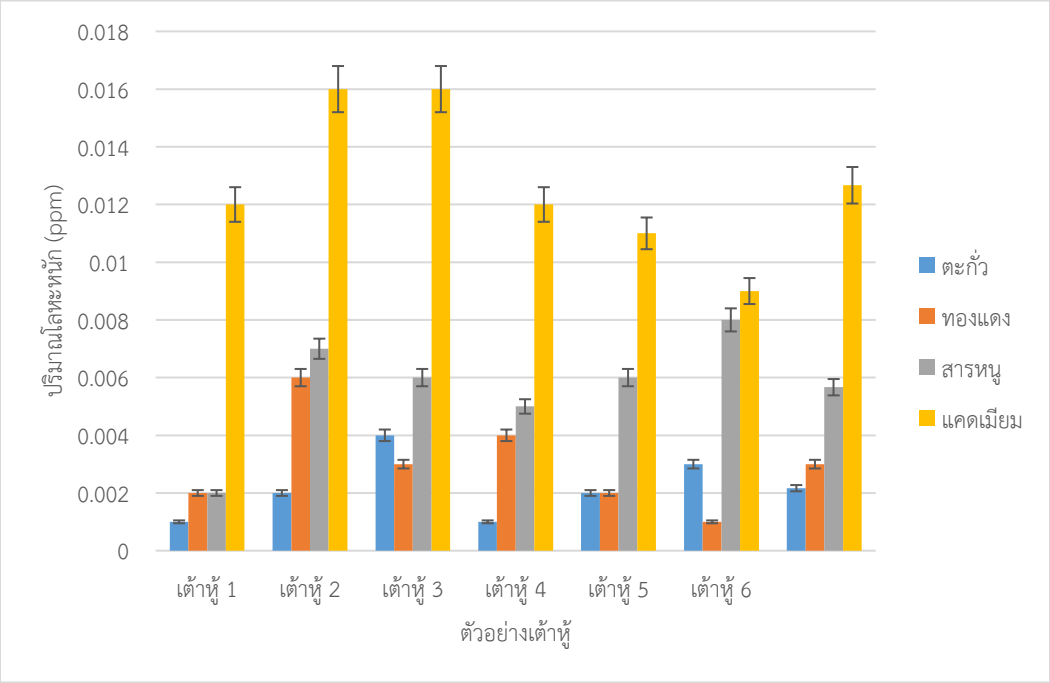


รูปที่ 3 ปริมาณโลหะหนัก ตะกั่ว ทองแดง สารหนู และแคดเมียมในซอสถั่วเหลือง

จากรูปที่ 3 จะพบว่าในซอสถั่วเหลืองจะพบโลหะจากตะกั่วมากที่สุด โดยจะพบในช่วง 0.024-0.042 ppm รองลงมาพบสารหนู จะพบในช่วง 0.002-0.009 ppm สำหรับทองแดงจะพบในช่วง 0.004-0.005 ppm และแคดเมียมพบน้อยที่สุดพบในช่วง 0.002-0.006 ppm สำหรับตัวอย่างซอสเต้าเจี้ยวที่ 4 จะพบว่ามีปริมาณโลหะตะกั่ว สารหนู และแคดเมียมมากที่สุด

4. ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในเต้าหู้โดยเทคนิค ICP-OES

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักตะกั่ว ทองแดง สารหนู และแคดเมียมในเต้าหู้ แสดงผลดังรูปที่ 4

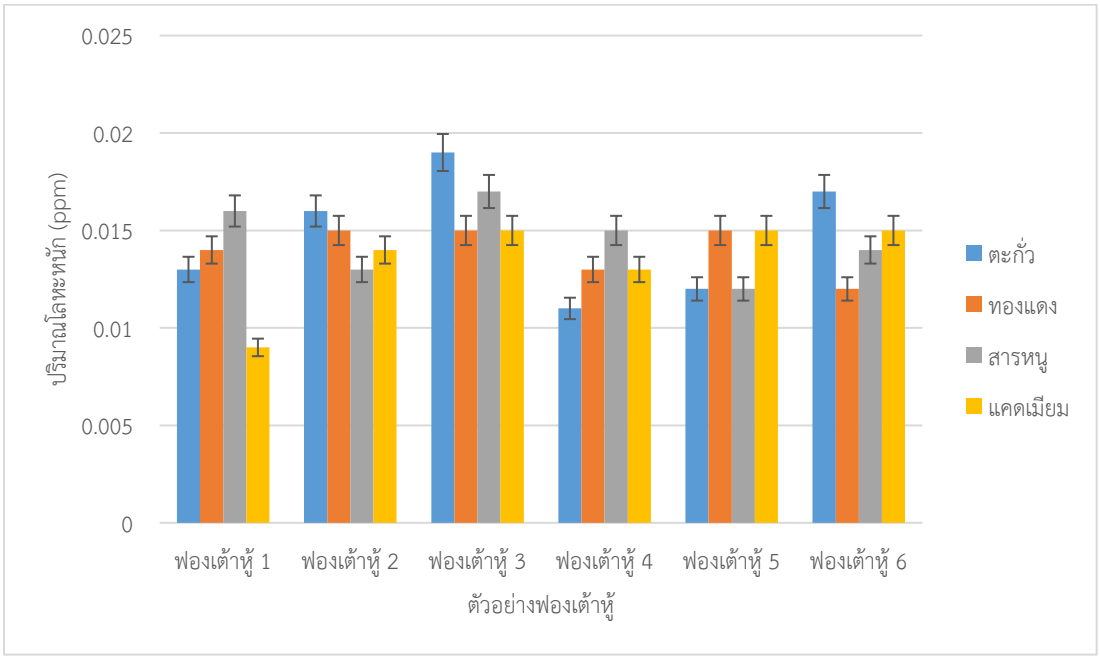


รูปที่ 4 ปริมาณโลหะหนัก ตะกั่ว ทองแดง สารหนู และแคดเมียมในเต้าหู้

จากรูปที่ 4 จะพบว่าในเต้าหู้จะพบโลหะจากแคดเมียม มากที่สุด โดยจะพบในช่วง 0.009-0.016 ppm รองลงมาพบสารหนู จะพบในช่วง 0.002-0.008 ppm สำหรับทองแดงจะพบในช่วง 0.001-0.006 ppm และตะกั่วพบน้อยที่สุดพบในช่วง 0.001-0.004 ppm สำหรับตัวอย่างเต้าหู้ที่ 2 จะพบว่ามีปริมาณโลหะตะกั่ว ทองแดง และแคดเมียมมากที่สุด

5. ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในฟองเต้าหู้โดยเทคนิค ICP-OES

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักตะกั่ว ทองแดง สารหนู และแคดเมียมในฟองเต้าหู้ แสดงผลดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ปริมาณโลหะหนัก ตะกั่ว ทองแดง สารหนู และแคดเมียมในฟองเต้าหู้

จากรูปที่ 5 จะพบว่าในฟองเต้าหู้จะพบโลหะจากตะกั่ว มากที่สุด โดยจะพบในช่วง 0.011-0.018 ppm รองลงมาพบสารหนู จะพบในช่วง 0.012-0.017 ppm สำหรับทองแดงจะพบในช่วง 0.012-0.015 ppm และแคดเมียมพบน้อยที่สุดพบในช่วง 0.009-0.015 ppm สำหรับตัวอย่างฟองเต้าหู้ที่ 3 จะพบว่ามีปริมาณโลหะตะกั่ว และสารหนูมากที่สุด

สรุป

จากการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก 4 ชนิด คือ ตะกั่ว ทองแดง สารหนู และแคดเมียม ในผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง 5 ชนิด ได้แก่ น้ำนมถั่วเหลือง ซอสถั่วเหลือง เต้าเจี้ยว เต้าหู้ และฟองเต้าหู้ จำนวน 30 ตัวอย่าง จากตลาดไท อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี โดยเทคนิค ICP – OES พบว่า ในน้ำนมถั่วเหลือง เต้าหู้ มีปริมาณโลหะตะกั่ว ทองแดง และแคดเมียมมากที่สุด ซอสถั่วเหลือง และเต้าเจี้ยว มีปริมาณโลหะตะกั่ว สารหนู และแคดเมียมมากที่สุด และฟองเต้าหู้มีปริมาณโลหะตะกั่ว ทองแดง และแคดเมียมมาก เมื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับมาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อนขององค์การอนามัยโลกในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้จากถั่วเหลืองทั้งหมด พบปริมาณโลหะหนักตะกั่ว ทองแดง สารหนู และแคดเมียมที่ไม่เกินมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก อาจเนื่องมาจากผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ที่ได้จากถั่วเหลืองมีการควบคุมมาตรฐานการผลิตและตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีโลหะหนักไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด[5]

เอกสารอ้างอิง

1. ณพัฐอร บัวฉุน. การปนเปื้อนของโลหะหนักในยาดองเหล้า. การประชุมวิชาการระหว่างสถาบัน ASTC ครั้งที่ 2. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยรังสิต. หน้า 360-364; 2557.
2. ณพัฐอร บัวฉุน. การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะในยาแผนโบราณโดยใช้เทคนิคอินดักทีฟลี คับเปิ้ล พลาสมา-ออฟติคอล อิมิสชั่น สเปกโตรเมตรี(ไอซีพี-โออีเอส). วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ฉบับพิเศษ. หน้า 158-166.; 2558.
3. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. สถานการณ์การผลิตและการตลาดรายสัปดาห์. [อินเตอร์เน็ท]. 2559. [เข้าถึงเมื่อเมื่อ 10 ตุลาคม 2561] เข้าถึงได้จาก https://goo.gl/ Sz5ptL.
4. Hongrath, K. The study of the substitution of tiger shrimp excrement for chemical fertilizer in soybean production. Master of Science Thesis, National Institute of Development Administration, Bangkok; 2003.
5. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98. มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน. ราชกิจจานุเบกษาฉบับพิเศษ เล่มที่ 103 ตอนที่ 23; 2529

[BS-P26] ผลของการให้ความรู้เรื่องความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ ต่อนักศึกษาซึ่งเรียนวิชาปฏิบัติการเคมี

The Result of Providing Knowledge about the Laboratory Safety to Students Studying Laboratory in Chemistry

ปรินทร เต็มญารศิลป์*
Parinthorn Temyarasilp
[1]หลักสูตรเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี 13180 ประเทศไทย
*ผู้ประสานงานหลัก E-mail: parinthorn@vru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการให้ความรู้เรื่องความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการต่อนักศึกษาซึ่งเรียนวิชาปฏิบัติการเคมี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ ซึ่งเครื่องมือที่ใช้อบรม ได้แก่ มัลติมีเดีย เอกสาร การบรรยาย และ การประมวลผลความรู้เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังอบรม โดยจัดให้มีการอบรมและให้ความรู้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรีที่เรียนวิชาปฏิบัติการเคมี จำนวน 100 คน โดยเมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยการทดสอบที พบว่า หลังการอบรมนักศึกษามีค่าเฉลี่ยความรู้ความเข้าใจ เรื่องความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

คำสำคัญ: *ความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ, ห้องปฏิบัติการเคมี, การประเมินผลความรู้, การทดสอบที*

Abstract

This research has studied the result of providing knowledge about laboratory safety to students studying laboratory in Chemistry at Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage. The research tools were used multimedia, documents, lecture and pre-post efficiency examination. This research was performed by training and providing knowledge about laboratory safety to 100 under graduated students studying laboratory in Chemistry. The result revealed that after the training, the students showed a significant increase in understanding about laboratory safety better than before the training ($p<0.05$)

Keywords: *laboratory safety, Chemical laboratory, efficiency examination, t-test*

บทนำ

ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เป็นปัจจัยที่สำคัญในการเรียน การสอน หรือ การทำงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ โดยการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับสารเคมีนั้น หากผู้ปฏิบัติงานไม่มีความรู้ความเข้าใจเรื่องความปลอดภัย อาจทำให้ผู้ปฏิบัติงานมีโอกาสสัมผัสสารเคมี สารระเหย แก๊สพิษ รวมถึงอุบัติภัยต่างๆ เช่น เพลิงไหม้ เป็นต้น ซึ่งล้วนแต่ส่งผลกระทบต่อผู้ปฏิบัติงาน รวมทั้งก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สิน ตลอดจนสร้างมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม โดยในประเทศที่พัฒนาแล้ว การทำงานด้วยหลักของความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการเป็นสิ่งสำคัญ มีมาตรฐานด้านความปลอดภัยอย่างชัดเจน อาทิ OSHA Laboratory Safety Guidance [(1)] เป็นต้น ส่วนประเทศไทยในปัจจุบัน มีหลายหน่วยงานซึ่งให้ความสำคัญเรื่องความปลอดภัย

อาทิ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ได้จัดทำ “โครงการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย” (Enhancement of Safety Practice of Research Laboratory in Thailand, ESPReL) เพื่อเป็นการกำหนดมาตรฐานและแนวปฏิบัติด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย โดยปัจจุบันได้ถูกพัฒนาและประกาศเป็นพระราชบัญญัติมาตรฐานอุตสาหกรรม เลขที่ 2677 เรื่อง ระบบการจัดการด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับสารเคมี ในปี 2558 (มอก.2677-2558) [2]

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ตระหนักถึงความสำคัญดังกล่าว จึงได้มีมาตรการเกี่ยวกับความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ เพื่อสร้างความปลอดภัยให้แก่นักศึกษา นักวิจัย เจ้าหน้าที่ และ อาจารย์ โดยการอบรมให้ความรู้ก่อนเข้าใช้ห้องปฏิบัติการ แต่จากการสังเกตการณ์การเข้าทำปฏิบัติการของนักศึกษา พบว่า นักศึกษายังปฏิบัติตนไม่ถูกต้องตามหลักความปลอดภัย ซึ่งจากปัญหาดังกล่าว คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จึงได้จัดการอบรมโครงการให้ความรู้เกี่ยวกับความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ ให้กับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปี 1 และ 2 ที่เรียนวิชาปฏิบัติการเคมี เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาความรู้ความเข้าใจของนักศึกษา อันจะนำไปสู่วัฒนธรรมความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการต่อไป

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาผลของการให้ความรู้ผลของการให้ความรู้เรื่องความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการต่อนักศึกษาซึ่งเรียนวิชาปฏิบัติการเคมี โดยการประมวลผลความรู้เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังอบรม เพื่อใช้เป็นเครื่องมือวัดและประเมินประสิทธิภาพของการจัดการความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้องและเหมาะสม

วิธีดำเนินการวิจัย

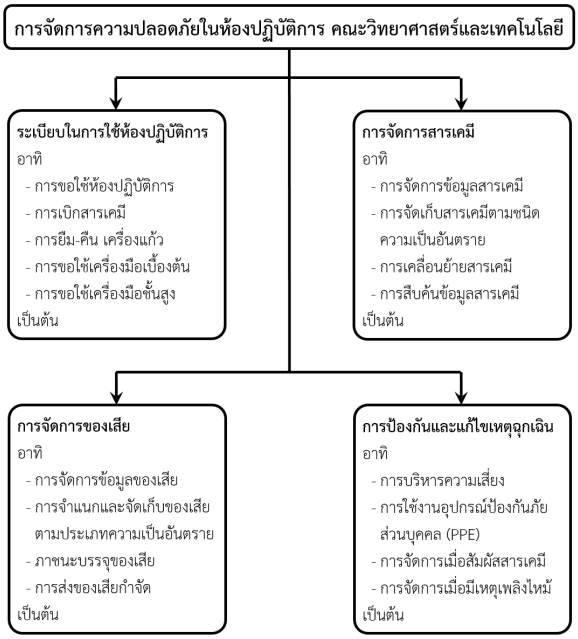
การวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของการให้ความรู้เรื่องความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการเคมี ต่อนักศึกษาซึ่งเรียนวิชาปฏิบัติการเคมี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ โดยสามารถแบ่งวิธีดำเนินการวิจัยได้ ดังนี้

4. กลุ่มตัวอย่างและขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษา เป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปี 1 และ 2 ที่เรียนวิชาปฏิบัติการเคมี ในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2561 ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างที่มีความรู้ความเข้าใจในด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการเคมีไม่มากนัก การวิจัยครั้งนี้คำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างแบบไม่ทราบสัดส่วนที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 และความผิดพลาดร้อยละ 10 โดยการวิจัยครั้งนี้มีจำนวนนักศึกษาที่ให้ความร่วมมือทั้งสิ้น 100 คน

5. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

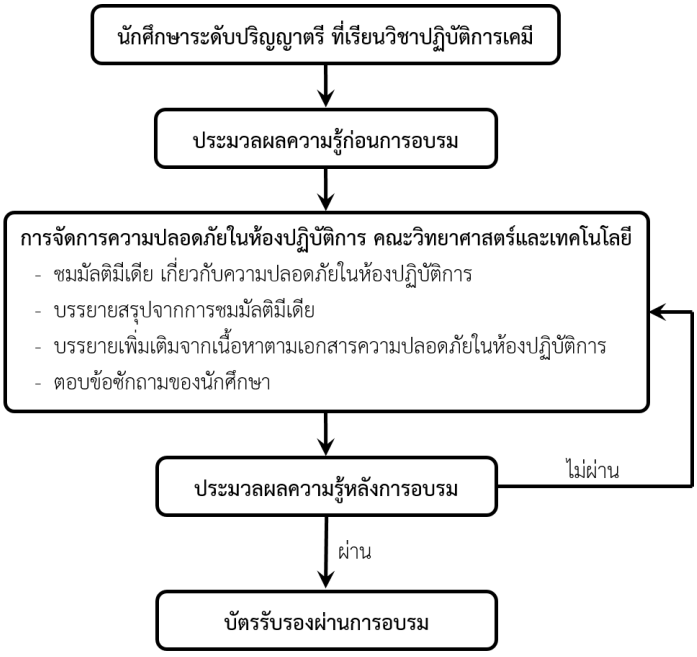
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้ ถูกออกแบบให้เหมาะสม เพื่อให้ความรู้เรื่องความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการเคมี แก่นักศึกษาระดับปริญญาตรี ได้แก่ มัลติมีเดีย เอกสาร การบรรยาย และ การประมวลผลความรู้เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังอบรม โดยใช้ข้อสอบปรนัยจำนวน 20 ข้อ ซึ่งหัวข้อที่ใช้ในการอบรม แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงแผนหัวข้อที่ใช้ในการจัดการอบรมความรู้เรื่องความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการเคมี

6. การดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ทำเพื่อประเมินประสิทธิภาพการให้ความรู้ต่อนักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยเน้นการบรรยาย รวมถึงให้นักศึกษามีโอกาสซักถามในสิ่งที่สงสัยหรือไม่เข้าใจ โดยรายละเอียดของการให้ความรู้ต่อนักศึกษา แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงรูปแบบการจัดการอบรมความรู้เรื่องความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการเคมี

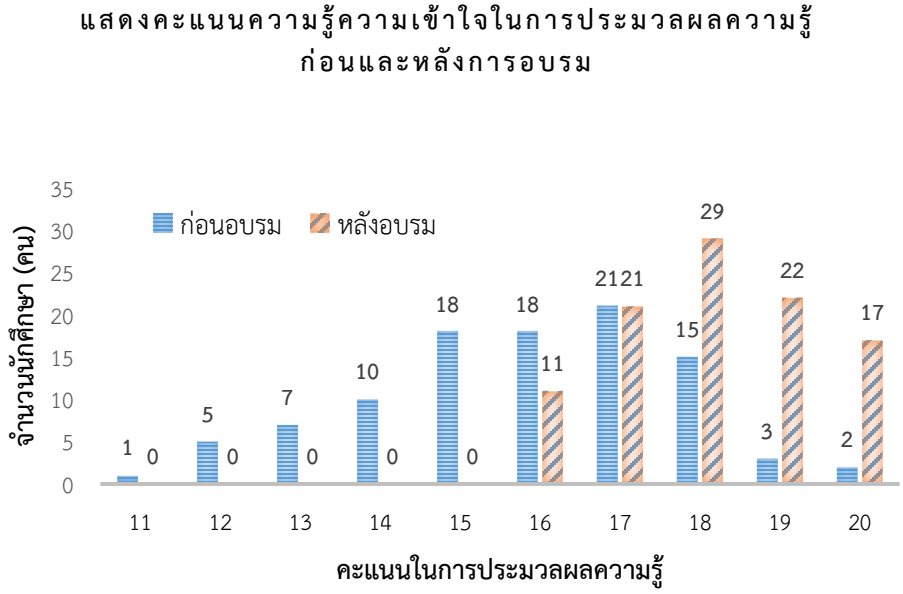
ในการวิจัยนี้ กำหนดให้นักศึกษาที่เข้าร่วมอบรม ต้องทำคะแนนในการประมวลผลความรู้หลังการอบรมให้ได้มากกว่าร้อยละ 80 จึงจะถือว่าผ่านการอบรม เพื่อให้นักศึกษาสามารถนำความรู้ความเข้าใจ ในการปฏิบัติตนเมื่อเข้าเรียนวิชาปฏิบัติการเคมีได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

7. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้ใช้ข้อมูลทางสถิติและการคำนวณโดยใช้โปรแกรมเอ็กซ์เซล (Excel) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนในการประมวลผลความรู้ ก่อนและหลังการอบรมด้วยการทดสอบที (t-test)

ผลการวิจัย

เมื่อทำการเปรียบเทียบช่วงคะแนนในการประมวลผลความรู้ ก่อนและหลังการอบรม พบว่า ช่วงคะแนนหลังการอบรมมีค่าสูงขึ้น (แสดงดังภาพที่ 3) และ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนในการประมวลผลความรู้ ก่อนและหลังการอบรมด้วยการทดสอบที พบว่า หลังจากอบรมแล้ว นักศึกษามีค่าเฉลี่ยความรู้ความเข้าใจสูงกว่า ก่อนการอบรม โดยมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (แสดงดังตารางที่ 1)



ภาพที่ 3 แสดงช่วงคะแนนความรู้ความเข้าใจ ในการประมวลผลความรู้ ก่อนและหลังการอบรม

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความรู้ความเข้าใจ โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนในการประมวลผลความรู้ ก่อนและหลังการอบรมด้วยการทดสอบที

ขนาดตัวอย่าง (n=92)	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	df	t	p (2-tailed) [a]
ก่อนการอบรม	15.84	1.9160	99	-13.3663	6.7067×10^{-24}
หลังการอบรม	18.13	1.2444			

[a] $p<0.05$

สรุปและอภิปรายผล

ผลจากการอบรมให้ความรู้ เรื่องความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการเคมี ต่อนักศึกษาชั้นปี 1 และ 2 ซึ่งเรียนวิชาปฏิบัติการเคมี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างที่มีความรู้ความเข้าใจในด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการเคมีไม่มากนัก จำนวน 100 คน โดยการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนในการประมวลผลความรู้ก่อนและหลังการอบรมด้วยการทดสอบที พบว่า มีค่าเท่ากับ 13.3663 ที่ระดับนัยสำคัญ 6.7067×10^{-24} ซึ่งน้อยกว่า 0.05 ($p<0.05$) แสดงให้เห็นว่า การอบรมนี้มีผลสัมฤทธิ์หลังการอบรมสูงกว่าก่อนการอบรม อย่างมีนัยสำคัญ โดยผลดังกล่าว อาจเกิดขึ้นมาจากการให้ความรู้ที่หลากหลาย พร้อมทั้งมีการเปิดโอกาสให้นักศึกษาได้ซักถาม โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ นภารัตน์ ขนันชัย และ ชิษณุพงศ์ ประทุม (2016) [3] ที่ได้ทำการศึกษาผลของการให้ความรู้เรื่องระบบบริหารจัดการความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ต่อความเข้าใจของนักศึกษา คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ศาลายา ซึ่งพบว่าหลังการอบรมให้ความรู้กับนักศึกษา มีค่าเฉลี่ยความรู้ความเข้าใจ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมากกว่าก่อนการอบรม

จากการประมวลผลความรู้หลังการอบรม นักศึกษาทุกคนสามารถทำคะแนนได้มากกว่าร้อยละ 80 ทุกคน จึงถือว่านักศึกษาทุกคนผ่านการอบรมนี้ โดยไม่ต้องมีการอบรมและประเมินผลใหม่อีกครั้ง ย่อมแสดงให้เห็นว่า การให้ความรู้เรื่องความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการเคมี มีผลอย่างมากต่อความรู้ความเข้าใจของนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัณณ์รภัส ถกลภักดี คณบดี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ปลื้มภาณุภัทร ผู้ช่วยคณบดี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้ให้คำปรึกษาในด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ

เอกสารอ้างอิง

1. Occupational Safety and Health Administration U.S. Department of Labor. (2011). Laboratory Safety Guidance. (OSHA 3404-11R)
2. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2558). มาตรฐานผลิตอุตสาหกรรม ระบบการจัดการด้านความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับสารเคมี เล่ม 1: ข้อกำหนด และ เล่มที่ 2: ข้อแนะนำทั่วไปเกี่ยวกับหลักการ ระบบ และ เทคนิคในทางปฏิบัติ (มอก.2677-2558)
3. นภารัตน์ ขนันชัย และ ชิษณุพงศ์ ประทุม. (2016). ผลของการให้ความรู้เรื่องระบบบริหารจัดการความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ต่อความเข้าใจของนักศึกษา คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ศาลายา. Journal of Community Development Research (Humanities and Sciences); 9(1)

[BS-P27] การชะลอการเน่าของมะเขือเทศด้วยบรรจุภัณฑ์จากฟางข้าวที่ผสมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์

A Study on Ripening Delay of Tomato by Rice Straw Packaging Mixed with Zinc Oxide Nanoparticles

สุวิมล เทพมณี*[1] , นางสาวอุภาวดี สีโคกกลาง[1] และ บุปผชาติ ต่อบุญสูง[2]
Suwimon Thepmanee[1] , Upawadee Sicokklang*[1] and Buppachat Toboonsung[2]
[1]สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
[2]สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: App_app733@hotmail.com*

บทคัดย่อ

บรรจุภัณฑ์ของกระดาษฟางข้าวที่เตรียมจากฟางข้าว 45 กรัม, NaOH 9 กรัมและอุณหภูมิต้ม 280 ◦C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นใส่อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ของ 0, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3 ลงในฟางข้าวที่เตรียมไว้ 45 กรัมถูกผสมโดยเครื่องปั่นและเทลงในบรรจุภัณฑ์ที่สร้างขึ้น ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1. ผลิตกระดาษจากฟางข้าว 2. ทดสอบศักยภาพของซิงค์ออกไซด์ในการนำมาใช้ยืดอายุการเก็บรักษามะเขือเทศ โดยทำการทดสอบการหน่วงเวลาการสุกของมะเขือเทศด้วยการวัดค่า pH และเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียของทุก ๆ 1 สัปดาห์ในระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าบรรจุภัณฑ์ของกระดาษฟางข้าวผสมกับอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ 0 กรัมแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชสูงสุดในขณะที่อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ขนาด 0.15 กรัมพบว่าค่าพีเอชเปลี่ยนน้อยที่สุด พบว่า อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ 0 และ 0.1 กรัมมีการเน่าเสียเร็วที่สุดซึ่งพบได้ใน 1 สัปดาห์ อย่างไรก็ตามอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ปริมาณ 0.3 กรัมมีเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียน้อยที่สุด

คำสำคัญ: *ฟางข้าว, โซเดียมไฮดรอกไซด์, ซิงค์ออกไซด์*

Abstract

The packaging of rice straw paper was prepared from the rice straw of 45 g, NaOH 9 g and boiling temperature of 280 ^{O}C for 30 mins. Next, the zinc oxide nanoparticles of 0, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3 g and the rice straw of 45 g were mixed by the blender and poured for the creative packaging. Next, a study on ripening delay of tomato was tested by the measuring of pH and spoilage percentage for every 1 week on a long time of 4 weeks. It was found that the packaging of rice straw paper mixed with zinc oxide nanoparticles of 0 g was shown the change maximum of pH whereas zinc oxide nanoparticles of 0.15 g were found the change minimum of pH. It was shown that the spoilage percentage increased with increasing time. The zinc oxide nanoparticles of 0 and 0.1 g was shown the fastest spoilage which found in 1 week. However, zinc oxide nanoparticles of 0.3 g were shown the least spoilage percentage.

Keywords: *rice straw, sodium hydroxide, zinc oxide nanoparticles*

บทนำ

ฟางข้าวเป็นเหมือนขยะที่เหลือใช้ในทางการเกษตร ที่ไม่ว่าจะนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์เป็นอาหารสัตว์ ทำปุ๋ยหมัก หรือเชื้อเพลิงชีวภาพแล้วก็ตาม แต่ฟางข้าวก็ยังคงเหลือเป็นจำนวนมากอยู่ดี หากแม้ทำการฝังกลบฟางข้าว ก็ต้องใช้พื้นที่ในการฝังกลบและระยะเวลานานในการย่อยสลาย สุดท้ายจึงหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะต้องใช้วิธีเผาฟางเหมือนเช่นการเผาขยะซึ่งแน่นอนว่าผลกระทบที่ตามมา คือ ปัญหามลพิษทางอากาศและนำไปสู่ปัญหาภาวะโลกร้อนในที่สุด นอกจากนี้ประโยชน์ที่สำคัญประการหนึ่งของฟางข้าวคือการมีคุณสมบัติเป็นพืชเส้นใย (fiber) ที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ เช่น การทำบรรจุภัณฑ์จากฟางข้าว โดยได้ศึกษางานวิจัยของ สุปราณี พิศมัย (2558) [(1)] ศึกษาผลของการใช้สารนาโนซิงค์ออกไซด์ต่อการยับยั้งการเกิดโรคราแป้งของมะม่วงน้ำดอกไม้โดยกำหนดความเข้มข้นของสารนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ 5, 10 และ 15 กรัม/ลิตรผลการวิจัยพบว่า การทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราโดยใช้ความเข้มข้นของสารนาโนซิงค์ออกไซด์ 15 กรัม / ลิตร เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรามากที่สุดเท่ากับ 78.79 รองลงมาคือความเข้มข้น 10 กรัม/ลิตร เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา เท่ากับ 75.76 และความเข้มข้น 5 กรัม/ลิตร มีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราเท่ากับ 72.73 ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบ ผลการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราของความเข้มข้นพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

คณะผู้วิจัยจึงได้มีแนวความคิดที่จะนำฟางข้าวซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ให้คุณค่าทางโภชนาการน้อยแต่มีเส้นใยสูงมาปรับปรุงคุณสมบัติและองค์ประกอบเพื่อพัฒนาเป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพในการยืดอายุการเก็บรักษามะเขือเทศซึ่งเมื่อมีผลสุกจะเก็บรักษายากและโดยปกติมีอายุหลังการมะเขือเทศสุกเต็มที่เฉลี่ย 4-7 วัน ซึ่งง่ายต่อการเน่าเสียโดยใช้คุณสมบัติยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์และยับยั้งเอทิลีนซึ่งเป็นสารที่ทำให้มะเขือเทศสุกจากอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ เพื่อลดความเสียหายของมะเขือเทศ เนื่องจากอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์เป็นสารที่ใช้ยับยั้งแบคทีเรีย ไม่มีความเป็นพิษต่อร่างกาย แล้วทำการวัดค่าโดยการวัดค่า pH ของมะเขือเทศเพราะเมื่อมะเขือเทศเน่าเสียจะมีการเปลี่ยนรสชาติ ความชื้น และความเป็นกรดด่าง

การดำเนินการวิจัย

การทำบรรจุภัณฑ์จากฟางข้าว มีการดำเนินการวิจัยเริ่มจาก

ตัดฟางข้าวให้มีขนาดความยาว 2-5 เซนติเมตร โดยใช้ปริมาณ 45 กรัม แช่ฟางข้าว 24 ชั่วโมงในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซค์ โดยใช้ปริมาณความเข้มข้น 9 กรัมต่อน้ำ 1000 ml นำฟางข้าวที่แช่แล้วมาต้มที่อุณหภูมิ 280 องศาเซลเซียส ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซค์ความเข้มข้น 9 กรัม เป็นเวลา 30 นาที ต่อจากนั้น ทำการล้างฟางข้าวที่ต้มแล้วให้สะอาด นำมาปั่นด้วยเครื่องปั่นฟางข้าวให้ละเอียด พร้อมกับเติมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ในปริมาณต่างๆ คือ 0 , 0.1 , 0.15 , 0.2 , 0.25 , 0.3 กรัม เทลงแบบ แล้วนำไปตากแดดให้แห้ง 1 วัน และทำบรรจุภัณฑ์แบบกล่อง ขนาด 16×24×6 เซนติเมตร

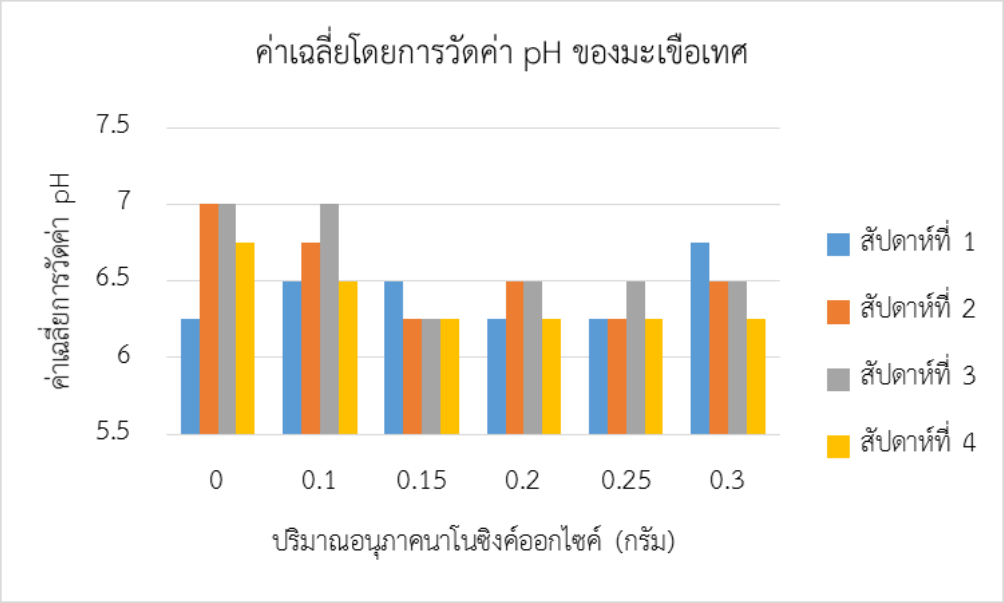
การทดสอบการชะลอการเน่า มีการทดลองโดย

นำมะเขือเทศ 10 ลูก ใส่ลงในบรรจุภัณฑ์แบบกล่องที่มีอัตราส่วนอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่แตกต่างกัน วางไว้ในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 สัปดาห์ วัดค่า pH และค่าเปอร์เซ็นต์การเน่า (% การเน่า) การเน่าทุกๆ 1 สัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์

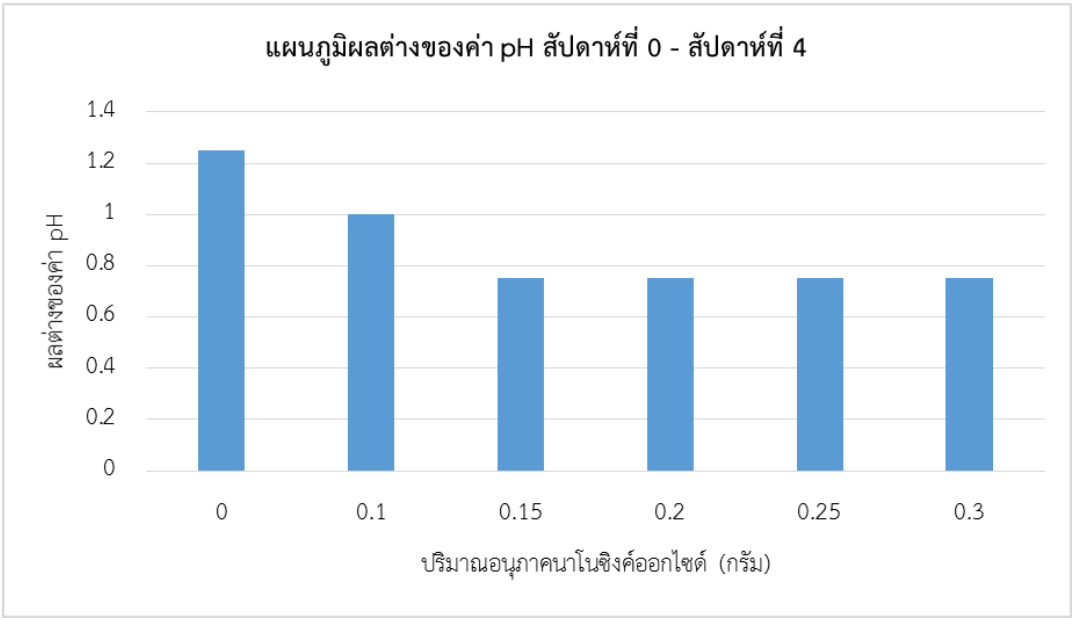
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการทดสอบศักยภาพของซิงค์ออกไซด์ในการนำมาใช้ยืดอายุการเก็บรักษามะเขือเทศ ในการใช้อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ในปริมาณต่างกัน คือ 0 , 0.1 , 0.15 , 0.2 , 0.25 , 0.3 กรัม ซึ่งผสมอนุภาคนาโน ซิงค์ออกไซด์ในขั้นตอนการปั่นฟางข้าวก่อนที่จะนำมาขึ้นรูปกระดาษฟางข้าว และนำมะเขือเทศใส่ลงใน กล่อง ๆ ละ 10 ลูก แล้วเก็บผลทุก ๆ 7 วัน พบว่า ก่อนการ

ทดลองค่า pH มีค่า 5.5-6.5 และเมื่อทดลองเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า มะเขือเทศมีค่า pH ใกล้เคียงกันและมีอัตราการเน่าเสียที่ต่างกัน ดังรูปที่ 1

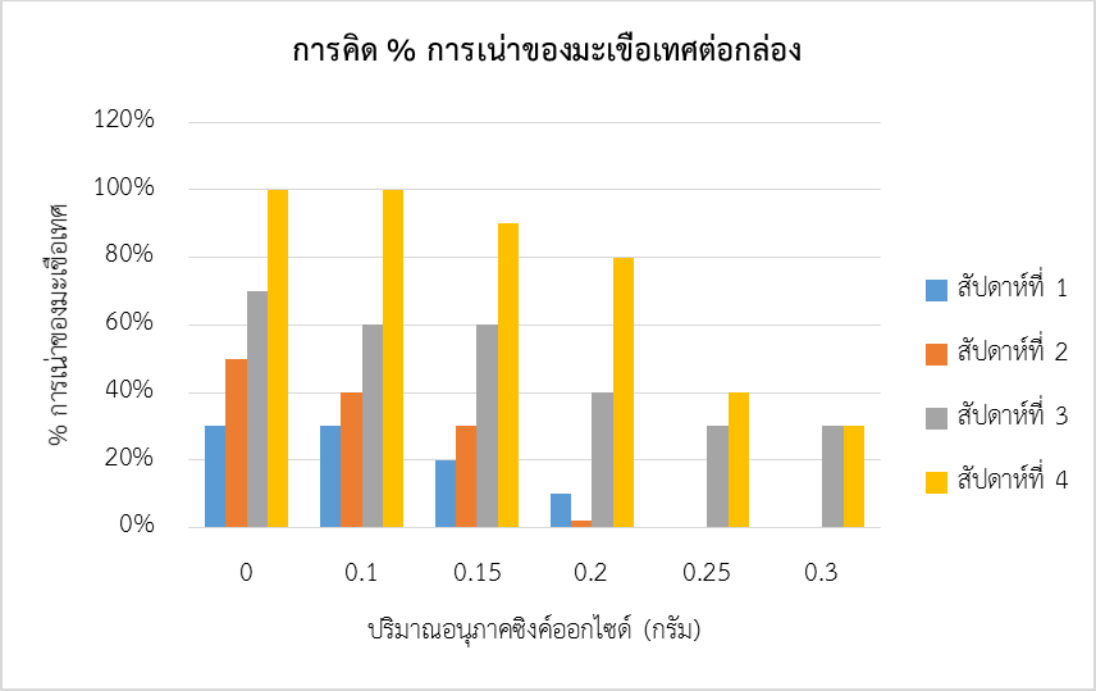


ภาพที่ 1 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยโดยการวัดค่า pH ของมะเขือเทศ



ภาพที่ 2 แผนภูมิแสดงค่าผลต่างของค่า pH สัปดาห์ที่ 0 – สัปดาห์ที่ 4

จากผลการวัดค่า pH จะพบว่าเมื่อเวลาผ่านไป pH มีการเปลี่ยนแปลงความแตกต่างของค่า pH ก่อนการทดลองเทียบกับสัปดาห์ที่ 4 มีการเปลี่ยนแปลงและมีความแตกต่างกันมากในบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ได้ใส่อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ลงไป นั่นคือมีค่า pH แตกต่างกัน 1.25 สำหรับการเติมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ลงไปในปริมาณ 0.1 กรัม จะมีค่า pH ที่แตกต่างกันคือ 1 และเมื่อเติมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ลงไปในปริมาณ 0.15 กรัม – 0.3 กรัม จะมีค่าความแตกต่างของค่า pH เท่ากับ 0.75 ดังนั้นจะพบว่าการเติมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ลงไปในปริมาณตั้งแต่ 0.15 กรัม ซึ่งจะช่วยทำให้ค่า pH ของมะเขือเทศเปลี่ยนแปลงไปน้อยที่สุด แสดงให้เห็นว่ามะเขือเทศมีการเน่าน้อยลง และอาจส่งผลให้สามารถเก็บมะเขือเทศได้ยาวนานขึ้นด้วย



ภาพที่ 3 แผนภูมิแสดงการคิด % การเน่าของมะเขือเทศต่อกล่อง

จากการหา % การเน่าเสีย ใช้วิธีการสังเกตผิวของมะเขือเทศโดยพิจารณาว่าผิวมีจุดดำ เหี่ยว และการเกิดเชื้อราบนผิวของมะเขือเทศ เมื่อระยะเวลาผ่านไปค่า % การเน่าของมะเขือเทศเพิ่มขึ้น โดยการใส่อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ 0 และ 0.1 กรัม จะมีการเน่าเสีย 100 % เมื่อครบ 4 สัปดาห์และเริ่มเน่าตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 ในการเติมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ 0.15 และ 0.2 กรัม เริ่มมีการเน่าสัปดาห์ที่ 1 และเมื่อครบ 4 สัปดาห์จะมีการเน่า 90 % และ 80 % ตามลำดับ อนุภาคนานซิงค์ออกไซด์ปริมาณ 0.25 และ 0.3 กรัม เริ่มมีการเน่าในสัปดาห์ที่ 2 และเมื่อครบ 4 สัปดาห์ จะมี % การเน่า 40 % และ 30 % ตามลำดับ พบว่า % การเน่าของมะเขือเทศมีค่าลดลงเมื่อใส่อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์เพิ่มขึ้น ดังนั้นการใส่อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ลงไปในบรรจุภัณฑ์จะช่วยยืดอายุของมะเขือเทศให้สามารถเก็บไว้ได้นานมากขึ้น

สรุป

จากการทดสอบการขึ้นรูปกระดาษฟางข้าว พบว่า ฟางข้าวสามารถขึ้นรูปเป็นกล่องได้ โดยปริมาณฟางข้าวที่เหมาะในการขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมมีปริมาณ 45 กรัมและใส่โซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาณ 9 กรัมในขณะต้ม ซึ่งปริมาณฟาง 45 กรัม เป็นปริมาณที่เหมาะสมกับการขึ้นรูปที่สุด เนื่องจากมีความหนาที่พอเหมาะและง่ายต่อการพับเป็นกล่อง ส่วนการทดสอบคุณสมบัติของซิงค์ออกไซด์ในการเก็บรักษามะเขือเทศโดยการวัดค่า pH สัปดาห์ละ 2 ลูกต่อกล่อง พบว่า ค่าเฉลี่ยโดยการวัดค่า pH มีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบการใช้อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ในปริมาณที่ต่างกันในแต่ละกล่อง ซึ่งการวัดมะเขือเทศจะเลือกวัดลูกที่เน่าของแต่ละกล่องจึงทำให้ค่าเฉลี่ยค่า pH ของแต่ในกล่องภายในเวลา 4 สัปดาห์มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 6.25 – 7 และการทดสอบคุณสมบัติของซิงค์ออกไซด์ในการเก็บรักษามะเขือเทศโดยการคิด % การเน่าของมะเขือเทศต่อกล่อง ทุกๆ 1 สัปดาห์ พบว่า กล่องกระดาษฟางข้าวที่ไม่มีการผสมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์มีการเน่าเสียของมะเขือเทศมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกล่องกระดาษฟางข้าวที่ผสมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อผสมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ในปริมาณที่มากขึ้นปริมาณการเน่าเสียของมะเขือเทศลดลงและปริมาณอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ใช้มากที่สุดในการทดลองครั้งนี้คือ 0.3 กรัม ซึ่งจะแตกต่างจากกล่องกระดาษฟางข้าวที่อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ 0 g และกล่องกระดาษฟางข้าวที่ผสมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ในปริมาณที่น้อยอย่างเห็นได้ชัดเจน เนื่องจากอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์มีคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา และเอทิลีน ทำให้มะเขือเทศมีการเน่าเสียช้าลงและสามารถเก็บไว้ได้นานขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. สุปราณี พิศมัย. 2558. ผลของสารนาโนซิงค์ออกไซด์ในการยับยั้งเชื้อราแป้งของมะม่วง พันธุ์น้ำดอกไม้. สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

[BS-P29] วิธีเชิงตัวเลขสำหรับแก้สมการเชิงอนุพันธ์อันดับเศษส่วนโดยวิธีอาดามส์-แบชฟอร์ท

Numerical method for solving fractional differential equations by Adam-Bashforth method

ธิปัตย์ สุขเกิด* สวรรยา หวง และนวลักษณ์ ทองจับ
Thipat Sukkerd*, Sawonya Huang and Nawalax Thongjub
สาขาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: t_nawalax@hotmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาวิธีเชิงตัวเลขหลายวิธีที่มีพื้นฐานของวิธีออยเลอร์และวิธีอาดามส์-แบชฟอร์ทอันดับ 2 3 4 และ 5 เพื่อคำนวณสมการเชิงอนุพันธ์อันดับเศษส่วน $0<\beta<1$ ยิ่งไปกว่านั้นเราใช้วิธีจุดกึ่งกลางและวิธีสี่เหลี่ยมคางหมูสำหรับการหาปริพันธ์อันดับเศษส่วนของรีมันน์-ลียูวิลล์ ซึ่งสามารถลดวิธีการซับซ้อนสำหรับหาผลเฉลยเชิงวิเคราะห์ สุดท้ายบางตัวอย่างจะถูกนำมาเปรียบเทียบผลเฉลยประมาณและผลเฉลยแม่นตรงเพื่อคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ เราพบว่าผลเฉลยของสูตรอาดามส์-แบชฟอร์ทอันดับ 5 ที่ใช้วิธีจุดกึ่งกลางสำหรับการหาปริพันธ์ลู่เข้าและมีค่าใกล้เคียงผลเฉลยเชิงวิเคราะห์ ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของวิธีอาดามส์-แบชฟอร์ทมีค่าเกือบศูนย์เมื่อเทียบกับวิธีออยเลอร์

คำสำคัญ: *รีมันน์-ลียูวิลล์, วิธีออยเลอร์ , วิธีอาดามส์-แบชฟอร์ท, วิธีจุดกึ่งกลาง, วิธีสี่เหลี่ยมคางหมู*

Abstract

This research aims to study several numerical methods that are based on Euler method and Adam-Bashforth order 2, 3, 4 and 5 to compute the fractional differential equations of order $0<\beta<1$. Moreover, we use the midpoint method and the trapezoidal method for the Riemann–Liouville fractional integration that it can reduce the complex procedure for finding analytical solution. Finally, some examples are given to compare the approximate solution and exact solution to calculate the absolute error. We found that the solution of the Adam-Bashfoth order 5 formula that used the midpoint method for integration is converged and close to analytical solution. The absolute error of the Adam-Bashfoth method is almost zero when it is compared with Euler method.

Keywords: *Riemann–Liouville, Euler Method, Adam-Bashforth Method, midpoint Method, Trapezoidal Method*

บทนำ

ในปัจจุบันสมการเชิงอนุพันธ์อันดับเศษส่วนเป็นที่รู้จักและมีการศึกษาอย่างกว้างขวางเนื่องจากเป็นสมการที่สำคัญและมีประโยชน์มากในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ เช่น ทฤษฎีแฟรกทัลและกลศาสตร์ของไหล เป็นต้น การแก้ไขปัญหาสมการเชิงอนุพันธ์อันดับเศษส่วนมีวิธีแก้ไขปัญหาที่หลากหลายทั้งวิธีเชิงวิเคราะห์และวิธีเชิงตัวเลข ทางผู้วิจัยได้นำนิยามและทฤษฎีบทที่มักใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันมาประยุกต์ใช้แก้ไขสมการเชิงอนุพันธ์อันดับเศษส่วน

ในปีค.ศ.1996 และ 1999 I. Podlubny[1,2] และคณะ ได้เสนอศึกษาการหาผลเฉลยเพื่อการแก้สมการเชิงอนุพันธ์อันดับเศษส่วนโดยพิจารณาปัญหาค่าเริ่มต้นที่เป็นศูนย์ ต่อมาในปีค.ศ.2010 A.M.A. El-Sayed[3] และคณะ ได้ทำการศึกษาการแก้ปัญหาค่าเริ่มต้นที่ไม่เป็นศูนย์ของสมการเชิงอนุพันธ์อันดับเศษส่วนด้วยวิธีเชิงวิเคราะห์ คือ การใช้วิธี Adomian decomposition (ADM) และวิธีเชิงตัวเลข คือวิธี proposed numerical (PNM) โดยวิธีนี้ได้ปรับปรุงวิธีเชิงตัวเลขของ I. Podlubny โดยทั้งสองวิธีนี้สามารถแก้สมการ Bagley–Torvik ได้ที่มีเงื่อนไขเริ่มต้นไม่เป็นศูนย์ได้

ในปีค.ศ.2013 K. Diethelm[4] ใช้นิยามของ Caputo เพื่อทำการศึกษาหาผลเฉลยเชิงวิเคราะห์ของของสมการเชิงอนุพันธ์อันดับเศษส่วน ในขณะที่ Ping Tong[5] และคณะ ได้ทำการหาผลเฉลยของสมการเชิงอนุพันธ์อันดับเศษส่วนตามสมการ (1) และ (2) จากการใช้วิธีออยเลอร์ (Euler Method) ดังสมการ (3) และ (4)

จากการศึกษาการหาผลเฉลยเชิงวิเคราะห์และเชิงตัวเลขของสมการเชิงอนุพันธ์อันดับเศษส่วน ในการหาผลเฉลยเชิงตัวเลขของสมการเชิงอนุพันธ์อันดับเศษส่วนที่มีอันดับเศษส่วน ภายใต้เงื่อนไขที่ $0<\beta<1$ โดยกำหนดอันดับให้เป็น $1-\beta$ ดังสมการ

$$y' = D^{1-\beta}{}_{a+} f(x,y) \tag{1}$$

$$y(a) = y_0 = \alpha_0 \tag{2}$$

โดยการใช้วิธีออยเลอร์ พบว่าในการหาผลเฉลยของอนุพันธ์อันดับเศษส่วนจาก (1) และ (2) สามารถทำได้ตามขั้นตอนดังนี้

$$\begin{cases} x_{n+1} = x_0 + nh \\ h = \frac{H}{n} \\ y_{n+1} - y_n = hD^{1-\beta}{}_{a+} f(x,y_n)\big|_{x=x_n} \end{cases} \tag{3}$$

โดย $D^{1-\beta}{}_{a+} f(x,y) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^x (x-t)^{\beta-1} \frac{d}{dt} f(t,y)dt$ (4)

H คือ ระยะห่างของ $[a,b]$

h คือ ระยะห่างระหว่างจุด

n คือ จำนวนช่วง

จากการศึกษาพบว่าการหาปริพันธ์จากสมการ (4) ซึ่งมีความซับซ้อนในการหาค่าปริพันธ์เชิงวิเคราะห์ ผู้วิจัยจึงนำวิธีจุดกึ่งกลาง (Midpoint Method) และวิธีสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoidal rule) มาประมาณค่าปริพันธ์เพื่อง่ายต่อการคำนวณและเมื่อพิจารณาผลเฉลยที่ได้ของวิธีออยเลอร์พบว่ายังมีค่าคลาดเคลื่อน (error) เกิดขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับผลเฉลยแม่นตรง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจนำวิธีอาดามส์-แบชฟอร์ท (Adam-Bashforth) มาหาผลเฉลยเพื่อลดค่าคลาดเคลื่อนจากการคำนวณหาผลเฉลยสมการเชิงอนุพันธ์อันดับเศษส่วนเพื่อลดค่าคลาดเคลื่อนของค่าประมาณที่ได้จากการคำนวณวิธีออยเลอร์

วิธีดำเนินการวิจัย

จากการศึกษาบทความงานวิจัยการประยุกต์ใช้วิธีเชิงตัวเลขในการหาผลเฉลยประมาณ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับผลเฉลยเชิงวิเคราะห์ หรือ ผลเฉลยแม่นตรง ในที่นี้จะเริ่มศึกษาจากวิธีออยเลอร์

$$D^{\beta}_{a+} y = f(x,y) \tag{5}$$

นำนิยามรีมันน์-ลียูวิลล์แก้ปัญหาสมการเชิงอนุพันธ์อันดับเศษส่วน $0<\beta<1$ โดยกำหนดอันดับในการหาอนุพันธ์ที่ $1-\beta$ นำแทนในสมการ (2) จะได้สมการสำหรับการหาผลเฉลยสมการเชิงอนุพันธ์อันดับเศษส่วน และทำการพิจารณาค่าปริพันธ์ได้จากบทนิยาม 1

บทนิยาม 1

กำหนดให้ $f:[a,b]\to\mathbb{R}$ ซึ่ง f เป็นฟังก์ชั่น และ $\alpha\in\mathbb{R}^+$ ที่อยู่ในช่วง $n-1<\alpha<n$

(1) บทนิยามรีมันน์-ลียูวิลล์ (Riemann-Liouville) ทางซ้ายของปริพันธ์อันดับเศษส่วน

$$\int_{a^+}^{\beta} f(x)=\frac{1}{\Gamma(\alpha)}\int_a^x (x-t)^{\beta-1}f(t)dt \tag{6}$$

(2) บทนิยามรีมันน์-ลียูวิลล์ (Riemann-Liouville) ทางซ้ายของอนุพันธ์อันดับเศษส่วน

$$D_{a^+}^{\beta}f(x)=\frac{1}{\Gamma(n-\alpha)}\frac{d^n}{dx^n}\int_a^x (x-t)^{n-\beta-1}f(t)dt \tag{7}$$

(3) บทนิยามคาปูโต (Caputo) ทางซ้ายของอนุพันธ์อันดับเศษส่วน

$${}^cD_{a+}^{\beta}f(x)=\frac{1}{\Gamma(n-\alpha)}\int_a^x (x-t)^{n-\beta-1}f^{(n)}(t)dt \tag{8}$$

ในที่นี้เราจะทำการพิจารณาตัวอย่าง

$$D_{0+}^{0.5}y=x^2 \quad \text{โดยที่} \quad y(0)=0, 0\le x\le 1 \tag{9}$$

จากการศึกษาสามารถหาผลเฉลยเชิงวิเคราะห์ได้โดยการใช้นิยามรีมันน์-ลียูวิลล์ในการหาผลเฉลยเชิงวิเคราะห์ นั่นคือ

$$D^{\beta}f(x)=\frac{1}{\Gamma(n-\beta)}\frac{d^n}{dx^n}\int_o^x \frac{f(t)}{(x-t)^{\beta-n+1}}dt \tag{10}$$

โดย $\Gamma(\cdot)$ เป็นฟังก์ชันแกมมา และ n เป็นจำนวนเต็ม $n-1<\beta<n$

เมื่อทำการหาผลเฉลยจากนิยามข้างต้นได้ผลเฉลยเชิงวิเคราะห์ดังนี้ $y(x)=\frac{1}{\Gamma(0.5)}\frac{16x^2}{15}$

ต่อไปจะทำการหาผลเฉลยที่เป็นค่าประมาณโดยวิธีออยเลอร์

เราทราบว่า $\beta=0.5$ นำแทนในสมการ (4) จะได้ว่า

$$D_{a+}^{0.5}f(x,y)=\frac{1}{\Gamma(0.5)}\int_0^x (x-t)^{-0.5}\frac{d}{dt}t^2dt \tag{11}$$

แยกพิจารณา $\int_0^x (x-t)^{-0.5}\frac{d}{dt}t^2dt$ โดยใช้วิธีการปริพันธ์ทีละส่วน

$$\int_0^x (x-t)^{-0.5}\frac{d}{dt}t^2dt=2\int_0^x (x-t)^{-0.5}t\,dt \tag{12}$$

ให้ $u=t\to du=dt$ และ $dv=(x-t)^{-0.5}dt\to v=-2\sqrt{x-t}$ นำแทนในสมการที่ (12)

ได้ว่า $\int(x-t)^{-0.5}t\,dt = t\left(-2\sqrt{x-t}\right)-\int 2\sqrt{x-t}\,dt = -2t\sqrt{x-t}-\frac{4}{3}(x-t)^{3/2}$

ดังนั้น $\int_0^x (x-t)^{-0.5}tdt = -2t\sqrt{x-t}-\frac{4}{3}(x-t)^{3/2}\Big|_0^x = \frac{4}{3}(x)^{3/2}$

$\therefore \int_0^x (x-t)^{-0.5}\frac{d}{dt}t^2dt=2\left[\frac{4}{3}(x)^{3/2}\right]=\frac{8}{3}(x)^{1.5}$

นำแทนในสมการ (10) จะได้ $D_{a+}^{0.5}f(x,y)=\frac{1}{\Gamma(0.5)}\left(\frac{8}{3}(x)^{1.5}\right)$ (13)

ดังนั้นผลเฉลยที่เป็นค่าประมาณโดยวิธีออยเลอร์ คือ $y_{n+1}=y_n+h\left[\frac{1}{\Gamma(0.5)}\left(\frac{8}{3}(x)^{1.5}\right)\right]$ (14)

เมื่อทำการเปรียบเทียบผลเฉลยเชิงวิเคราะห์และผลเฉลยที่ได้จากวิธีออยเลอร์พบว่าค่าของผลเฉลยมีความใกล้เคียงกัน แต่ยังคงมีค่าความผิดพลาดจึงได้ทำการคำนวณเพิ่มเติมโดยใช้วิธีอาดามส์-แบชฟอร์ทมาช่วยเพื่อลดค่าความคลาดเคลื่อน

1. สูตรอาดามส์-แบชฟอร์ท[6] (Adam-Bashforth)

กำหนดให้ $f(x_i,y_i)=D_{a^+}^{1-\beta}f(x,y_i)\Big|_{x=x_i}$

1.1 อาดามส์-แบชฟอร์ท อันดับ 2

$$y_0=\alpha_0\,,y_1=\alpha_1$$

$$y(x_{i+1})=y(x_i)+\frac{h}{2}[3f(x_i,y_i)-f(x_{i-1},y_{i-1})] \tag{15}$$

ค่าคลาดเคลื่อนเฉพาะจุด คือ $\frac{5}{12}y'''(\varepsilon_i)h^3$ สำหรับบาง ε_i ใน (x_{i-1},x_{i+1}) และ $i=1,2,3,\ldots$

1.2 อาดามส์-แบชฟอร์ท อันดับ 3

$$y_0 = \alpha_0 , y_1 = \alpha_1 , y_2 = \alpha_2$$
$$y(x_{i+1}) = y(x_i) + \frac{h}{12}[23f(x_i, y_i) - 16f(x_{i-1}, y_{i-1}) + 5f(x_{i-2}, y_{i-2})] \quad (16)$$

ค่าคลาดเคลื่อนเฉพาะจุด คือ $\frac{3}{8}y^{(4)}(\varepsilon_i)h^4$ สำหรับบาง ε_i ใน (x_{i-2}, x_{i+1}) และ $i = 2,3,4, \ldots$

1.3 อาดามส์-แบชฟอร์ท อันดับ 4

$$y_0 = \alpha_0 , y_1 = \alpha_1 , y_2 = \alpha_2 , y_3 = \alpha_3$$
$$y(x_{i+1}) = y(x_i) + \frac{h}{24}[55f(x_i, y_i) - 59f(x_{i-1}, y_{i-1}) + 37f(x_{i-2}, y_{i-2}) - 9f(x_{i-3}, y_{i-3})] \quad (17)$$

ค่าคลาดเคลื่อนเฉพาะจุด คือ $\frac{251}{720}y^{(5)}(\varepsilon_i)h^5$ สำหรับบาง ε_i ใน (x_{i-3}, x_{i+1}) และ $i = 3,4,5, \ldots$

1.4 อาดามส์-แบชฟอร์ท อันดับ 5

$$y_0 = \alpha_0 , y_1 = \alpha_1 , y_2 = \alpha_2 , y_3 = \alpha_3 , y_4 = \alpha_4$$
$$y(x_{i+1}) = y(x_i) + \frac{h}{720}\begin{bmatrix}1901f(x_i, y_i) - 2774f(x_{i-1}, y_{i-1}) + 2616f(x_{i-2}, y_{i-2}) \\ -1274f(x_{i-3}, y_{i-3}) + 251f(x_{i-4}, y_{i-4})\end{bmatrix} \quad (18)$$

ค่าคลาดเคลื่อนเฉพาะจุด คือ $\frac{95}{288}y^{(6)}(\varepsilon_i)h^6$ สำหรับบาง ε_i ใน (x_{i-4}, x_{i+1}) และ $i = 4,5,6, \ldots$

*หมายเหตุ โดยค่าเริ่มต้น y_0, y_1, y_2, y_3, y_4 มาจากผลเฉลยของวิธีออยเลอร์

จาก $D_{0+}^{0.5}y = x^2$ โดยที่ $0 \le x \le 1$, $y(0) = 0$ จะทำการประมาณค่าผลเฉลยโดยใช้วิธีอาดามส์-แบชฟอร์ท โดยแบ่งเป็น $n = 20$ จะได้ $h = \frac{1}{20} = 0.05$

จากข้างต้นเราได้ว่า $D_{a+}^{0.5}f(x, y) = \frac{1}{\Gamma(0.5)}\left(\frac{8}{3}(x)^{1.5}\right)$

<u>อาดามส์-แบชฟอร์ท อันดับ 2</u>

$$y_0 = 0 , y_1 = 0$$
$$y_2 = y_1 + \frac{0.05}{2}\left[3\frac{1}{\Gamma(0.5)}\left(\frac{8}{3}(x_1)^{1.5}\right) - \frac{1}{\Gamma(0.5)}\left(\frac{8}{3}(x_0)^{1.5}\right)\right] \quad (19)$$

<u>อาดามส์-แบชฟอร์ท อันดับ 3</u>

$$y_0 = 0 , y_1 = 0 , y_2 = 0.000841$$
$$y_3 = y_2 + \frac{0.05}{12}\left[23\frac{1}{\Gamma(0.5)}\left(\frac{8}{3}(x_2)^{1.5}\right) - 16\frac{1}{\Gamma(0.5)}\left(\frac{8}{3}(x_1)^{1.5}\right) + 5\frac{1}{\Gamma(0.5)}\left(\frac{8}{3}(x_0)^{1.5}\right)\right] \quad (20)$$

<u>อาดามส์-แบชฟอร์ท อันดับ 4</u>

$$y_0 = 0 , y_1 = 0 , y_2 = 0.000841 , y_3 = 0.00322$$
$$y_4 = y_3 + \frac{0.05}{24}\begin{bmatrix}55\frac{1}{\Gamma(0.5)}\left(\frac{8}{3}(x_3)^{1.5}\right) - 59\frac{1}{\Gamma(0.5)}\left(\frac{8}{3}(x_2)^{1.5}\right) \\ +37\frac{1}{\Gamma(0.5)}\left(\frac{8}{3}(x_1)^{1.5}\right) - 9\frac{1}{\Gamma(0.5)}\left(\frac{8}{3}(x_0)^{1.5}\right)\end{bmatrix} \quad (21)$$

<u>อาดามส์-แบชฟอร์ท อันดับ 5</u>

$$y_0 = 0 , y_1 = 0 , y_2 = 0.000841 , y_3 = 0.00322 , y_4 = 0.00759$$
$$y_5 = y_4 + \frac{0.05}{720}\begin{bmatrix}1901\frac{1}{\Gamma(0.5)}\left(\frac{8}{3}(x_4)^{1.5}\right) - 2774\frac{1}{\Gamma(0.5)}\left(\frac{8}{3}(x_3)^{1.5}\right) + 2616\frac{1}{\Gamma(0.5)}\left(\frac{8}{3}(x_2)^{1.5}\right) \\ -1274\frac{1}{\Gamma(0.5)}\left(\frac{8}{3}(x_1)^{1.5}\right) + 251\frac{1}{\Gamma(0.5)}\left(\frac{8}{3}(x_0)^{1.5}\right)\end{bmatrix} \quad (22)$$

เมื่อได้ผลเฉลยจากวิธีอาดามส์-แบชฟอร์ทเราจะทำการเปรียบเทียบกับผลเฉลยที่ได้จากการคำนวณเชิงวิเคราะห์ เนื่องจากการคำนวณหาผลเฉลยโดยใช้นิยามรีมันน์-ลียูวิลล์ในการหาอนุพันธ์เชิงเศษส่วน เพื่อนำมาใช้ในวิธีออยเลอร์นั้นต้องมีการหาปริพันธ์ซึ่งมีความซับซ้อนเราจึงทำการศึกษาโดยจะเปลี่ยนการหาปริพันธ์โดยตรงเป็นการใช้วิธีจุดกึ่งกลางและวิธีสี่เหลี่ยมคางหมูมาช่วยในการหาปริพันธ์ เพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณมากยิ่งขึ้น

2. วิธีจุดกึ่งกลาง (The Midpoint method)

การใช้จุดกึ่งกลางของ $[a, b]$ เป็นจุดในการประมาณค่าปริพันธ์ของฟังก์ชัน นั่นคือ

$$\int_a^b f(x)dx = (b-a)f\left(\frac{a+b}{2}\right) \quad (23)$$

ค่าผิดพลาดเฉพาะจุด คือ $(b-a)^3 \cdot \frac{f''(\varsigma(x))}{24}$ โดยที่ $\varsigma(x) \in (a, b)$

3. วิธีสี่เหลี่ยมคางหมู (The Trapezoidal method)

ในการประมาณค่าปริพันธ์ของวิธีสี่เหลี่ยมคางหมู นั่นคือ

$$\int_a^b f(x)dx = (b-a)\frac{f(a)+f(b)}{2} \quad (24)$$

ค่าผิดพลาดเฉพาะจุด คือ $(b-a)^3 \cdot \frac{f''(\varsigma(x))}{-12}$ โดยที่ $\varsigma(x) \in (a,b)$

เราจะทำการหาสมการเชิงอนุพันธ์อันดับเศษส่วนเพื่อนำไปแทนในสมการออยเลอร์จากสมการที่ (11) นั่นคือ

$$D_{a+}^{0.5} f(x,y) = \frac{1}{\Gamma(0.5)} \int_0^x (x-t)^{-0.5} \frac{d}{dt} t^2 dt$$

ต่อไปนี้เราจะทำการเปลี่ยนการหาปริพันธ์โดยตรงเป็นการหาปริพันธ์ในวิธีเชิงตัวเลข ได้แก่ วิธีจุดกึ่งกลางและวิธีสี่เหลี่ยมคางหมู โดยทำการแบ่งช่วงการหาปริพันธ์ออกเป็น 2 ช่วง 4 ช่วง และ 8 ช่วง จากนั้นทำการเปรียบเทียบกับผลเฉลยจริง

จากสูตรวิธีออยเลอร์ในสมการที่ (3) เราทราบว่า $D_{a+}^{0.5} f(x,y) = \frac{1}{\Gamma(0.5)} \int_0^x (x-t)^{-0.5} \frac{d}{dt} t^2 dt$ (**)

และ $\int_0^x (x-t)^{-0.5} \frac{d}{dt} t^2 dt = 2\int_0^x (x-t)^{-0.5} t\, dt$ (***)

ต่อไปนี้เราจะทำการหาปริพันธ์ (***) โดยใช้วิธีเชิงตัวเลข ได้แก่ วิธีจุดกึ่งกลางและวิธีสี่เหลี่ยมคางหมูทำการแบ่งช่วงการหาปริพันธ์ออกเป็น 2 ช่วง 4 ช่วง และ 8 ช่วง

4. การหาปริพันธ์แบ่งออกเป็น 2 ช่วง

<u>วิธีจุดกึ่งกลาง</u>

จาก (***) $\int_0^x (x-t)^{-0.5} \frac{d}{dt} t^2 dt = 2\int_0^x (x-t)^{-0.5} t\, dt$

พิจารณา $\int_0^x (x-t)^{-0.5} t\, dt$ กำหนดให้ $f(t) = (x-t)^{-0.5} t$

จะได้ว่า
$$\begin{aligned}\int_0^x f(t)dt &= \int_0^{x/2} f(t)dt + \int_{x/2}^x f(t)dt \\ &= \left[\left(\tfrac{x}{2}\right) f\left(\tfrac{x}{4}\right)\right] + \left[\left(\tfrac{x}{2}\right) f\left(\tfrac{3x}{4}\right)\right] = \left[\left(\tfrac{x}{2}\right)\left(\tfrac{1}{2\sqrt{3}} x^{0.5}\right)\right] + \left[\left(\tfrac{x}{2}\right)\left(\tfrac{3}{2} x^{0.5}\right)\right] \\ &= x^{1.5}\left(\tfrac{1}{4\sqrt{3}} + \tfrac{3}{4}\right)\end{aligned}$$

$\therefore \int_0^x (x-t)^{-0.5} \frac{d}{dt} t^2 dt = 2x^{1.5}\left(\frac{1}{4\sqrt{3}} + \frac{3}{4}\right)$ นำแทนในสมการ (**)

จะได้ $D_{a+}^{0.5} f(x,y) = \frac{2}{\Gamma(0.5)} x^{1.5}\left(\frac{1}{4\sqrt{3}} + \frac{3}{4}\right)$ (25)

ดังนั้นเราจะได้สมการออยเลอร์ที่สอดคล้องคือ $y_{n+1} = y_n + h\left(\frac{2}{\Gamma(0.5)} x_n^{1.5}\left(\frac{1}{4\sqrt{3}} + \frac{3}{4}\right)\right)$ (26)

<u>วิธีสี่เหลี่ยมคางหมู</u>

จาก (***) $\int_0^x (x-t)^{-0.5} \frac{d}{dt} t^2 dt = 2\int_0^x (x-t)^{-0.5} t\, dt$

พิจารณา $\int_0^x (x-t)^{-0.5} t\, dt$ กำหนดให้ $f(t) = (x-t)^{-0.5} t$

จะได้ว่า
$$\begin{aligned}\int_0^x f(t)dt &= \int_0^{x/2} f(t)dt + \int_{x/2}^x f(t)dt \\ &= \left[\left(\tfrac{x}{2} - 0\right)\frac{f(0)+f\left(\frac{x}{2}\right)}{2}\right] + \left[\left(x - \tfrac{x}{2}\right)\frac{f\left(\frac{x}{2}\right)+f(x)}{2}\right] = \left[\left(\tfrac{x}{2}\right)\frac{0+\left(\frac{x}{2}\right)^{0.5}}{2}\right] + \left[\left(\tfrac{x}{2}\right)\frac{\left(\frac{x}{2}\right)^{0.5}+0}{2}\right] \\ &= x^{1.5}\left(\tfrac{1}{2\sqrt{2}}\right)\end{aligned}$$

$\therefore \int_0^x (x-t)^{-0.5} \frac{d}{dt} t^2 dt = 2\left(x^{1.5}\left(\frac{1}{2\sqrt{2}}\right)\right)$ นำแทนในสมการ (**)

จะได้ $D_{a+}^{0.5} f(x,y) = \frac{1}{\Gamma(0.5)} x^{1.5}\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)$ (27)

ดังนั้นเราจะได้สมการออยเลอร์ที่สอดคล้องคือ $y_{n+1} = y_n + h\left(\frac{1}{\Gamma(0.5)} x^{1.5}\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)\right)$ (28)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการหาผลเฉลยของสมการเชิงอนุพันธ์อันดับเศษส่วน เปรียบเทียบผลเฉลยที่เป็นค่าประมาณ ($y_{approximate}$) และผลเฉลยที่ได้จากวิธีเชิงวิเคราะห์ (y_{real}) โดยคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของแต่ละจุดจาก $\text{error} = \left| y_{real} - y_{approximate} \right|$

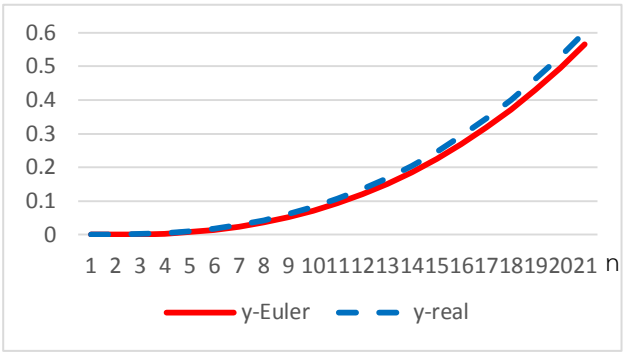
ตารางที่ 1 ตารางการเปรียบเทียบผลเฉลยที่ได้จากวิธีเชิงวิเคราะห์ ผลเฉลยจากวิธีออยเลอร์และวิธีอาดามส์-แบชฟอร์ทอันดับ 2

n	x	y-real	y-Euler	error (y-Euler)	y-AdamB2	error (y-AdamB2)
1	0	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
2	0.05	0.000336	0.000000	0.000336	0.000000	0.000336
3	0.10	0.001903	0.000841	0.001062	0.001262	0.000641
4	0.15	0.005244	0.003220	0.002024	0.004409	0.000835
5	0.20	0.010765	0.007590	0.003175	0.009775	0.000990
6	0.25	0.018806	0.014319	0.004488	0.017683	0.001123
7	0.30	0.029666	0.023722	0.005944	0.028424	0.001242
8	0.35	0.043614	0.036083	0.007531	0.042263	0.001350
9	0.40	0.060898	0.051660	0.009239	0.059448	0.001450
10	0.45	0.081750	0.070691	0.011059	0.080206	0.001543
11	0.50	0.106385	0.093399	0.012986	0.104753	0.001631
12	0.55	0.135008	0.119996	0.015013	0.133294	0.001714
13	0.60	0.167816	0.150680	0.017136	0.166022	0.001793
14	0.65	0.204992	0.185642	0.019350	0.203123	0.001869
15	0.70	0.246717	0.225064	0.021653	0.244775	0.001942
16	0.75	0.293162	0.269121	0.024040	0.291150	0.002011
17	0.80	0.344492	0.317983	0.026510	0.342413	0.002079
18	0.85	0.400868	0.371810	0.029058	0.398724	0.002144
19	0.90	0.462446	0.430762	0.031683	0.460238	0.002207
20	0.95	0.529375	0.494992	0.034383	0.527107	0.002268
21	1.00	0.601803	0.564647	0.037156	0.599475	0.002327

<u>หมายเหตุ</u> ผลเฉลยเฉลยจากวิธีออยเลอร์ แทน y-Euler และผลเฉลยจากวิธีอาดามส์-แบชฟอร์ทอันดับ 2 แทน y-AdamB2

n คือ จุดที่ $1,2,3,\ldots,21$ และ y คือค่าผลเฉลยที่จุดที่ n

จากตารางที่ 1 เมื่อคำนวณผลเฉลยด้วยวิธีเชิงตัวเลขระหว่างวิธีออยเลอร์และวิธีอาดามส์-แบชฟอร์ทอันดับ 2 พบว่าวิธีอาดามส์-แบชฟอร์ทให้ค่าใกล้เคียงผลเฉลยเชิงวิเคราะห์ และมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์น้อยกว่าวิธีออยเลอร์



รูปที่ 1 กราฟเส้นแสดงการเปรียบเทียบผลเฉลยที่ได้จากวิธีเชิงวิเคราะห์ และผลเฉลยเชิงตัวเลขที่ได้จากวิธีออยเลอร์



รูปที่ 2 กราฟเส้นแสดงการเปรียบเทียบผลเฉลยที่ได้จากวิธีเชิงวิเคราะห์ และผลเฉลยที่ได้จากวิธีอาดามส์-แบชฟอร์ทอันดับ 5

เมื่อทำการเพิ่มพจน์ในการคำนวณวิธีอาดามส์-แบชฟอร์ทตั้งแต่อันดับ 2 ถึง 5 ทำให้ค่าความเคลื่อนลดลงตามอันดับที่เพิ่มขึ้นจากรูปที่ 2 พบว่า วิธีอาดามส์-แบชฟอร์ทอันดับ 5 มีค่าใกล้เคียงผลเฉลยเชิงวิเคราะห์

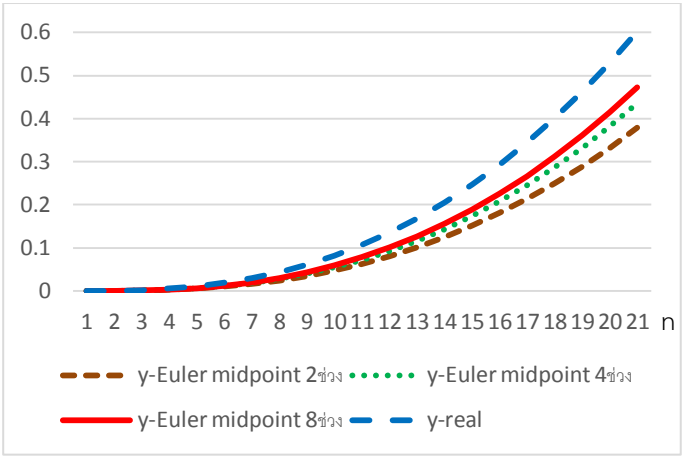
เนื่องจากการหาผลเฉลยจากหาค่าปริพันธ์อันดับเศษส่วนของรีมันน์-ลียูวิลล์มีความยุ่งยาก ผู้วิจัยจึงเปลี่ยนการหาปริพันธ์โดยใช้วิธีจุดกึ่งกลางและวิธีสี่เหลี่ยมคางหมู และทำการเปรียบเทียบกับผลเฉลยประมาณที่ได้จากวิธีเชิงวิเคราะห์

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบการหาผลเฉลยปริพันธ์ระหว่างวิธีจุดกึ่งกลางและวิธีสี่เหลี่ยมคางหมู

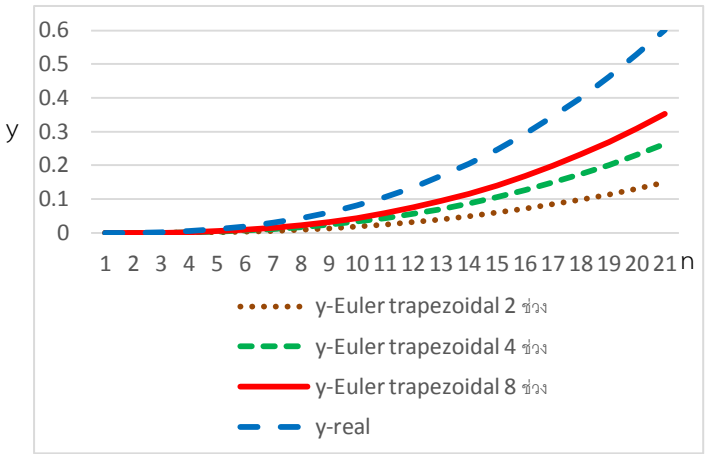
n	x	y-real	y-E-m8	error (y-E-m8)	y-E-t8	error (y-E-t8)
0	0	0	0	0	0	0
1	0.05	0.000336	0	0.000336	0	0.000336
2	0.1	0.001903	0.000705	0.001198	0.000526	0.001377
3	0.15	0.005244	0.002698	0.002546	0.002012	0.003232
4	0.2	0.010765	0.006361	0.004404	0.004743	0.006022
5	0.25	0.018806	0.012000	0.006806	0.008948	0.009859
6	0.3	0.029666	0.019880	0.009785	0.014824	0.014842
7	0.35	0.043614	0.030240	0.013374	0.022548	0.021066
8	0.4	0.060898	0.043294	0.017604	0.032282	0.028616
9	0.45	0.081749	0.059243	0.022507	0.044175	0.037575
10	0.5	0.106385	0.078274	0.028111	0.058365	0.048019
11	0.55	0.135008	0.100563	0.034445	0.074985	0.060023
12	0.6	0.167815	0.126278	0.041537	0.09416	0.073656
13	0.65	0.204992	0.155579	0.049413	0.116008	0.088984
14	0.7	0.246717	0.188617	0.058100	0.140643	0.106074
15	0.75	0.293162	0.225539	0.067622	0.168174	0.124987
16	0.8	0.344492	0.266488	0.078004	0.198707	0.145784
17	0.85	0.400868	0.311599	0.089269	0.232344	0.168523
18	0.9	0.462445	0.361004	0.101441	0.269184	0.193261
19	0.95	0.529374	0.414832	0.114542	0.309321	0.220054
20	1	0.601802	0.473207	0.128595	0.352849	0.248954

หมายเหตุ y-E-m8 แทน y-Euler-midpoint 8 ช่วง และ y-Euler-trapezoidal 8 ช่วง แทน y-E-t8

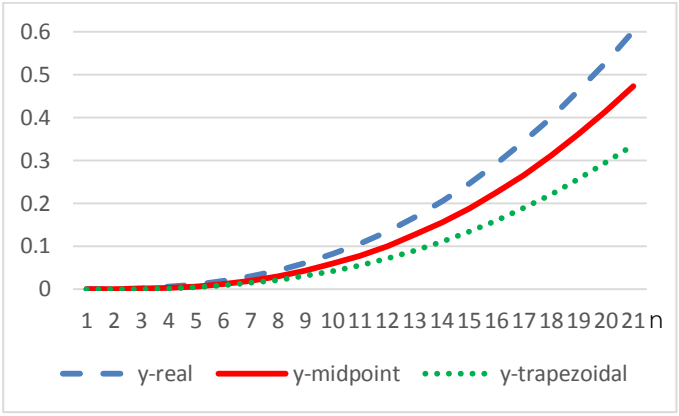
จากตารางที่ 2 การหาผลเฉลยจากหาค่าปริพันธ์อันดับเศษส่วนของรีมันน์-ลียูวิลล์โดยวิธีจุดกึ่งกลางและวิธีสี่เหลี่ยมคางหมูโดยการแบ่ง 8 ช่วงเพื่อทำการคำนวณในวิธีออยเลอร์สามารถหาค่าได้แต่ยังคงมีค่าคลาดเคลื่อนสูง



รูปที่ 3 การหาผลเฉลยโดยวิธีออยเลอร์ แต่เปลี่ยนการหาปริพันธ์โดยใช้วิธีจุดกึ่งกลาง แบ่งช่วงการหาปริพันธ์ 2 4 ช่วง และ 8 ช่วง

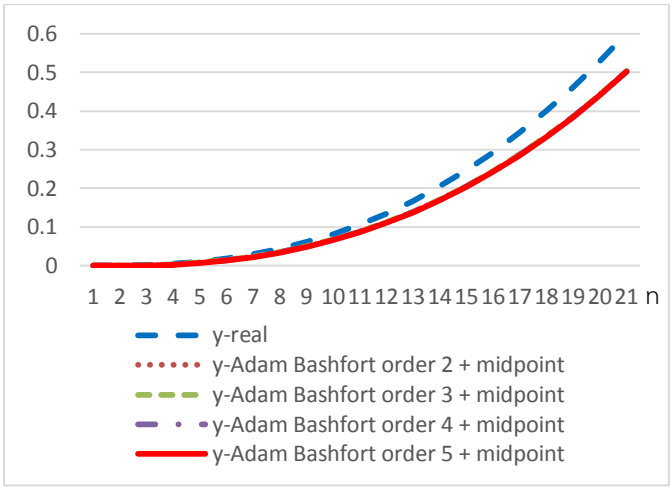


รูปที่ 4 การหาผลเฉลยโดยวิธีออยเลอร์ แต่เปลี่ยนการหาปริพันธ์โดยใช้วิธีสี่เหลี่ยมคางหมู แบ่งช่วงการหาปริพันธ์ 2 4 และ 8 ช่วง

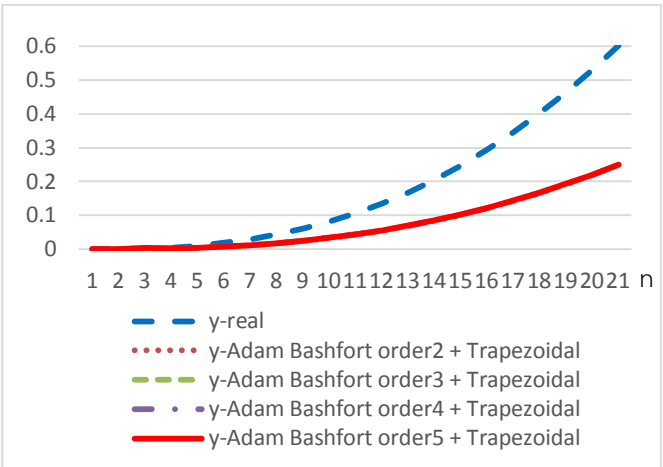


รูปที่ 5 การเปรียบเทียบผลเฉลยระหว่างการหาปริพันธ์ระหว่างวิธีจุดกึ่งกลางและวิธีสี่เหลี่ยมคางหมู โดยการแบ่งการหาปริพันธ์ออกเป็น 8 ช่วง

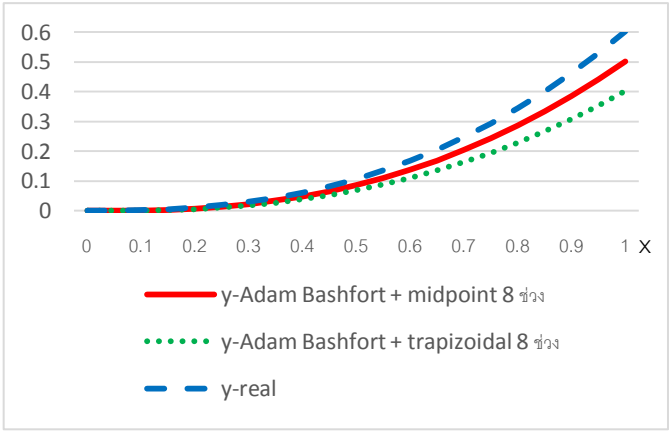
จากรูปที่ 6 และ 7 พบว่าวิธีอาดามส์-แบชฟอร์ทที่มีการคำนวณค่าปริพันธ์อันดับเศษส่วนของรีมันน์-ลียูวิลล์โดยวิธีจุดกึ่งกลางและวิธีสี่เหลี่ยมคางหมูให้ค่าใกล้เคียงผลเฉลยเชิงวิเคราะห์ และค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ลดลงเมื่อเปรียบ เทียบวิธีออยเลอร์ และจากรูปที่ 8 พบว่าการคำนวณวิธีอาดามส์-แบชฟอร์ทอันดับ 5 โดยใช้วิธีจุดกึ่งกลางให้ค่าผลเฉลยประมาณมีค่าใกล้เคียงค่าผลเฉลยแม่นตรงมากกว่าวิธีสี่เหลี่ยมคางหมู



รูปที่ 6 การเปรียบเทียบระหว่างการหาผลเฉลยของสมการเชิงอนุพันธ์อันดับเศษส่วนที่ได้จากวิธีอาดามส์-แบชฟอร์ท โดยการเปลี่ยนปริพันธ์ด้วยวิธีจุดกึ่งกลาง



รูปที่ 7 การเปรียบเทียบระหว่างการหาผลเฉลยของสมการเชิงอนุพันธ์อันดับเศษส่วนที่ได้จากวิธีอาดามส์-แบชฟอร์ทโดยการเปลี่ยนปริพันธ์ด้วยวิธีสี่เหลี่ยมคางหมู



รูปที่ 8 การเปรียบเทียบระหว่างการหาผลเฉลยของสมการเชิงอนุพันธ์อันดับเศษส่วนที่ได้จากวิธีอาดามส์-แบชฟอร์ทอันดับที่ 5 โดยการเปลี่ยนปริพันธ์ด้วยวิธีจุดกึ่งกลาง วิธีสี่เหลี่ยมคางหมู โดยการแบ่งช่วงการหาปริพันธ์ออกเป็น 8 ช่วง และผลเฉลยที่ได้จากวิธีเชิงวิเคราะห์

สรุป

จากการหาผลเฉลยอนุพันธ์อันดับเศษส่วนด้วยวิธีเชิงตัวเลขด้วยวิธีออยเลอร์และวิธีอาดามส์-แบชฟอร์ท พบว่าวิธีอาดามส์-แบชฟอร์ทให้ค่าผลเฉลยประมาณใกล้เคียงผลเฉลยเชิงวิเคราะห์ เมื่อใช้จำนวนพจน์ที่มากขึ้นในการคำนวณวิธีอาดามส์-แบชฟอร์ทอันดับ 2 3 4 และ 5 ทำให้ปรับปรุงค่าผิดพลาดสัมบูรณ์โดยมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องตามอันดับที่เพิ่มขึ้นจนเกือบเป็นศูนย์ และจากงานวิจัยเพื่อลดความซับซ้อนในการคำนวณหาค่าปริพันธ์ จึงได้นำวิธีจุดกึ่งกลางและวิธีสี่เหลี่ยมคางหมูมาพิจารณาหาค่าปริพันธ์อันดับเศษส่วนของรีมันน์-ลียูวิลล์ พบว่าสามารถหาค่าปริพันธ์เพื่อนำมาคำนวณในวิธีออยเลอร์และวิธีอาดามส์-แบชฟอร์ทได้อย่างดีโดยไม่ต้องใช้การคำนวณเชิงวิเคราะห์ โดยงานวิจัยนี้มีการแบ่งช่วงการหาปริพันธ์ออกเป็น 2 4 และ 8 ช่วง เมื่อเปรียบเทียบกับการหาปริพันธ์แบบ 8 ช่วงให้ค่าประมาณดีกว่าแบบ 2 และ 4 ช่วง นั่นคือการแบ่งจำนวนช่วงในการหาค่าปริพันธ์จะให้ค่าใกล้เคียงกับผลเฉลยแม่นตรง ดังนั้นผู้วิจัยเสนอแนะว่าการหาผลเฉลยเชิงตัวเลขของผลเฉลยอนุพันธ์อันดับเศษส่วนควรแบ่งจำนวนช่วงให้มากจะทำให้ผลเฉลยที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับผลเฉลยเชิงวิเคราะห์

เอกสารอ้างอิง

1. I. Podlubny and A.M.A. El-Sayed, **On Two Definitions of Fractional Calculus, Slovak Academy of science**. Institute of Experimental Phys; 1996.

2. I. Podlubny, **Fractional Differential Equations**. Academic Press, New York; 1999.

3. A.M.A. El-Sayed et al., I.L.El-Kalla and E.A.A. Ziada, **Analytical and numerical solution of multi-term nonlinear fractional orders differential equations**. Applied Numerical Mathematics; 60 (2010) 788-797.

4. K. Diethelm, **The analysis of fractional differential equations: an application-oriented exposition using differential operators of Caputo type**. Springer Verlag; 2010.

5. Ping Tong, YuQiang Feng and HengJin LV, **Eulers Method for Fractional Differential Equation**, WSEAS Transactions on Mathematics; 2013.

6. Steven C. Chapra and Raymond P. Canale, **Numerical Methods for Engineers**. McGraw-Hill, New York; 2010.

[BS-P30] การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์จำนวนผู้โดยสารของสายการบินต้นทุนต่ำในประเทศไทย โดยใช้วิธี B-DES วิธี B-WEMA วิธี B-WEMA ร่วมกับ SARIMA และตัวแบบ SARIMA

Comparison of Forecasting Methods for Number of Passengers of Low Cost Airline in Thailand Using B-DES, B-WEMA, B-WEMA with SARIMA Methods and SARIMA Model

นิฉา แก้วหาวงษ์, นลินรัต โชติกุลบวร*, สุมันตา ศรีกันยากุล และ พิชญ์สินี โกศลานันท์
Nicha Kaewhawong, Nalinrat Chotkulbaworn*, Sumanta Sriganyakul and Pitsinee Kosalanan
สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: nan_srithanachoat@hotmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการพยากรณ์อนุกรมเวลา 4 วิธี คือ 1) วิธี B-DES 2) วิธี B-WEMA 3) วิธี B-WEMA ร่วมกับตัวแบบ SARIMA และ 4) ตัวแบบ SARIMA ในการศึกษาใช้ข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้โดยสารของสายการบินต้นทุนต่ำในประเทศไทย ซึ่งการพยากรณ์อนุกรมเวลาถูกแบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลาที่ 1 เป็นการพยากรณ์ข้อมูลในอดีตตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2551 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 จำนวน 120 เดือน เพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสมในแต่ละวิธีพยากรณ์ และช่วงเวลาที่ 2 เป็นการพยากรณ์ข้อมูลล่วงหน้าตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2561 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 จำนวน 12 เดือน เพื่อคัดเลือกตัวแบบที่ดีที่สุด โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (MAPE) และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-Squared) จากการศึกษาพบว่าตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์ข้อมูลจำนวนผู้โดยสารของสายการบินต้นทุนต่ำในประเทศไทย คือ วิธี B-WEMA ร่วมกับตัวแบบ SARIMA โดยค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือนของวิธีพยากรณ์ที่ได้มีค่า MAPE ต่ำที่สุดเท่ากับ 4.8807% และมีค่า R-Squared มากที่สุดเท่ากับ 99.3213% เนื่องจากวิธี B-WEMA ร่วมกับตัวแบบ SARIMA เป็นวิธีพยากรณ์รวมระหว่างวิธี B-WEMA กับตัวแบบ SARIMA ของความคลาดเคลื่อนจึงทำให้มีความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์น้อยกว่าวิธีพยากรณ์เดี่ยวที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ดังนั้นวิธี B-WEMA ร่วมกับตัวแบบ SARIMA จึงมีความแม่นยำในการพยากรณ์มากกว่าวิธีพยากรณ์เดี่ยว

คำสำคัญ: *จำนวนผู้โดยสารของสายการบินต้นทุนต่ำ, การพยากรณ์ด้วยข้อมูลอนุกรมเวลา, วิธี B-WEMA, วิธี B-WEMA ร่วมกับตัวแบบ SARIMA, ตัวแบบ SARIMA*

Abstract

The objective of this research is to compare four methods of forecasting time series, namely B-DES, Brown's Weighted Exponential Moving Average method (B-WEMA), B-WEMA with SARIMA and SARIMA models. In this study, we use the monthly time series data of a number of passengers of low cost airline in Thailand. The forecasting time series were separated into two duration times. The first is the forecasting time series data in previous time from January 2008 to December 2017 for 120 months. The data were used to select suitable models in each forecasting methods. As the second is the lead forecasting data from January 2018 to December 2018 for 12 months, which were used for selecting the most suitable model. The Mean Absolute Percentage

Error (MAPE) and R-Squared are used as the comparative criteria. Based on this study, we found that the B-WEMA method with the SARIMA model is the most suitable model for forecasting the monthly time series data of a number of passengers of low cost airline in Thailand. The B-WEMA with SARIMA model for 12 months lead forecast had the lowest MAPE of 4.8807% with the highest R-Squared of 99.3213. Because the B-WEMA method with SARIMA model is the combination forecasting method between B-WEMA method and SARIMA model of error that has smaller error than single forecasting methods which are used in this study. Therefore, the B-WEMA method with SARIMA model is more accurate than single forecasting methods.

Keywords: *number of passengers of low cost airline, forecasting with time series data, B-WEMA method, B-WEMA method with SARIMA, SARIMA model*

บทนำ

การขนส่งทางอากาศมีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจและสังคมของโลก ในภาวะปัจจุบันที่ประเทศต่างๆ มีการคมนาคมติดต่อกันมากขึ้นส่งผลให้การขนส่งทางอากาศของโลกขยายตัวเพิ่มขึ้นตลอดเวลา การขนส่งที่เติบโตขึ้นอย่างต่อเนื่องทำให้เกิดสายการบินต้นทุนต่ำ (low cost airline) ที่เป็นการกระตุ้นทำให้การขนส่งทางอากาศมีจำนวนผู้ใช้บริการมากขึ้นและเพิ่มรายได้ให้กับบริษัทที่ทำธุรกิจสายการบินต้นทุนต่ำอีกด้วย สายการบินต้นทุนต่ำหรือสายการบินราคาประหยัดเป็นกลยุทธ์การดำเนินธุรกิจด้านการบินด้วยการลดค่าใช้จ่ายของการบิน ในปัจจุบันสายการบินต้นทุนต่ำที่ใช้ท่าอากาศยานหลักที่สำคัญของประเทศไทย มี 6 ท่าอากาศยาน คือ 1) ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ 2) ท่าอากาศยานดอนเมือง 3) ท่าอากาศยานเชียงใหม่ 4) ท่าอากาศยานภูเก็ต 5) ท่าอากาศยานแม่ฟ้าหลวง เชียงราย และ 6) ท่าอากาศยานหาดใหญ่ มีแนวโน้มการขยายตัวอย่างต่อเนื่องในช่วงเวลา 3 ปีที่ผ่านมานับตั้งแต่ปี พ.ศ.2559 ถึง พ.ศ.2561 ทั้งจำนวนผู้โดยสารของสายการบินต้นทุนต่ำและจำนวนเที่ยวบินของสายการบินต้นทุนต่ำ โดยจำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการสายการบินต้นทุนต่ำมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องนับตั้งแต่ปี พ.ศ.2559 จำนวน 54,416,667 คน, พ.ศ.2560 จำนวน 62,237,871 คน และพ.ศ.2561 จำนวน 69,520,487 คน ส่วนจำนวนเที่ยวบินที่ให้บริการของสายการบินต้นทุนต่ำก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน นับตั้งแต่ปี พ.ศ.2559 จำนวน 355,187 เที่ยวบิน, พ.ศ.2560 จำนวน 400,374 เที่ยวบิน และ พ.ศ.2561 จำนวน 450,291 เที่ยวบิน เป็นข้อมูลสถิติของบริษัทท่าอากาศยานไทยจำกัด (มหาชน)[1] ซึ่งจะเห็นได้ว่าสายการบินต้นทุนต่ำได้รับความนิยมจากผู้ใช้บริการเป็นจำนวนมากทั้งภายในประเทศและระหว่างประเทศ ดังนั้นการพยากรณ์จำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการสายการบินต้นทุนต่ำในประเทศไทยจึงเป็นเรื่องสำคัญ หากใช้วิธีพยากรณ์ที่ไม่มีความแม่นยำอาจทำให้การพยากรณ์จำนวนผู้โดยสารสูงหรือต่ำกว่าความเป็นจริงได้ และส่งผลต่อความมั่นคงด้านการขนส่งทางอากาศได้ เช่น หากพยากรณ์จำนวนผู้โดยสารต่ำกว่าความเป็นจริงอาจทำให้สายการบินกำหนดเที่ยวบินไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้ใช้บริการหรือท่าอากาศยานเตรียมการรองรับนักท่องเที่ยวที่เข้ามาใช้บริการไม่ทั่วถึง วิธีพยากรณ์อนุกรมเวลามีหลายวิธีด้วยกันโดยมีผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้ ในปี พ.ศ.2546 อรกนิษฐ์[2] ได้ศึกษาการพยากรณ์จำนวนผู้โดยสาร ณ ท่าอากาศยานต่างๆของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้จำนวน 6 ประเทศ คือ ประเทศบรูไน อินโดนีเซีย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ สิงคโปร์ และไทย โดยใช้วิธีพยากรณ์ 3 วิธี คือ 1) วิธีปรับให้เรียบแบบเอ็กซโปเนนเชียล (Exponential Smoothing Method) เป็นวิธีพยากรณ์อนุกรมเวลาที่มีการปรับระดับและแนวโน้มให้เรียบทุกช่วงเวลาที่ t โดยใช้ค่าคงที่ในการทำให้เรียบ 2) วิธีการวิเคราะห์การถดถอย เป็นวิธีพยากรณ์ที่มีการนำตัวแปรอิสระมาคิดร่วมด้วยกับตัวแปรที่ต้องการพยากรณ์ (ตัวแปรตาม) 3) วิธีของ Box และ Jenkins เป็นวิธีพยากรณ์อนุกรมเวลาซึ่งเลือกตัวแบบที่ใช้ในการพยากรณ์โดยพิจารณาจากฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง และฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อยของ

ข้อมูลอนุกรมเวลาที่พิจารณา ผลการศึกษาพบว่าวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมของจำนวนผู้โดยสาร ณ ท่าอากาศยานประเทศอินโดนีเซีย สิงคโปร์ และไทย คือ วิธีปรับให้เรียบแบบเอ็กซโปเนนเชียล ส่วนประเทศบรูไน และมาเลเซียวิธีพยากรณ์ที่เหมาะสม คือ วิธีการวิเคราะห์การถดถอย ส่วนประเทศฟิลิปปินส์วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม คือ วิธีของ Box และ Jenkins ในปี ค.ศ.2009 Ching และคณะ[3] ได้ศึกษาการพยากรณ์ข้อมูลปริมาณจราจรทางอากาศขาเข้าของประเทศไต้หวันโดยเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ 3 วิธี คือ 1) วิธี Holt-Winters เป็นวิธีพยากรณ์อนุกรมเวลาที่มีการปรับระดับ ปรับแนวโน้ม และปรับฤดูกาลให้เรียบทุกช่วงเวลาที่ t โดยใช้ค่าคงที่ในการทำให้เรียบ 3 ตัว 2) วิธี SARIMA เป็นวิธีพยากรณ์อนุกรมเวลาซึ่งเลือกตัวแบบที่ใช้ในการพยากรณ์โดยพิจารณาจากฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง และฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อยของข้อมูลอนุกรมเวลาที่พิจารณาโดยมีการปรับผลกระทบของฤดูกาลให้มีความคงที่ (Stationary) ด้วย และ 3) วิธีเกรย์ GM(1,1) เป็นวิธีพยากรณ์อนุกรมเวลาที่สร้างค่าพยากรณ์โดยใช้ฟังก์ชันค่าสะสม และใช้สมการเชิงอนุพันธ์อันดับที่หนึ่งมาคิดร่วมกันในสมการพยากรณ์ จากการศึกษาพบว่าวิธี SARIMA เป็นวิธีที่ดีที่สุด เนื่องจากให้ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) น้อยที่สุด ในปี ค.ศ.2014 Önder และ Kuzu[4] ได้ศึกษาการพยากรณ์ข้อมูลปริมาณจราจรทางอากาศในประเทศตุรกีโดยใช้วิธีพยากรณ์ 7 วิธี คือ 1) วิธี Moving Averages เป็นวิธีพยากรณ์ที่นำข้อมูลมาเฉลี่ยด้วยน้ำหนักที่เท่ากัน 2) วิธี Exponential Smoothing 3) วิธี Brown's Single Linear Exponential Smoothing 4) วิธี Brown's Second-Order Exponential Smoothing 5) วิธี Holt's Two Parameter Linear Exponential Smoothing โดยวิธีพยากรณ์ที่ 2) ถึง วิธีที่ 4) เป็นวิธีที่มีการปรับระดับให้เรียบ และปรับแนวโน้มให้เรียบโดยใช้แนวคิดของ Brown และ Holt ตามลำดับ 6) วิธีการแยกส่วนประกอบเป็นวิธีพยากรณ์ที่แยกส่วนประกอบของอนุกรมเวลาออกเป็นส่วนประกอบของแนวโน้ม ฤดูกาล วัฏจักร และเหตุการณ์ผิดปกติ และนำส่วนประกอบที่แยกได้มาใช้พยากรณ์ค่าในอนาคต และ 7) วิธีการปรับเส้นโค้ง เป็นวิธีพยากรณ์แนวโน้มของข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยรูปแบบแนวโน้มต่างๆ เช่น สมการเชิงเส้น สมการพหุนามกำลังสอง สมการพหุนามกำลังสาม และสมการเอ็กซ์โปเนนเชียล จากการศึกษาพบว่าวิธีการปรับเส้นโค้งด้วยสมการพหุนามกำลังสามเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากให้ค่า R^2 มากที่สุด และมีค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Mean Square Error : MSE) น้อยที่สุด ในปี ค.ศ.2015 Srisaeng และคณะ[5] ได้ศึกษาการพยากรณ์จำนวนผู้โดยสารที่ใช้บริการสายการบินต้นทุนต่ำของประเทศออสเตรเลียและปริมาณการขนส่งผู้โดยสารต่อกิโลเมตร โดยใช้วิธีพยากรณ์ 2 วิธี คือ วิธีเศรษฐมิติ เป็นวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณที่มีการนำตัวแปรอิสระมาคิดร่วมกับตัวแปรตาม และวิธีโครงข่ายประสาทเทียมเป็นวิธีพยากรณ์ที่ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ คือ ข้อมูลอินพุต (input) ข้อมูลเอาต์พุต (output) ค่าน้ำหนัก (weights) ฟังก์ชันผลรวม (Summation function: S) และฟังก์ชันการแปลง (transfer function) โดยวิธีนี้จะให้ค่าพยากรณ์ที่มีความใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงมาก จากการศึกษาพบว่าวิธีโครงข่ายประสาทเทียมเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากให้ค่า R^2 มากที่สุด และในปี ค.ศ.2017 Hansun และ Subanar[6] ได้ศึกษาการพยากรณ์อนุกรมเวลา 4 วิธี คือ 1) วิธี WMA (Weighted Moving Average) 2) วิธี EMA (Exponential Moving Average) เป็นวิธีพยากรณ์ที่นำข้อมูลในอดีตมาเฉลี่ยด้วยน้ำหนักที่ไม่เท่ากันโดยข้อมูลใกล้ปัจจุบันจะมีน้ำหนักมากกว่าข้อมูลที่อยู่ในอดีต 3) วิธี B-DES (Brown's Double Exponential Smoothing) ใช้สำหรับข้อมูลที่มีแนวโน้มเชิงเส้นและไม่มีฤดูกาล และ 4) วิธี B-WEMA (Brown's Weighted Exponential Moving Average) เป็นการผสมกันของวิธี B-DES กับวิธี WMA ใช้กับข้อมูลที่มีแนวโน้มเชิงเส้น และมีการนำวิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนักมาคิดร่วมด้วย โดยใช้ข้อมูลอัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศจำนวน 5 ชุด จากการศึกษาพบว่าวิธี B-WEMA เป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากให้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Mean Square Error : MSE) และค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) น้อยที่สุด

ในการศึกษาครั้งนี้คณะผู้วิจัยต้องการพยากรณ์ข้อมูลจำนวนผู้โดยสารของสายการบินต้นทุนต่ำในประเทศไทย เนื่องจากสายการบินต้นทุนต่ำมีผู้มาใช้บริการเป็นจำนวนมากทำให้จำนวนผู้โดยสารของสายการบินต้นทุนต่ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นจึงสนใจที่จะคาดการณ์ค่าในอนาคต โดยจะทำการเปรียบเทียบวิธีพยากรณ์อนุกรมเวลา 4 วิธีคือ 1) วิธี B-DES (Brown's Double Exponential Smoothing) ใช้สำหรับข้อมูลที่มีแนวโน้มเชิงเส้น 2) วิธี B-WEMA เป็นการผสมกันของวิธี B-DES กับวิธี WMA ใช้กับข้อมูลที่มีแนวโน้มเชิงเส้น และมีการนำวิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนักมาคิดร่วมด้วย 3) วิธี B-WEMA ร่วมกับตัวแบบ SARIMA เป็นวิธีผสมระหว่างวิธี B-WEMA กับ ตัวแบบ SARIMA ใช้กับข้อมูลที่มีแนวโน้มเชิงเส้น มีฤดูกาลและความคลาดเคลื่อนมีสหสัมพันธ์ในตัวเอง โดยมีการนำวิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนักมาคิดร่วมด้วย และ 4) ตัวแบบ SARIMA ใช้กับข้อมูลที่มีแนวโน้ม มีฤดูกาล มีสหสัมพันธ์ในตัวเอง และสหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อย โดยงานวิจัยนี้จะคัดเลือกวิธีที่มีความแม่นยำสูงสุด โดยผลที่ได้จากการพยากรณ์มีประโยชน์คือจะทำให้ทราบจำนวนผู้โดยสารของสายการบินต้นทุนต่ำรายเดือนในประเทศไทยในอนาคต และสามารถนำค่าพยากรณ์ที่ได้มาใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการจัดการของสายการบินต้นทุนต่ำทั้งทางด้านการรองรับจำนวนผู้โดยสารและจำนวนเที่ยวบินที่เหมาะสมในอนาคตต่อไปสำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลา 4 วิธี คือ 1) วิธี B-DES 2) วิธี B-WEMA 3) วิธี B-WEMA ร่วมกับตัวแบบ SARIMA และ 4) ตัวแบบ SARIMA และใช้ตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์จำนวนผู้โดยสารของสายการบินต้นทุนต่ำในประเทศไทย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยเป็นข้อมูลทุติยภูมิของจำนวนผู้โดยสารของสายการบินต้นทุนต่ำรายเดือนในประเทศไทย มีหน่วยเป็นคน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2551 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2561 จำนวน 132 เดือน ซึ่งรวบรวมจากเว็บไซต์ของบริษัทท่าอากาศยานไทยจำกัด (มหาชน)[1] โดยเป็นข้อมูลจำนวนผู้โดยสารของสายการบินต้นทุนต่ำที่ใช้ท่าอากาศยานหลักที่สำคัญของประเทศไทย 6 ท่าอากาศยาน คือ 1) ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ 2) ท่าอากาศยานดอนเมือง 3) ท่าอากาศยานเชียงใหม่ 4) ท่าอากาศยานภูเก็ต 5) ท่าอากาศยานแม่ฟ้าหลวง เชียงราย และ 6) ท่าอากาศยานหาดใหญ่

2. ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลจะแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลาที่ 1 ใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2551 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2560 จำนวน 120 เดือน เพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสมในแต่ละวิธีพยากรณ์ และช่วงเวลาที่ 2 ใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2561 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2561 จำนวน 12 เดือน ไปเปรียบเทียบกับค่าพยากรณ์ล่วงหน้าที่ได้ในแต่ละวิธีพยากรณ์และเลือกวิธีพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดที่ให้ค่า MAPE ต่ำที่สุด

2.2 การประมวลผลข้อมูล ในงานวิจัยนี้จะทำการวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS for Windows

3. วิธีการทางสถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.1 วิธี B-DES (Brown's Double Exponential Smoothing Method)

ในปี ค.ศ.1956 Brown[7] ได้นำเสนอวิธีปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลสองครั้งของบราวน์ (Brown's Double Exponential Smoothing : B-DES) ซึ่งเป็นส่วนขยายจากวิธีปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลหนึ่งครั้ง โดยวิธี B-DES เหมาะสมกับข้อมูลที่มีแนวโน้มแบบเส้นตรง และไม่มีความผันแปรตามฤดูกาล ซึ่งมีสมการพยากรณ์ล่วงหน้าจากเวลาที่ t ไป k หน่วย คือ

$$\hat{Y}_{t+k} = L_t + kT_t \quad (1)$$

$$L_t = 2S'_t - S''_{t-1} \quad (2)$$

$$T_t = \frac{\alpha}{1-\alpha}(S'_t - S''_{t-1}) \quad (3)$$

$$S'_t = \alpha Y_t + (1-\alpha)S'_{t-1} \quad (4)$$

$$S''_t = \alpha S'_t + (1-\alpha)S''_{t-1} \quad (5)$$

โดยที่ Y_t คือ ข้อมูล ณ เวลาที่ t

$\hat{Y}_{t+k}$ คือ ค่าพยากรณ์ล่วงหน้าจากช่วงเวลาที่ t ไป k หน่วย

L_t คือ ค่าที่ได้จากการปรับให้เรียบในแนวระดับ ณ เวลาที่ t

T_t คือ ค่าประมาณของแนวโน้ม ณ เวลาที่ t

S'_t, S'_{t-1} คือ สถิติจากการทำให้เรียบหนึ่งครั้ง (Single Smoothed Statistic) ณ เวลาที่ t และเวลาที่ t -1

S''_t, S''_{t-1} คือ สถิติจากการทำให้เรียบสองครั้ง (Double Smoothed Statistic) ณ เวลาที่ t และเวลาที่ t -1

α คือ ค่าคงที่ในการทำให้เรียบ (Smoothing Constant), $0 < \alpha < 1$

k คือ จำนวนหน่วยเวลาล่วงหน้าจากช่วงเวลาที่ t

3.2 วิธี B-WEMA (Brown's Weighted Exponential Moving Average Method)

ในปี ค.ศ.2017 Hansun และ Subanar[6] ได้นำเสนอวิธี B-WEMA เป็นวิธีพยากรณ์ที่ใช้กับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเป็นเส้นตรง และไม่มีความผันแปรตามฤดูกาล โดยวิธี B-WEMA เป็นวิธีผสมระหว่างวิธี WMA กับวิธี B-DES (Brown's Double Exponential Smoothing) วิธีผสมนี้จะนำค่าพยากรณ์โดยวิธี WMA ซึ่งแทนด้วย B_t มาใช้เป็นค่าเริ่มต้นในวิธี B-DES โดยวิธี B-WEMA มีสมการพยากรณ์ล่วงหน้าจากเวลาที่ t ไป k หน่วย คือ

$$\hat{Y}_{t+k} = L_t + kT_t \quad (6)$$

$$L_t = 2S'_t - S''_{t-1} \quad (7)$$

$$T_t = \frac{\alpha}{1-\alpha}(S'_t - S''_{t-1}) \quad (8)$$

$$S'_{t-1} = S''_{t-1} = B_t \quad (9)$$

โดยที่ Y_t คือ ข้อมูล ณ เวลาที่ t

$\hat{Y}_{t+k}$ คือ ค่าพยากรณ์ล่วงหน้าจากช่วงเวลาที่ t ไป k หน่วย

L_t คือ ค่าที่ได้จากการทำให้เรียบในแนวระดับ ณ เวลาที่ t

T_t คือ ค่าประมาณของแนวโน้ม ณ เวลาที่ t

S'_t , S'_{t-1} คือ สถิติจากการทำให้เรียบหนึ่งครั้ง (Single Smoothed Statistic) ณ เวลาที่ t และเวลาที่ t -1

S''_t , S''_{t-1} คือ สถิติจากการทำให้เรียบสองครั้ง (Double Smoothed Statistic) ณ เวลาที่ t และเวลาที่ t -1

B_t คือ ค่าพยากรณ์โดยวิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนัก ณ เวลาที่ t

α คือ ค่าคงที่ในการทำให้เรียบ (Smoothing Constant), $0 < \alpha < 1$

k คือ จำนวนหน่วยเวลาล่วงหน้าจากช่วงเวลาที่ t

3.3 วิธี B-WEMA ร่วมกับตัวแบบ SARIMA (B-WEMA Method with SARIMA Model)

วิธี B-WEMA ร่วมกับตัวแบบ SARIMA เป็นวิธีพยากรณ์อนุกรมเวลาซึ่งเป็นวิธีผสมระหว่างวิธี B-WEMA กับ ตัวแบบ SARIMA ของความคลาดเคลื่อน กล่าวคือ เป็นวิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลาที่ใช้เพื่อแก้ปัญหากรณีที่ความคลาดเคลื่อนที่ได้จากวิธี B-WEMA มีสหสัมพันธ์ในตัวเอง ดังนั้นจึงนำความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยวิธี B-WEMA มาหาตัวแบบ SARIMA ที่เหมาะสม และนำค่าพยากรณ์ของความคลาดเคลื่อนที่ได้ไปบวกกับสมการพยากรณ์ของวิธี B-WEMA โดยวิธี B-WEMA ร่วมกับตัวแบบ SARIMA มีสมการตัวแบบดังนี้

$$Y_t = L_t + kT_t + \varepsilon_t \quad (10)$$

$$Y_t = L_t + kT_t + \frac{\theta_q(B)\Theta_Q(B^S)}{\phi_p(B)\Phi_P(B^S)}a_t \quad (11)$$

และมีสมการพยากรณ์ล่วงหน้าจากช่วงเวลาที่ t ไป k หน่วย คือ

$$\hat{Y}_{1+k} = L_t + kT_t + \frac{\hat{\theta}_q(B)\hat{\Theta}_Q(B^S)}{\hat{\phi}_p(B)\hat{\Phi}_P(B^S)}e_t \quad (12)$$

โดยที่ Y_t คือ ข้อมูล ณ เวลาที่ t

$\hat{Y}_{t+k}$ คือ ค่าพยากรณ์ล่วงหน้าจากช่วงเวลาที่ t ไป k หน่วย

L_t คือ ค่าที่ได้จากการทำให้เรียบในแนวระดับ ณ เวลาที่ t

T_t คือ ค่าประมาณของแนวโน้ม ณ เวลาที่ t

ε_t คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่มที่ได้จากตัวแบบ B-WEMA ณ เวลาที่ t , $\varepsilon_t \sim \text{Nid}(\mu_\varepsilon = 0, \sigma_\varepsilon^2)$

a_t คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม (Random Error) ณ เวลาที่ t

e_t คือ ความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยวิธี B-WEMA ณ เวลาที่ t

$\phi_p(B)$ คือ ตัวดำเนินการถดถอยในตัวเองแบบไม่มีฤดูกาลอันดับที่ p

$= (1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \ldots - \phi_p B^p)$

$\theta_q(B)$ คือ ตัวดำเนินการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบไม่มีฤดูกาลอันดับที่ q

$= (1-\theta_1 B-\theta_2 B^2-\ldots-\theta_q B^q)$

$\Phi_P(B^S)$ คือ ตัวดำเนินการถดถอยในตัวเองแบบมีฤดูกาลอันดับที่ P

$= (1-\Phi_1 B^S-\Phi_2 B^{2S}-\ldots-\Phi_P B^{PS})$

$\Theta_Q(B^S)$ คือ ตัวดำเนินการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบมีฤดูกาลอันดับที่ Q

$= (1-\Theta_1 B^S-\Theta_2 B^{2S}-\ldots-\Theta_Q B^{QS})$

$\hat{\phi}_p(B)$ คือ ค่าประมาณของตัวดำเนินการถดถอยในตัวเองแบบไม่มีฤดูกาลอันดับที่ p

$= (1-\hat{\phi}_1 B-\hat{\phi}_2 B^2-\ldots-\hat{\phi}_p B^p)$

$\hat{\theta}_q(B)$ คือ ค่าประมาณของตัวดำเนินการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบไม่มีฤดูกาลอันดับที่ q

$= (1-\hat{\theta}_1 B-\hat{\theta}_2 B^2-\ldots-\hat{\theta}_q B^q)$

$\hat{\Phi}_P(B^S)$ คือ ค่าประมาณของตัวดำเนินการถดถอยในตัวเองแบบมีฤดูกาลอันดับที่ P

$= (1-\hat{\Phi}_1 B^S-\hat{\Phi}_2 B^{2S}-\ldots-\hat{\Phi}_P B^{PS})$

$\hat{\Theta}_Q(B^S)$ คือ ค่าประมาณของตัวดำเนินการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบมีฤดูกาลอันดับที่ Q

$= (1-\hat{\Theta}_1 B^S-\hat{\Theta}_2 B^{2S}-\ldots-\hat{\Theta}_Q B^{QS})$

p, P คือ อันดับของกระบวนการถดถอยในตัวเองแบบไม่มีฤดูกาล และแบบมีฤดูกาล ตามลำดับ

q, Q คือ อันดับของกระบวนการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบไม่มีฤดูกาล และแบบมีฤดูกาล ตามลำดับ

$\phi_1, \phi_2, \ldots, \phi_p$ คือ พารามิเตอร์แสดงสัมประสิทธิ์การถดถอยในตัวเองแบบไม่มีฤดูกาลอันดับที่ 1,2,...,p

$\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_q$ คือ พารามิเตอร์แสดงสัมประสิทธิ์การเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบไม่มีฤดูกาลอันดับที่ 1,2,...,q

$\Phi_1, \Phi_2, \ldots, \Phi_P$ คือ พารามิเตอร์แสดงสัมประสิทธิ์การถดถอยในตัวเองแบบมีฤดูกาลอันดับที่ 1,2,...,P

$\Theta_1, \Theta_2, \ldots, \Theta_Q$ คือ พารามิเตอร์แสดงสัมประสิทธิ์การเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบมีฤดูกาลอันดับที่ 1,2,...,Q

3.4 ตัวแบบ SARIMA (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average Model)

ตัวแบบ SARIMA มีชื่อเต็ม คือ Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average Model เป็นวิธีพยากรณ์อนุกรมเวลาซึ่งเลือกตัวแบบที่ใช้ในการพยากรณ์โดยพิจารณาจากฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง และฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อยของข้อมูลอนุกรมเวลาที่พิจารณา โดยอนุกรมเวลาที่นำมาวิเคราะห์ต้องคงที่ (stationary) กล่าวคืออนุกรมเวลาต้องมีค่าเฉลี่ยคงที่และความแปรปรวนคงที่ นอกจากนี้ยังมีการหาผลต่างเพื่อปรับข้อมูลที่ไม่คงที่ (nonstationary) ให้คงที่(Stationary) โดยการหาผลต่างอันดับที่ d และ D ซึ่งอันดับที่ D เป็นผลต่างแบบมีฤดูกาลที่นำมาคิดร่วมด้วยเพื่อปรับผลกระทบของฤดูกาลให้มีความคงที่ (stationary) ในปี ค.ศ.1976 Box และ Jenkins[8] ได้นำเสนอเทอมของ $B^S Y_t = Y_{t-S}$ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการวิเคราะห์อนุกรมเวลาที่มีฤดูกาล และปรากฏความไม่คงที่ (nonstationary) ในอนุกรมเวลา $Y_t, Y_{t-S}, Y_{t-2S}, \ldots$ ซึ่งจะต้องใช้ตัวดำเนินการ $(1-B^S)^D$ มาวิเคราะห์ร่วมด้วยจะได้ตัวแบบ SARIMA(p,d,q)(P,D,Q) มีสมการดังนี้

$$(1-\phi_1 B^1-\phi_2 B^2-\ldots-\phi_p B^p)(1-\Phi_1 B^S-\Phi_2 B^{2S}-\ldots-\Phi_P B^{PS})(1-B)^d(1-B^S)^D Y_t$$
$$= (1-\theta_1 B^1-\theta_2 B^2-\ldots-\theta_q B^q)(1-\Theta_1 B^S-\Theta_2 B^{2S}-\ldots-\Theta_Q B^{QS})\varepsilon_1 \quad (13)$$

โดยที่ Y_t คือ ข้อมูล ณ เวลาที่ t

ε_t คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม (Random Error) ณ เวลาที่ t, $\varepsilon_t \sim \text{Nid}(\mu_\varepsilon = 0, \sigma_\varepsilon^2)$

B คือ ตัวดำเนินการย้อนหลังเวลา (Backshift Operator)

S คือ ความยาวของฤดูกาลใน 1 รอบ ถ้าข้อมูลเป็นรายเดือน S = 12

p, P คือ อันดับของกระบวนการถดถอยในตัวเองแบบไม่มีฤดูกาล และแบบมีฤดูกาล ตามลำดับ

d, D คือ อันดับของการหาผลต่างแบบไม่มีฤดูกาล และแบบมีฤดูกาล ตามลำดับ

q, Q คือ อันดับของกระบวนการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบไม่มีฤดูกาล และแบบมีฤดูกาล ตามลำดับ

$\phi_1, \phi_2, \ldots, \phi_p$ คือ พารามิเตอร์แสดงสัมประสิทธิ์การถดถอยในตัวเองแบบไม่มีฤดูกาลอันดับที่ 1,2,...,p

$\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_q$ คือ พารามิเตอร์แสดงสัมประสิทธิ์การเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบไม่มีฤดูกาลอันดับที่ 1,2,...,q

$\Phi_1, \Phi_2, \ldots, \Phi_P$ คือ พารามิเตอร์แสดงสัมประสิทธิ์การถดถอยในตัวเองแบบมีฤดูกาลอันดับที่ 1,2,...,P

$\Theta_1, \Theta_2, \ldots, \Theta_Q$ คือ พารามิเตอร์แสดงสัมประสิทธิ์การเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบมีฤดูกาลอันดับที่ 1,2,...,Q

3.5 ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination)

ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเป็นค่าสถิติที่ใช้วัดประสิทธิภาพของสมการพยากรณ์ โดยค่า R-Squared มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 และไม่มีหน่วย นิยมวัดในรูปเปอร์เซ็นต์ ถ้า R-Squared มีค่าเข้าใกล้ 100% แสดงว่าสมการพยากรณ์ที่ได้มีประสิทธิภาพสูง ถ้า R-Squared มีค่าเข้าใกล้ 0% แสดงว่าสมการพยากรณ์ที่ได้มีประสิทธิภาพต่ำ โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{R-Squared (\%)} = \left(1-\frac{\sum_{t=1}^{n}(Y_t-\hat{Y}_t)^2}{\sum_{t=1}^{n}(Y_t-\bar{Y})^2}\right)\times 100 \quad (14)$$

โดยที่ Y_t คือ ข้อมูล ณ เวลาที่ t, $\hat{Y}_t$ คือ ค่าพยากรณ์ของข้อมูล ณ เวลาที่ t และ n คือ จำนวนข้อมูลตัวอย่าง

3.6 ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Mean Absolute Percentage Error : MAPE)

ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเป็นค่าที่ใช้วัดความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์อนุกรมเวลา โดยวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดที่จะถูกนำไปใช้ในการพยากรณ์จะต้องมีค่า MAPE ต่ำที่สุด โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{MAPE (\%)} = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}\left|\frac{Y_t-\hat{Y}_t}{Y_t}\right|\times 100 \quad (15)$$

โดยที่ Y_t คือ ข้อมูล ณ เวลาที่ t, $\hat{Y}_t$ คือ ค่าพยากรณ์ของข้อมูล ณ เวลาที่ t และ n คือ จำนวนข้อมูลตัวอย่าง

3.7 ค่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่ลดลง (Reduced Error Rate : RER)

ค่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่ลดลงเป็นค่าที่ใช้วัดความคลาดเคลื่อนที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธี B-WEMA กับวิธี B-DES หรือถ้าเปรียบเทียบวิธี B-WEMA ร่วมกับตัวแบบ SARIMA กับวิธี B-DES หรือถ้าเปรียบเทียบตัวแบบ SARIMA กับวิธี B-DES โดยวิธีพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดจะต้องมีค่า RER มากเข้าใกล้ 100% โดยค่า RER มีสูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{1) Reduced Error Rate (\%)} = \left(1-\frac{MAPE_{B-WEMA}}{MAPE_{B-DES}}\right)\times 100 \quad (16)$$

$$\text{2) Reduced Error Rate (\%)} = \left(1-\frac{MAPE_{B-WEMA\,with\,SARIMA}}{MAPE_{B-DES}}\right)\times 100 \quad (17)$$

$$\text{3) Reduced Error Rate (\%)} = \left(1-\frac{MAPE_{SARIMA}}{MAPE_{B-DES}}\right)\times 100 \quad (18)$$

โดยที่ $MAPE_{B-DES}$ คือ ค่า MAPE ที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยวิธี B-DES

$MAPE_{B-WEMA}$ คือ ค่า MAPE ที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยวิธี B-WEMA

$MAPE_{B-WEMA\,with\,SARIMA}$ คือ ค่า MAPE ที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยวิธี B-WEMA ร่วมกับตัวแบบ SARIMA

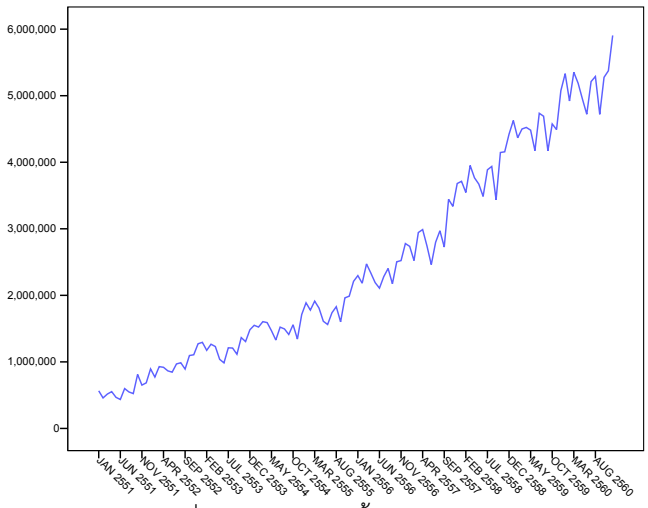
$MAPE_{SARIMA}$ คือ ค่า MAPE ที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยตัวแบบ SARIMA

ผลการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนผู้โดยสารของสายการบินต้นทุนต่ำในประเทศไทยโดยวิธีพยากรณ์ 4 วิธี ได้ผลการวิจัยดังนี้

1. การพยากรณ์ด้วยวิธี B-DES

การวิเคราะห์ลักษณะข้อมูลเบื้องต้นของจำนวนผู้โดยสารของสายการบินต้นทุนต่ำในประเทศไทยตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2551 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2560 แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 จำนวนผู้โดยสารของสายการบินต้นทุนต่ำในประเทศไทยตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2551 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2560

จากภาพที่ 1 พบว่าจำนวนผู้โดยสารของสายการบินต้นทุนต่ำมีแนวโน้มเป็นแบบเชิงเส้น เมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี B-DES ในเบื้องต้นต้องหาค่าเริ่มต้นที่เป็นค่าประมาณในแนวระดับ (L_0) เท่ากับ 542,620.45798 และค่าเริ่มต้นที่เป็นค่าประมาณในแนวโน้ม (T_0) เท่ากับ 44,877.08403 และหาค่าคงที่ในการทำให้เรียบด้วยวิธี Grid Search พบว่า ค่าคงที่ในการทำให้เรียบ (α) มีค่าเท่ากับ 0.155 โดยมีค่า MAPE ต่ำที่สุดเท่ากับ 8.0130% และมีสมการพยากรณ์ล่วงหน้าจากช่วงเวลาที่ t ไป k หน่วย ดังนี้

$$\hat{Y}_{t+k} = L_t + kT_t \tag{19}$$

โดยที่ $L_t = 2S'_t - S''_{t-1}$ (20)

$$T_t = \frac{0.155}{1-0.155}(S'_t - S''_{t-1}) = 0.183(S'_t - S''_{t-1}) \tag{21}$$

$$S'_t = 0.155Y_t + (1-0.155)S'_{t-1} = 0.155Y_t + 0.845S'_{t-1} \tag{22}$$

และ $S''_t = 0.155S'_t + (1-0.155)S''_{t-1} = 0.155S'_t + 0.845S''_{t-1}$ (23)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนผู้โดยสารของสายการบินต้นทุนต่ำรายเดือนในประเทศไทยด้วยวิธี B-DES พบว่ามีค่า R-Squared เท่ากับ 97.7602% และค่า MAPE เท่ากับ 8.0130% และเมื่อตรวจสอบสหสัมพันธ์ในตัวเองของค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้ พบว่ามีสหสัมพันธ์ในตัวเองในช่วงเวลาที่ช้ากว่ากัน 1, 6, 12, 18, 19, 24, 30 เดือน ตามลำดับ โดยมีสถิติ Q เท่ากับ 244.800 และมี p-value < 0.01 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยสถิติ Q ใช้ทดสอบสหสัมพันธ์ในตัวเองของข้อมูลอนุกรมเวลาที่พิจารณา โดยผลการวิเคราะห์ส่วนเหลือแสดงดังตารางที่ 1

2. การพยากรณ์ด้วยวิธี B-WEMA

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี B-WEMA อนุกรมเวลาที่จะนำมาวิเคราะห์ต้องมีแนวโน้มเชิงเส้น (Linear Trend) และไม่มีฤดูกาล (No Seasonal) ซึ่งวิธี B-WEMA เป็นวิธีผสมระหว่างวิธี WMA กับวิธี B-DES (Brown's Double Exponential Smoothing) ในเบื้องต้นทำการประมวลผลโดยวิธี WMA ก่อน ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ระยะของการเฉลี่ยเคลื่อนที่เท่ากับ 3 เดือน (n = 3) เนื่องจากให้ค่าพยากรณ์ที่มีค่า MAPE ต่ำกว่าการใช้ระยะเฉลี่ยเคลื่อนที่เท่ากับ 4 เดือน และ 5 เดือน โดยมีค่า MAPE เท่ากับ 6.4788%, 6.5101% และ 6.5185% ตามลำดับ โดยวิธี WMA ที่ใช้ระยะเฉลี่ยเคลื่อนที่เท่ากับ 3 มีสมการพยากรณ์ดังนี้

$$\text{WMA} = \frac{3Y_m + 2Y_{m-1} + Y_{m-2}}{3+2+1} = \frac{3Y_m + 2Y_{m-1} + Y_{m-2}}{6} \tag{24}$$

และจะนำค่าพยากรณ์โดยวิธี WMA ซึ่งในที่นี้แทนด้วย B_t มาใช้เป็นค่าเริ่มต้นในวิธี B-DES และคำนวณค่าประมาณในแนวระดับ (L_0) เท่ากับ 542,620.45798 และค่าประมาณในแนวโน้ม (T_0) เท่ากับ 44,877.08403 และหาค่าคงที่ในการทำให้เรียบ (α) โดยวิธี Grid Search พบว่าค่าคงที่ในการทำให้เรียบ (α) มีค่าเท่ากับ 0.139 โดยมีค่า MAPE ต่ำที่สุดเท่ากับ 7.8524% และมีสมการพยากรณ์ล่วงหน้าจากช่วงเวลาที่ t ไป k หน่วย ดังนี้

$$\hat{Y}_{t+k} = L_t + kT_t \tag{25}$$

โดยที่ $L_t = 2S'_t - S''_{t-1}$ (26)

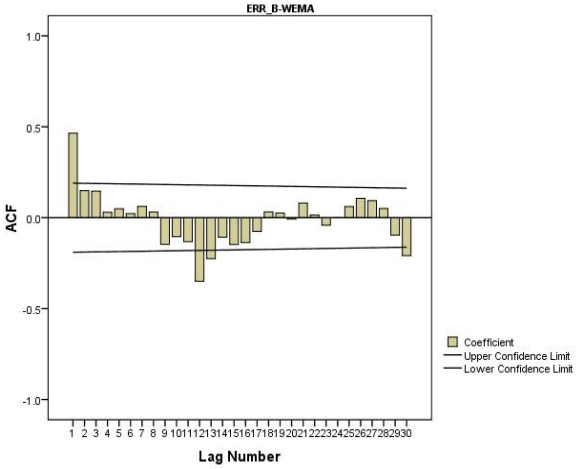
$$T_t = \frac{0.139}{1-0.139}(S'_t - S''_{t-1}) = 0.161(S'_t - S''_{t-1}) \quad (27)$$

$$S'_{t-1} = S''_{t-1} = B_t \quad (28)$$

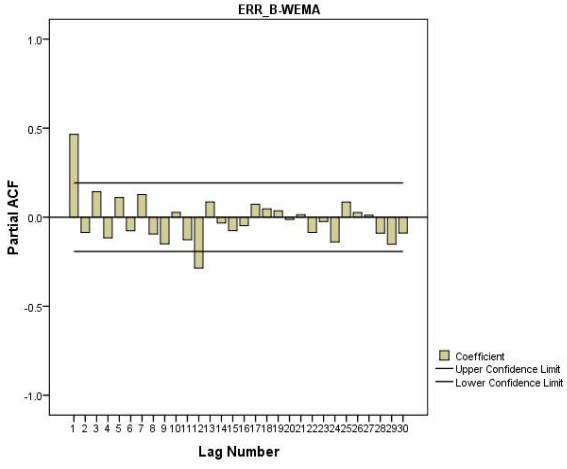
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนผู้โดยสารของสายการบินต้นทุนต่ำรายเดือนในประเทศไทยด้วยวิธี B-WEMA พบว่ามีค่า R-Squared เท่ากับ 97.8064% และมีค่า MAPE เท่ากับ 7.8524% และเมื่อตรวจสอบสหสัมพันธ์ในตัวเองของค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้ พบว่ามีสหสัมพันธ์ในตัวเองในช่วงเวลาที่ช้ากว่ากัน 1, 6, 12, 18, 19, 24 และ 30 เดือน ตามลำดับ โดยมีสถิติ Q เท่ากับ 246.521 และมี p-value < 0.01 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยสถิติ Q ใช้ทดสอบสหสัมพันธ์ในตัวเองของข้อมูลอนุกรมเวลาที่พิจารณา โดยผลการวิเคราะห์ส่วนเหลือแสดงดังตารางที่ 1

3. การพยากรณ์ด้วยวิธี B-WEMA ร่วมกับตัวแบบ SARIMA

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี B-WEMA ร่วมกับตัวแบบ SARIMA เป็นวิธีผสมระหว่างวิธี B-WEMA กับตัวแบบ SARIMA ของความคลาดเคลื่อน วิธีนี้ใช้เพื่อแก้ปัญหากรณีที่ความคลาดเคลื่อนที่ได้จากวิธี B-WEMA มีสหสัมพันธ์ในตัวเอง ดังนั้นจึงนำความคลาดเคลื่อนที่ได้จากวิธี B-WEMA มาพยากรณ์ด้วยตัวแบบ SARIMA โดยพบว่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากวิธี B-WEMA มีสหสัมพันธ์ในตัวเองในช่วงเวลาที่ช้ากว่ากัน 1, 6, 12, 18, 19, 24 และ 30 เดือน ตามลำดับ แต่เนื่องจากความคลาดเคลื่อนที่ได้จากวิธี B-WEMA ไม่คงที่ (Nonstationary) จึงหาผลต่างอันดับที่ 1 แบบ Seasonal (D = 1) พบว่าความคลาดเคลื่อนมีสหสัมพันธ์ในตัวเองในช่วงเวลาที่ช้ากว่ากัน 1, 12, 13, 30 เดือน ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อยในช่วงเวลาที่ช้ากว่ากัน 1 และ 12 เดือน ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 2 และภาพที่ 3



ภาพที่ 2 ACF ของ ERR_B-WEMA ที่มี D = 1



ภาพที่ 3 PACF ของ ERR_B-WEMA ที่มี D = 1

ดังนั้นจึงกำหนดตัวแบบ SARIMA ที่เหมาะสมให้กับความคลาดเคลื่อนได้เป็น SARIMA(1,0,0)(1,1,0) และนำค่าพยากรณ์ของความคลาดเคลื่อนที่ได้จากตัวแบบ SARIMA ไปบวกกับสมการพยากรณ์ของวิธี B-WEMA จะได้สมการวิธี B-WEMA ร่วมกับตัวแบบ SARIMA เป็นดังนี้

$$Y_t = L_t + kT_t + \varepsilon_t \quad (29)$$

$$Y_t = L_t + kT_t + \phi_1\varepsilon_{t-1} + \varepsilon_{t-12} - \phi_1\varepsilon_{t-13} + \Phi_1\varepsilon_{t-12} - \Phi_1\varepsilon_{t-24} - \phi_1\Phi_1\varepsilon_{t-13} + \phi_1\Phi_1\varepsilon_{t-25} + a_t \quad (30)$$

และมีสมการพยากรณ์ล่วงหน้าจากช่วงเวลาที่ t ไป k หน่วย คือ

$$\hat{Y}_{t+k} = L_t + kT_t + \hat{\phi}_1 e_{t-1} + e_{t-12} - \hat{\phi}_1 e_{t-13} + \hat{\Phi}_1 e_{t-12} - \hat{\Phi}_1 e_{t-24} - \hat{\phi}_1\hat{\Phi}_1 e_{t-13} + \hat{\phi}_1\hat{\Phi}_1 e_{t-25} \quad (31)$$

โดยที่ $L_t = 2S'_t - S''_{t-1}$ (32)

$$T_t = \frac{0.139}{1-0.139}(S'_t - S''_{t-1}) = 0.161(S'_t - S''_{t-1}) \quad (33)$$

$$S'_{t-1} = S''_{t-1} = B_t \quad (34)$$

และทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดได้ค่าดังนี้

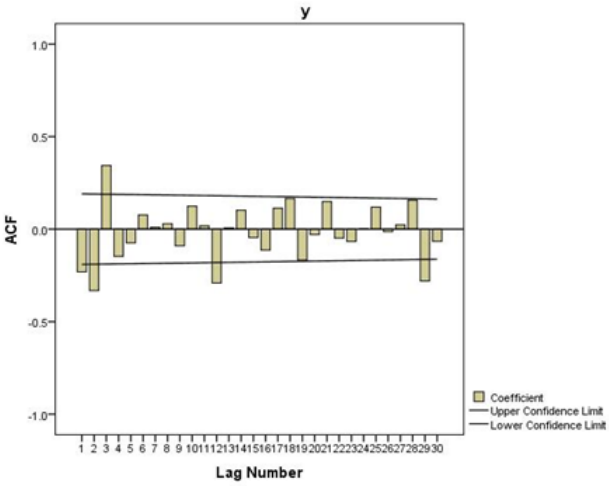
$\hat{\phi}_1$ = 0.47163 (t = 5.550, p-value < 0.01)

$\hat{\Phi}_1$ = -0.35739 (t= -3.689, p-value = 0.00036)

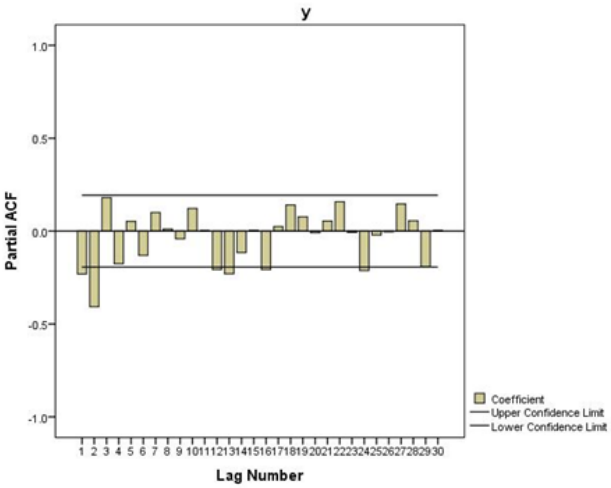
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนผู้โดยสารของสายการบินต้นทุนต่ำรายเดือนในประเทศไทยด้วยวิธี B-WEMA ร่วมกับตัวแบบ SARIMA พบว่ามีค่า R-Squared เท่ากับ 99.3213% และมีค่า MAPE เท่ากับ 4.1487% และเมื่อตรวจสอบสหสัมพันธ์ในตัวเองของค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้ พบว่าไม่มีสหสัมพันธ์ในตัวเองในช่วงเวลาที่ช้ากว่ากันตั้งแต่ 1 ถึง 30 เดือน แสดงดังภาพที่ 6 โดยมีค่าสถิติ Q เท่ากับ 22.548 และมี p-value เท่ากับ 0.833 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยสถิติ Q ใช้ทดสอบสหสัมพันธ์ในตัวเองของข้อมูลอนุกรมเวลาที่พิจารณา โดยผลการวิเคราะห์ส่วนเหลือแสดงดังตารางที่ 1

4. การพยากรณ์ด้วยตัวแบบ SARIMA

การวิเคราะห์ลักษณะเบื้องต้นของข้อมูลจำนวนผู้โดยสารของสายการบินต้นทุนต่ำรายเดือนในประเทศไทยตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2551 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2560 แสดงดังภาพที่ 1 พบว่า ข้อมูลจำนวนผู้โดยสารของสายการบินต้นทุนต่ำรายเดือนในประเทศไทยมีแนวโน้ม มีฤดูกาล และมีความแปรปรวนไม่คงที่ ดังนั้นจึงแปลงข้อมูลด้วยลอการิทึมธรรมชาติ (Natural Logarithms) ก่อนเพื่อทำให้ข้อมูลอนุกรมเวลามีความแปรปรวนคงที่ และหาผลต่างครั้งที่ 1 แบบไม่มีฤดูกาล (d=1) และหาผลต่างครั้งที่ 1 แบบฤดูกาล (D=1) เพื่อทำให้อนุกรมเวลามีค่าเฉลี่ยคงที่อยู่ในระดับเดียวกัน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปเขียนกราฟแสดงค่าฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง (ACF) และค่าฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อย (PACF) ตามลำดับ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดอันดับที่ p, P, q และ Q ในตัวแบบ SARIMA แสดงดังภาพที่ 4 และภาพที่ 5



ภาพที่ 4 ACF ของ ln Y ที่มี d=1 และ D=1



ภาพที่ 5 PACF ของ ln Y ที่มี d=1 และ D=1

จากภาพที่ 4 และภาพที่ 5 พบว่าอนุกรมเวลา ln Y มีสหสัมพันธ์ในตัวเองในช่วงเวลาที่ช้ากว่ากัน 1, 2, 3, 12 และ 29 เดือน ตามลำดับ และมีสหสัมพันธ์ในตัวเองส่วนย่อยในช่วงเวลาที่ช้ากว่ากัน 1, 2, 3, 12, 13, 16 และ 24 เดือน ตามลำดับ โดยตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดคือ ตัวแบบ SARIMA (0,1,(1,2,3,29))(0,1,1) โดยมีสมการตัวแบบ คือ

$$(1-B)(1-B^{12})Y_t' = (1-\theta_1 B-\theta_2 B^2-\theta_3 B^3-\theta_{29}B^{29})(1-\Theta_1 B^{12})\varepsilon_t' \quad (35)$$

$$Y_t' = Y_{t-1}' + Y_{t-12}' - Y_{t-13}' - \theta_1\varepsilon_{t-1}' - \theta_2\varepsilon_{t-2}' - \theta_3\varepsilon_{t-3}' - \theta_{29}\varepsilon_{t-29}' + \Theta_1\varepsilon_{t-12}' + \theta_1\Theta_1\varepsilon_{t-13}' + \theta_2\Theta_1\varepsilon_{t-14}' + \theta_3\Theta_1\varepsilon_{t-15}' + \theta_{29}\Theta_1\varepsilon_{t-41}' + \varepsilon_t' \quad (36)$$

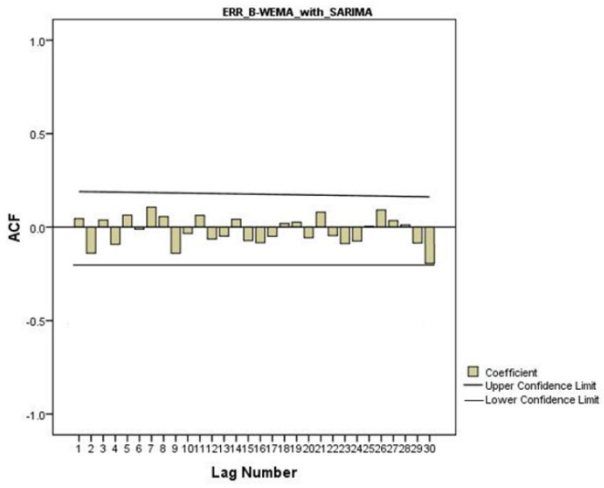
โดยที่ $Y_t' = \ln Y_t$ และมีสมการพยากรณ์ คือ

$$\hat{Y}_t' = Y_{t-1}' + Y_{t-12}' - Y_{t-13}' - \hat{\theta}_1 e_{t-1}' - \hat{\theta}_2 e_{t-2}' - \hat{\theta}_3 e_{t-3}' - \hat{\theta}_{29} e_{t-29}' + \hat{\Theta}_1 e_{t-12}' + \hat{\theta}_1\hat{\Theta}_1 e_{t-13}' + \hat{\theta}_2\hat{\Theta}_1 e_{t-14}' + \hat{\theta}_3\hat{\Theta}_1 e_{t-15}' + \hat{\theta}_{29}\hat{\Theta}_1 e_{t-41}' \quad (37)$$

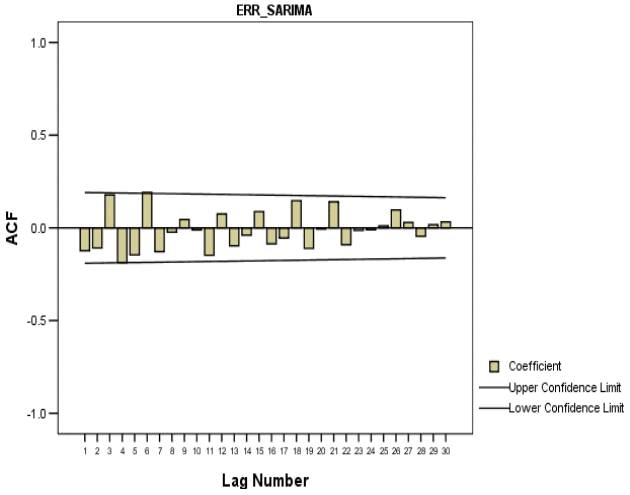
และทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดได้ค่าดังนี้

$\hat{\theta}_1$ = 0.24730 (t = 1.994, p-value = 0.04885), $\hat{\theta}_2$ = 0.36063 (t = 3.117, p-value = 0.00238),
$\hat{\theta}_3$ = -0.34604 (t =-2.714, p-value = 0.00782), $\hat{\theta}_{29}$ = 0.58094 (t = 2.902, p-value = 0.00454),
$\hat{\Theta}_1$ = 0.45321 (t = 5.030, p-value < 0.01)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนผู้โดยสารของสายการบินต้นทุนต่ำรายเดือนในประเทศไทยด้วยตัวแบบ SARIMA(0,1,(1,2,3,29))(0,1,1) พบว่ามีค่า R-Squared เท่ากับ 99.2751% และมีค่า MAPE เท่ากับ 4.2348% และเมื่อตรวจสอบสหสัมพันธ์ในตัวเองของค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้ พบว่าไม่มีสหสัมพันธ์ในตัวเองในช่วงเวลาที่ช้ากว่ากันตั้งแต่ 1 ถึง 30 เดือน แสดงดังภาพที่ 7 โดยมีค่าสถิติ Q เท่ากับ 36.670 และมี p-value เท่ากับ 0.187 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยสถิติ Q ใช้ทดสอบสหสัมพันธ์ในตัวเองของข้อมูลอนุกรมเวลาที่พิจารณา โดยผลการวิเคราะห์ส่วนเหลือแสดงดังตารางที่ 1

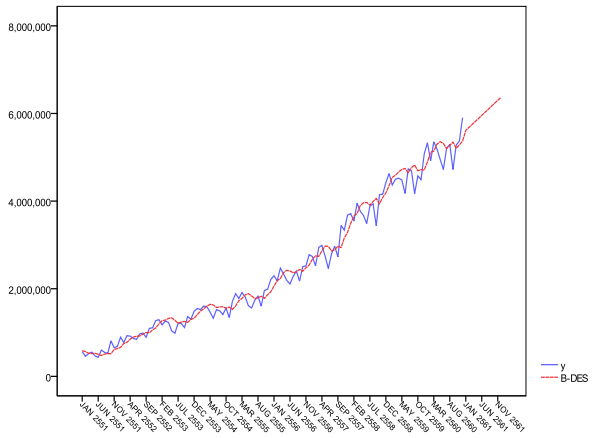


ภาพที่ 6 ACF ของความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยวิธี B-WEMA ร่วมกับตัวแบบ SARIMA

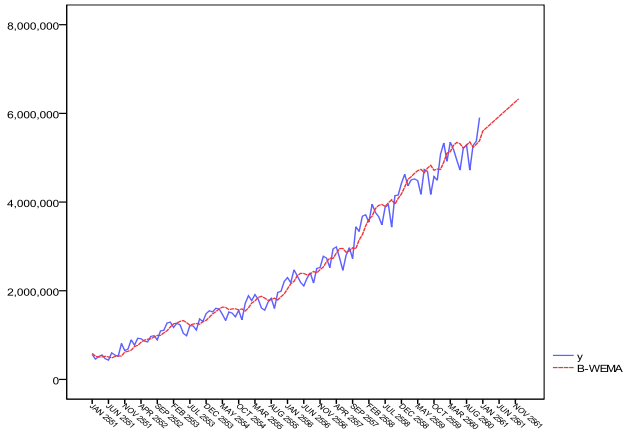


ภาพที่ 7 ACF ของความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยตัวแบบ SARIMA

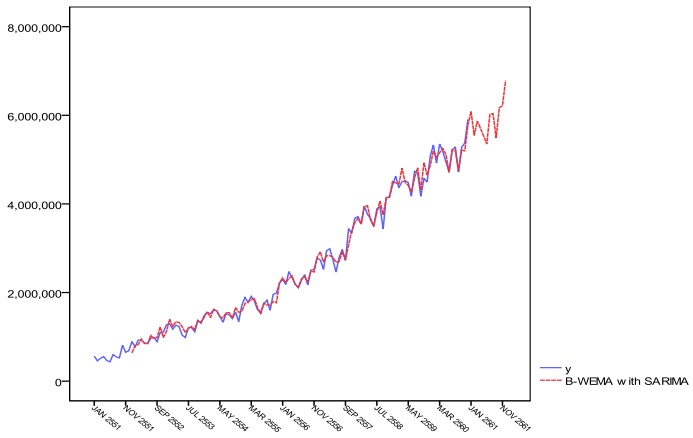
เมื่อได้วิธีพยากรณ์ที่เหมาะสมในแต่ละวิธีพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี และทำการพยากรณ์จำนวนผู้โดยสารของสายการบินต้นทุนต่ำในประเทศไทยล่วงหน้าตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2561 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2561 จำนวน 12 เดือน แล้วคำนวณ ค่า MAPE, R-Squared และ RER ของวิธีพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี แสดงดังตารางที่ 2 ส่วนกราฟเปรียบเทียบค่าที่แท้จริงและค่าพยากรณ์โดยวิธี B-DES, วิธี B-WEMA, วิธี B-WEMA ร่วมกับตัวแบบ SARIMA และตัวแบบ SARIMA แสดงดังภาพที่ 8 ถึง ภาพที่ 11



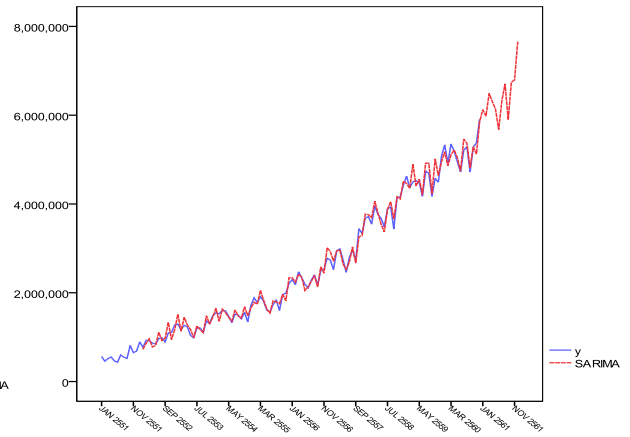
ภาพที่ 8 ค่าที่แท้จริงและค่าพยากรณ์โดยวิธี B-DES



ภาพที่ 9 ค่าที่แท้จริงและค่าพยากรณ์โดยวิธี B-WEMA



ภาพที่ 10 ค่าที่แท้จริงและค่าพยากรณ์โดยวิธี B-WEMA ร่วมกับตัวแบบ SARIMA



ภาพที่ 11 ค่าที่แท้จริงและค่าพยากรณ์โดยตัวแบบ SARIMA

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ส่วนเหลือ (Residual Analysis) ของวิธีพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี ในการพยากรณ์จำนวนผู้โดยสารของสายการบินต้นทุนต่ำรายเดือนในประเทศไทย

การวิเคราะห์ข้อมูล	1) วิธี B-DES	2) วิธี B-WEMA	3) วิธี B-WEMA ร่วมกับตัวแบบ SARIMA	5) ตัวแบบ SARIMA
1. ความเป็นอิสระ	ค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มมีสหสัมพันธ์ในตัวเองในช่วงเวลาที่ช้ากว่ากัน 1, 6, 12, 18, 19, 24 และ 30 เดือน Q = 244.800 p-value < 0.01	ค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มมีสหสัมพันธ์ในตัวเองในช่วงเวลาที่ช้ากว่ากัน 1, 6, 12, 18, 19, 24 และ 30 เดือน Q = 246.521 p-value < 0.01	ค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มไม่มีสหสัมพันธ์ในตัวเองในช่วงเวลาที่ช้ากว่ากัน 1 ถึง 30 เดือน Q = 22.548 p-value = 0.833	ค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มไม่มีสหสัมพันธ์ในตัวเองในช่วงเวลาที่ช้ากว่ากัน 1 ถึง 30 เดือน Q = 36.670 p-value = 0.187
2. การแจกแจงปกติ	ค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มมีการแจกแจงปกติ Z_{KS} = 0.895 p-value = 0.400	ค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มมีการแจกแจงปกติ Z_{KS} = 1.065 p-value = 0.207	ค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มมีการแจกแจงปกติ Z_{KS} = 0.733 p-value = 0.656	ค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มมีการแจกแจงปกติ Z_{KS} = 0.849 p-value = 0.467
3. ค่าเฉลี่ยไม่ต่างจากศูนย์	ค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างจากศูนย์ t = -1.051 p-value = 0.295	ค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างจากศูนย์ t = -0.827 p-value = 0.410	ค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างจากศูนย์ t = -0.577 p-value = 0.565	ค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างจากศูนย์ t = -1.666 p-value = 0.099
4. ความแปรปรวนคงที่	ค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มมีความแปรปรวนไม่คงที่ W = 2.943 p-value = 0.002	ค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มมีความแปรปรวนไม่คงที่ W = 2.958 p-value = 0.002	ค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มมีความแปรปรวนคงที่ W = 1.279 p-value = 0.248	ค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มมีความแปรปรวนคงที่ W = 1.428 p-value = 0.173

หมายเหตุ W คือ สถิติทดสอบของ Levene ใช้สำหรับทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนประชากร k กลุ่ม

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่า MAPE, R-Squared และ RER ของวิธีพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี

วิธีพยากรณ์	ค่า MAPE (%)		R-Squared (%)	RER (%)
	การพยากรณ์ในอดีต ม.ค.2551 - ธ.ค.2560 (จำนวน 120 เดือน)	การพยากรณ์ล่วงหน้า ม.ค.2561 - ธ.ค.2561 (จำนวน 12 เดือน)		
1. วิธี B-DES	8.0130%	6.5056%	97.7602%	0.000%
2. วิธี B-WEMA	7.8524%	6.3168%	97.8064%	2.0042%
3. วิธี B-WEMA ร่วมกับ SARIMA	**4.1487%**	**4.8807%**	**99.3213%**	**48.2254%**
4. ตัวแบบ SARIMA	4.2348%	10.5503%	99.2751%	47.1509%

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่าที่แท้จริง (Y_t), ค่าพยากรณ์ ($\hat{Y}_t$) และค่าพยากรณ์ล่วงหน้าแบบช่วงที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของข้อมูลจำนวนผู้โดยสารของสายการบินต้นทุนต่ำรายเดือนในประเทศไทย โดยใช้วิธี B-WEMA ร่วมกับตัวแบบ SARIMA

เดือน-ปี	ค่าที่แท้จริง (คน)	ค่าพยากรณ์ (คน)	ขอบเขตล่างของค่าพยากรณ์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%	ขอบเขตบนของค่าพยากรณ์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ม.ค. 2561	6,068,351	5,601,954.39	5,404,918.55	6,766,392.85
ก.พ. 2561	5,676,971	5,667,891.86	4,841,109.79	6,252,541.67
มี.ค. 2561	6,126,714	5,733,829.34	5,160,804.59	6,582,712.86
เม.ย. 2561	5,977,973	5,799,766.81	4,993,049.40	6,417,260.11
พ.ค. 2561	5,770,627	5,865,704.29	4,823,508.82	6,248,230.32
มิ.ย. 2561	5,493,063	5,931,641.76	4,638,705.44	6,063,540.48
ก.ค. 2561	5,728,386	5,997,579.23	5,308,884.34	6,733,744.64
ส.ค. 2561	5,750,348	6,063,516.71	5,327,733.39	6,752,599.31
ก.ย. 2561	5,054,615	6,129,454.18	4,774,968.34	6,199,835.51
ต.ค. 2561	5,764,927	6,195,391.65	5,459,217.49	6,884,084.94
พ.ย. 2561	5,730,665	6,261,329.13	5,503,748.27	6,928,615.78
ธ.ค. 2561	6,377,847	6,327,266.60	6,071,708.25	7,496,575.77
ผลรวม	**69,520,487.00**	**71,575,325.95**	**62,308,357.67**	**79,326,134.24**

จากตารางที่ 3 พบว่าเมื่อนำค่าที่แท้จริงของจำนวนผู้โดยสารของสายการบินต้นทุนต่ำรายเดือนในประเทศไทยตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2561 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2561 จำนวน 12 เดือนซึ่งเป็นข้อมูลที่เก็บไว้เพื่อใช้ทดสอบมาเปรียบเทียบกับค่า

พยากรณ์ล่วงหน้าแบบช่วงที่พยากรณ์ด้วยวิธี B-WEMA ร่วมกับตัวแบบ SARIMA ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่าค่าที่แท้จริงดังกล่าวมีค่าอยู่ภายใต้ขอบเขตล่างและขอบเขตบนของค่าที่พยากรณ์ได้ทุกเดือน ดังนั้นสามารถใช้วิธีพยากรณ์ดังกล่าวในการพยากรณ์จำนวนผู้โดยสารของสายการบินต้นทุนต่ำรายเดือนในประเทศไทยได้

การอภิปรายผล

จากภาพที่ 10 จะเห็นว่าค่าที่แท้จริงตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2551 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2560 ของจำนวนผู้โดยสารของสายการบินต้นทุนต่ำรายเดือนในประเทศไทย (เส้นสีน้ำเงิน) กับค่าพยากรณ์ที่ได้โดยใช้วิธี B-WEMA ร่วมกับตัวแบบ SARIMA (เส้นประสีแดง) มีค่าใกล้เคียงกันมาก โดยค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ในอดีตจำนวน 120 เดือน และการพยากรณ์ล่วงหน้าจำนวน 12 เดือนของวิธี B-WEMA ร่วมกับตัวแบบ SARIMA มีค่า MAPE ต่ำที่สุดเท่ากับ 4.1487% และ 4.8807% ตามลำดับ มีค่า R-Squared มากที่สุดเท่ากับ 99.3213% และมีค่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่ลดลง (RER) มากที่สุดเท่ากับ 48.2254% เมื่อเทียบกับวิธี B-DES แสดงดังตารางที่ 2 เมื่อพิจารณาตารางที่ 3 จะเห็นว่าค่าที่แท้จริงตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2561 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2561 ทั้ง 12 เดือนของจำนวนผู้โดยสารของสายการบินต้นทุนต่ำรายเดือนในประเทศไทยตกอยู่ในช่วงของค่าพยากรณ์ล่วงหน้าแบบช่วงที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ที่พยากรณ์โดยใช้วิธี B-WEMA ร่วมกับตัวแบบ SARIMA แสดงว่าค่าที่แท้จริงกับค่าพยากรณ์ที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันมาก เนื่องจากวิธี B-WEMA ร่วมกับตัวแบบ SARIMA เป็นวิธีผสมของวิธี 3 วิธี โดยในเบื้องต้นเป็นวิธีผสมระหว่างวิธี WMA กับวิธี B-DES ได้เป็นวิธีพยากรณ์ B-WEMA โดยข้อมูลที่นำมาศึกษามีฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ดังนั้นจึงนำเอาวิธี B-WEMA ไปร่วมกับตัวแบบ SARIMA ได้เป็นวิธีใหม่คือ วิธี B-WEMA ร่วมกับตัวแบบ SARIMA เนื่องจากความคลาดเคลื่อนที่ได้จากวิธี B-WEMA มีสหสัมพันธ์ในตัวเอง ดังนั้นจึงกำหนดตัวแบบ SARIMA ให้กับความคลาดเคลื่อนที่ได้ และนำเอาค่าพยากรณ์ของความคลาดเคลื่อนที่ได้ไปบวกกับสมการพยากรณ์ของวิธี B-WEMA จึงทำให้วิธี B-WEMA ร่วมกับตัวแบบ SARIMA มีความแม่นยำในการพยากรณ์มากกว่าตัวแบบอื่นๆที่ใช้ในการเปรียบเทียบครั้งนี้ นอกจากนี้ตัวแบบดังกล่าวมีความคลาดเคลื่อนสุ่มเป็นไปตามข้อตกลงกล่าวคือ ความคลาดเคลื่อนสุ่มมีการแจกแจงปกติและเป็นอิสระกัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์และความแปรปรวนคงที่ โดยผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 1 ผลการวิจัยในครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hansun และ Subanar[6] ที่สรุปว่าวิธี B-WEMA มีความแม่นยำในการพยากรณ์มากกว่าวิธีอื่นๆที่ใช้ในการศึกษา ส่วนในงานวิจัยนี้ได้นำวิธี B-WEMA มาร่วมกับตัวแบบ SARIMA เพื่อใช้พยากรณ์ข้อมูลที่มีฤดูกาลซึ่งทำให้มีความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์น้อยกว่าวิธีอื่นๆที่ใช้ในการเปรียบเทียบครั้งนี้เช่นเดียวกัน ดังนั้นวิธี B-WEMA ร่วมกับตัวแบบ SARIMA จึงมีความเหมาะสมในการพยากรณ์จำนวนผู้โดยสารของสายการบินต้นทุนต่ำรายเดือนในประเทศไทย และคำนวณค่าพยากรณ์จำนวนผู้โดยสารของสายการบินต้นทุนต่ำรายเดือนในประเทศไทยในอนาคต ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2561 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2561 แสดงดังตารางที่ 3 โดยผลรวมของค่าพยากรณ์จำนวนผู้โดยสาร ในปี พ.ศ.2561 มีค่าเท่ากับ 71,575,325.94 คน ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับจำนวนผู้โดยสารที่แท้จริงในปี พ.ศ.2561 ดังนั้นวิธี B-WEMA ร่วมกับตัวแบบ SARIMA สามารถนำไปใช้ในการคำนวณค่าพยากรณ์จำนวนผู้โดยสารของสายการบินต้นทุนต่ำรายเดือนในประเทศไทยในปีต่อๆ ไปได้ จากผลการพยากรณ์ที่ได้สามารถใช้เป็นแนวทางให้บริษัทท่าอากาศยานไทยจำกัด (มหาชน) ต้องเตรียมการวางแผนอำนวยความสะดวกด้านต่างๆ ให้เพียงพอต่อการรองรับการใช้บริการของผู้โดยสารของสายการบินต้นทุนต่ำที่สูงกว่า 71 ล้านคน ในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

สรุป

การพยากรณ์จำนวนผู้โดยสารของสายการบินต้นทุนต่ำรายเดือนในประเทศไทยโดยเปรียบเทียบวิธีพยากรณ์อนุกรมเวลา 4 วิธี คือ 1) วิธี B-DES 2) วิธี B-WEMA 3) วิธี B-WEMA ร่วมกับตัวแบบ SARIMA และ 4) ตัวแบบ SARIMA ซึ่งจะพิจารณาจากความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ข้อมูลล่วงหน้าจำนวน 12 เดือน สรุปได้ว่าวิธี B-WEMA ร่วมกับตัวแบบ SARIMA เป็นวิธีพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์จำนวนผู้โดยสารของสายการบินต้นทุนต่ำรายเดือนในประเทศไทย โดยมีค่า MAPE ต่ำที่สุดเท่ากับ 4.8807% และมีค่า R-Squared มากที่สุดเท่ากับ 99.3213%

เอกสารอ้างอิง

1. บริษัททท่าอากาศยานไทยจำกัด (มหาชน). ข้อมูลสถิติจำนวนผู้โดยสารของสายการบินต้นทุนต่ำรายเดือนในประเทศไทย [อินเทอร์เน็ต]. 2561 [เข้าถึงเมื่อ 14 ส.ค. 2561]. เข้าถึงได้จาก: http://aot-th.listedcompany.com/transport.html
2. อรกนิษฐ์ จันทร์แปลง. การศึกษาเปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์จำนวนผู้โดยสาร ณ ท่าอากาศยานต่างๆ กรณีศึกษา : ประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้. [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2546.
3. Ching FC, Yu HC, Yu WC. Seasonal ARIMA forecasting of inbound air travel arrivals to Taiwan. Transportmetrica 2009;5(2):125-40.
4. Önder E, Kuzu S. Forecasting air traffic volumes using smoothing techniques. Journal of Aeronautics and Space Technologies 2014;7(1):65-85.
5. Srisaeng P, Baxter GS, Wild G. Forecasting demand for low cost carries in Australia using an artificial neural network approach. AVIATION 2015;19(2):90-103.
6. Hansun S, Subanar. Brown's weighted exponential moving average implementation in forex forecasting. TELKOMNIKA 2017;15(3):1425-32.
7. Brown RG. Exponential Smoothing for Predicting Demand. Massachusetts: Arthur D. Little Inc.; 1956.
8. Box GEP, Jenkins GM. Time series analysis, forecasting and control. San Francisco: Holden Day; 1976.

[BS-P31] การพยากรณ์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ก๊าซธรรมชาติ โดยวิธีบอกซ์ – เจนกินส์ และวิธีการของวินเตอร์

A Forecasting Methods for CO_2 Emission from Using Natural Gas: Box - Jenkins Method and Winter's Method

สุณี ทวีสกุลวัชระ*, ยุพิน กาญจนะศักดิ์ดา, บุญหญิง สมร่าง และ ลักขณา เศาธยะนันท์
Sunee Taweesakulvatchara*, Yupin Kanjanasakda, Boonying Somrang and Luckhana Saothayanun
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
**ผู้ประสานงานหลัก, อีเมล์: sunee_tha@utcc.ac.th*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสมและเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ก๊าซธรรมชาติ 2 วิธี คือ วิธีบอกซ์–เจนกินส์ และวิธีการของวินเตอร์ โดยวิธีบอกซ์-เจนกินส์มีตัวแบบที่เหมาะสมคือ ARIMA $(1,1,1)(0,1,1)_{12}$ และวิธีการของวินเตอร์มีตัวแบบพยากรณ์ ณ ช่วงเวลา t+1 จากเวลาปัจจุบัน t คือ $\hat{Y}_t(l) = (\hat{\mu}_t + l\,\hat{\beta}_t)\hat{s}_{t+l-m}$, $l = 1,2,\ldots,m$ และ $\hat{Y}_t(l) = (\hat{\mu}_t + l\,\hat{\beta}_t)\,\hat{s}_{t+l-km}$, $l = (k-1)m+1, (k-1)m+2, \ldots, km;\ k = 1, 2, 3,\ldots$ ซึ่งค่าประมาณพารามิเตอร์คือ $\hat{\mu}_t = 0.566(Y_t / \hat{s}_{t-m}) + 0.434(\hat{\mu}_{t-1} + \hat{\beta}_{t-1})$, $\hat{\beta}_t = 0.001(\hat{\mu}_t - \hat{\mu}_{t-1}) + 0.999\hat{\beta}_{t-1}$ และ $\hat{s}_t = 0.271(Y_t / \hat{\mu}_t) + 0.729\hat{s}_{t-m}$ สำหรับการตรวจสอบความแม่นยำของการพยากรณ์พิจารณาจากค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error: MAPE) ผลการวิจัยพบว่า MAPE ในการพยากรณ์ระยะสั้นให้ค่าต่ำกว่าการพยากรณ์ในระยะยาว และเมื่อพิจารณาวิธีพยากรณ์ทั้ง 2 วิธี วิธีบอกซ์-เจนกินส์จะให้ค่าความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าวิธีการของวินเตอร์ ทั้ง 2 ช่วงเวลาของการพยากรณ์ล่วงหน้า

คำสำคัญ: *การพยากรณ์, วิธีบอกซ์-เจนกินส์, วิธีวินเตอร์*

Abstract

This research aims to determine an optimum model and compare two methods for predicting the quantity of carbon dioxide from natural gas use including the Box- Jenkin method and the Winter's method. The suitable model of Box-Jenkin method is ARIMA $(1,1,1)(0,1,1)_{12}$, and in the case of the Winter's method, the forecasting model for the time t+ 1 from time t is $\hat{Y}_t(l) = (\hat{\mu}_t + l\,\hat{\beta}_t)\hat{s}_{t+l-m}$, $l = 1, 2, \ldots, m$ and $\hat{Y}_t(l) = (\hat{\mu}_t + l\,\hat{\beta}_t)\,\hat{s}_{t+l-km}$, $l = (k-1)m+1, (k-1)m+2, \ldots, km;\ k = 1, 2, 3, \ldots$ with the estimated parameters $\hat{\mu}_t = 0.566(Y_t / \hat{s}_{t-m}) + 0.434(\hat{\mu}_{t-1} + \hat{\beta}_{t-1})$, $\hat{\beta}_t = 0.001(\hat{\mu}_t - \hat{\mu}_{t-1}) + 0.999\hat{\beta}_{t-1}$ and $\hat{s}_t = 0.271(Y_t / \hat{\mu}_t) + 0.729\hat{s}_{t-m}$ We evaluate the correctness of the prediction using the Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Results indicate that MAPE for short term prediction is lower than long term prediction. The comparison of the two methods found that the Box-Jenkin method produces a lower approximation error than the Winter's method in 2 periods of prediction.

Keywords: *forecasting, Box-Jenkins method, Winter's method*

บทนำ

คาร์บอนไดออกไซด์ที่มนุษย์ปล่อยออกสู่บรรยากาศมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลซึ่งมาจากการผลิตพลังงานและการขนส่งเป็นหลัก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เมื่ออยู่ในบรรยากาศแล้ว คาร์บอนไดออกไซด์จะคงอยู่เป็นเวลา 50 ถึง 200 ปี และบางส่วนคงอยู่ตลอดไป ซึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นหนึ่งในก๊าซเรือนกระจกที่มีความสำคัญ ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของสภาวะโลกร้อน โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาจาการเผาไหม้เชื้อเพลิง ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนมากถึงร้อยละ 87[1] เชื้อเพลิงฟอสซิลได้แก่ น้ำมัน ถ่านหิน และ ก๊าซธรรมชาติซึ่งเชื่อกันว่าเกิดขึ้นจากซากพืชและสัตว์ที่มีชีวิตอยู่หลายร้อยปี เชื้อเพลิงฟอสซิลทั้งหมดประกอบด้วยไฮโดรคาร์บอน และเมื่อถูกเผาไหม้จะปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา หากต้องการหลีกเลี่ยงภาวะโลกร้อนที่อันตราย การเผาไหม้น้ำมัน ถ่านหิน และ ก๊าซธรรมชาติ จะต้องน้อยกว่า 1 ใน 4 ของที่สำรองไว้ หากเผาไหม้มากกว่านี้จะมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากพอที่จะเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างมาก ปัญหาการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นปัญหาทั้งในระดับธุรกิจและระดับบุคคล ตัวอย่างเช่น คนที่ขับรถที่กินน้ำมันมากเกินไปนั้นจะเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลมากกว่าคนที่ขับรถที่มีประสิทธิภาพทางพลังงาน เป็นต้น ในระดับประเทศ ธุรกิจต่างๆที่เกี่ยวข้อง ต้องมีส่วนในการรับผิดชอบ และในระดับบุคคล ก็ควรมีจิตสำนึกในการรับผิดชอบร่วมกันที่จะไม่สร้างผลกระทบต่อภูมิอากาศ[2]

ปี ค.ศ. 2050 สหพันธ์ก๊าซนานาชาติประเมินว่า ก๊าซธรรมชาติจะกลายเป็นพลังงานหลักของโลกแทนน้ำมัน จากปัจจุบันที่มีการใช้ก๊าซเป็นพลังงานอยู่ประมาณ 1 ใน 5 ของโลกเนื่องมาจากการใช้ก๊าซเป็นพลังงานที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเพราะในปัจจุบันคำนึงถึงการรักษาสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ก๊าซธรรมชาติจึงเป็นตัวเลือกสำคัญเพราะปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุดและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับน้ำมันและถ่านหิน อัตราเติบโตของการใช้ก๊าซธรรมชาติเฉลี่ยต่อปีของประเทศไทยประมาณ 45% ซึ่งปรับขึ้นลงตามอัตราเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ[3] การใช้ก๊าซธรรมชาติมีการนำไปใช้ในภาคส่วนต่างๆ ได้แก่ ภาคการผลิตไฟฟ้า ภาคการขนส่ง และภาคอุตสาหกรรม ในปี พ.ศ. 2560 พบว่า ภาคการผลิตไฟฟ้า ภาคการขนส่ง และภาคอุตสาหกรรม มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ก๊าซธรรมชาติอยู่ที่ระดับ 57.8, 5.2 และ20.5 ล้านตันตามลำดับ[4] ซึ่งจะเห็นว่าภาคการผลิตไฟฟ้ามีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ก๊าซธรรมชาติมากที่สุด การดำเนินงานเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ประชาชนเป็นภาคส่วนที่สำคัญที่สุดในแง่ของการให้ความร่วมมือดำเนินกิจกรรมในส่วนที่สามารถช่วยกันทำได้ ตลอดจนช่วยกันปรับเปลี่ยนกิจวัตรประจำวัน หรือขั้นตอนการดำเนินชีวิต ไปจนถึงการปรับเปลี่ยนวิถีชีวิต เช่น การเปิดไฟฟ้าเท่าที่จำเป็น หรือเลือกใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ประหยัดพลังงาน เป็นต้น

การพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลามีหลายวิธีเช่น การวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบแยกส่วน เทคนิคการปรับให้เรียบ วิธีบอกซ์-เจนกินส์[5] เป็นต้น ข้อมูลอนุกรมเวลามักจะมีความผันแปรเนื่องจากเหตุการณ์ที่ผิดปกติ ซึ่งเทคนิคการปรับให้เรียบจะช่วยขจัดอิทธิพลของความผันแปรจากเหตุการณ์ที่ผิดปกติ ทำให้สามารถเห็นองค์ประกอบอื่นๆของข้อมูลอนุกรมเวลาได้ วิธีการของวินเตอร์[6] เป็นวิธีการหนึ่งในเทคนิคการปรับให้เรียบซึ่งเหมาะกับข้อมูลที่มีแนวโน้มและฤดูกาล สำหรับวิธีบอกซ์-เจนกินส์สามารถใช้กับข้อมูลที่มีการเคลื่อนไหวทุกรูปแบบและเป็นวิธีการที่มีความแม่นยำในการพยากรณ์ค่อนข้างสูง

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะทำการหาตัวแบบที่เหมาะสมในการพยากรณ์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ก๊าซธรรมชาติ และเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ก๊าซธรรมชาติ 2 วิธี คือ วิธีบอกซ์–เจนกินส์ และวิธีการของวินเตอร์ เพื่อให้นักวิจัยหรือนักวิชาการที่อยู่ในหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำผลการวิจัยครั้งนี้ ไปใช้เป็นแนวทางในการวางแผน หรือกำหนดนโยบายในการใช้พลังงานเพื่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด และเป็นประโยชน์ในการวางแผนปฏิบัติการต่างๆในหน่วยงานได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสมในการพยากรณ์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ก๊าซธรรมชาติ

2. เพื่อเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ก๊าซธรรมชาติ 2 วิธี คือ วิธีบอกซ์–เจนกินส์ และวิธีการของวินเตอร์

วิธีดำเนินการวิจัย

การสร้างตัวแบบพยากรณ์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ก๊าซธรรมชาติ มีขั้นตอนดังนี้คือ

1. การจัดเตรียมข้อมูล

ข้อมูลที่นำมาศึกษาเป็นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ก๊าซธรรมชาติ ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2543 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 ทั้งหมด 228 เดือน แบ่งเป็น 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2543 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 จำนวน 216 เดือน เป็นข้อมูลที่นำมาใช้ในการสร้างตัวแบบพยากรณ์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ก๊าซธรรมชาติ ชุดที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 จำนวน 12 เดือน เป็นข้อมูลที่นำมาทดสอบผลของการใช้ตัวแบบพยากรณ์ที่สร้างขึ้น ที่มาของแหล่งข้อมูลคือ เวปไซต์สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน ของกระทรวงพลังงาน[7]

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS และMicrosoft Excel ช่วยในการวิเคราะห์ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error: MAPE) ของวิธีพยากรณ์ 2 วิธีคือ วิธีพยากรณ์ของบอกซ์–เจนกินส์ และวิธีการพยากรณ์ของวินเตอร์

2.1 วิธีพยากรณ์ของบอกซ์-เจนกินส์[5] เป็นวิธีที่ใช้สำหรับเลือกรูปแบบที่เหมาะสมให้กับอนุกรมเวลา โดยพิจารณาจากสหสัมพันธ์ระหว่าง Y ที่คาบเวลา t (Y_t) และที่คาบเวลาที่ผ่านมา (Y_{t-1}, Y_{t-2}, ...) เมื่อได้ตัวแบบที่เหมาะสมแล้วจะใช้ตัวแบบนี้ในการพยากรณ์ Y_{t+1}, Y_{t+2},... ในอนาคต อนุกรมเวลาที่จะกำหนดรูปแบบโดยวิธีบอกซ์-เจนกินส์ จะต้องเป็นอนุกรมเวลาที่อยู่ในสภาวะนิ่ง (Stationary data series) เท่านั้น ซึ่งหมายถึงคงที่ในค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน และความแปรปรวนร่วม ไม่แปรผันตามเวลา ซึ่งมีขั้นตอนของวิธีพยากรณ์ของบอกซ์-เจนกินส์ที่สำคัญประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้

(1) ตรวจสอบสภาวะนิ่งด้วยการพิจารณาจากกราฟของอนุกรมเวลา และพิจารณาจากกราฟฟังก์ชันอัตสหสัมพันธ์ตัวอย่าง (Sample Autocorrelation Function: SACF) แทนด้วย r_k

(2) ถ้าตรวจสอบแล้วพบว่าอนุกรมเวลาไม่อยู่ในสภาวะคงที่ในค่าเฉลี่ย จะทำการแปลงเป็นอนุกรมเวลาชุดใหม่ { W_t } ที่มีลักษณะคงที่ในค่าเฉลี่ย โดยการหาผลต่างของอนุกรมเวลา และถ้าไม่คงที่ในความแปรปรวน จะแปลงอนุกรมเวลาด้วยลอการิทึมธรรมชาติ หรือรากที่สอง เป็นต้น

(3) กำหนดตัวแบบที่คาดว่าจะเหมาะสมให้กับอนุกรมเวลาโดยพิจารณากราฟ SACF และSPACF (Sample Partial Autocorrelation Function: SPACF) แทนด้วย r_k และr_{kk}

(4) ประมาณค่าพารามิเตอร์ในสมการที่เลือกไว้ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinary least Squares)

(5) ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบจากกราฟ SACF และSPACF ของส่วนตกค้าง (Residuals: $e_t = Y_t - \hat{Y}_t$) ถ้าตรวจสอบแล้วพบว่าไม่เหมาะสม ให้ดำเนินการกำหนดตัวแบบใหม่ตามขั้นตอน (3)

จากวิธีของบอกซ์-เจนกินส์จะได้ตัวแบบอนุกรมเวลาที่เรียกว่า ตัวแบบ ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) และตัวแบบที่ศึกษาในครั้งนี้เป็นตัวแบบ ARIMA (p,d,q)(P,D,Q) มีรูปแบบดังนี้

$$\phi_p(B)\Phi_P(B^S)(1-B)^d(1-B^S)^D Y_t = \delta + \theta_q(B)\Theta_Q(B^S)\varepsilon_t$$

โดยที่ $\phi_p(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \ldots - \phi_p B^p$

$\theta_q(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \ldots - \theta_q B^q$

$\Phi_P(B^S) = 1 - \Phi_S B^S - \Phi_{2S} B^{2S} - \ldots - \Phi_{PS} B^{PS}$

$\Theta_Q(B^S) = 1 - \Theta_S B^S - \Theta_{2S} B^{2S} - \ldots - \Theta_{QS} B^{QS}$

$\phi_1, \ldots, \phi_p$ คือ สัมประสิทธิ์การถดถอย (Autoregressive Coefficients)

$\theta_1, \ldots, \theta_q$ คือ สัมประสิทธิ์ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average Coefficients)

δ คือ ค่าคงที่

B คือ ตัวดำเนินการถอยหลังเวลา (Backward Shift Operator) นั่นคือ $B^m Y_t = Y_{t-m}$

d คือ จำนวนครั้งของการทำผลต่างเพื่อให้อนุกรมเวลา $\{Y_t\}$ เป็นอนุกรมเวลาที่อยู่ในสภาวะคงที่ในค่าเฉลี่ย

D คือ จำนวนครั้งของการทำผลต่างฤดูกาล

p คือ อันดับของตัวแบบการถดถอย

P คือ อันดับของตัวแบบการถดถอยฤดูกาล

q คือ อันดับของตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่

Q คือ อันดับของตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ฤดูกาล

S คือ ความยาวของคาบฤดูกาล

ε_t คือ ตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงปกติมีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ความแปรปรวนคงที่ และเป็นอิสระกัน

2.2 วิธีพยากรณ์ของวินเตอร์[6]

อนุกรมเวลา $\{Y_t\}$ ที่มีแนวโน้ม มีองค์ประกอบฤดูกาล และการเปลี่ยนแปลงหรือการแกว่งของฤดูกาลไม่คงที่ แปรผันตามเวลาหรือแปรผันตามระดับของอนุกรมเวลา กล่าวคือ การแกว่งจะมากขึ้น ขณะที่ระดับของอนุกรมเพิ่มขึ้น ในกรณีนี้ควรเลือกใช้วิธีวินเตอร์เชิงคูณ (Multiplicative Winter's method) ซึ่งมีตัวแบบอนุกรมเวลาดังนี้

$$Y_t = (\mu + \beta t)s_t + \varepsilon_t, t = 1, 2, \ldots, n$$

โดยที่ μ เป็นพารามิเตอร์แทนระดับ หรือค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลา

β เป็นพารามิเตอร์แทนความชันของอนุกรมเวลา

s_t เป็นพารามิเตอร์แทนองค์ประกอบฤดูกาลของอนุกรมเวลา และ

ε_t เป็นค่าคลาดเคลื่อนสุ่ม หรือองค์ประกอบไม่ปกติ ซึ่งมีข้อสมมติพื้นฐานคือ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ความแปรปรวนคงที่ ไม่มีสหสัมพันธ์กันและมีการแจกแจงปกติ

ตัวแบบพยากรณ์ $\{Y_t\}$ แบบจุดที่เวลา t+1 จากเวลาปัจจุบัน t (t=1, 2,...) เป็นดังนี้

$\hat{Y}_t(l) = (\hat{\mu}_t + l\,\hat{\beta}_t)\hat{s}_{t+l-m}$, $l = 1,2,...,m$ และ

$\hat{Y}_t(l) = (\hat{\mu}_t + l\,\hat{\beta}_t)\hat{s}_{t+l-km}$, $l = (k-1)m+1,(k\text{-}1)m+2,...,km$; $k = 1,2,3...$

โดยปรับค่าประมาณของพารามิเตอร์ดังนี้

$\hat{\mu}_t$ เป็นค่าประมาณระดับ ซึ่ง $\hat{\mu}_t = \alpha(Y_t / \hat{s}_{t-m}) + (1-\alpha)(\hat{\mu}_{t-1} + \hat{\beta}_{t-1})$

α $(0 < \alpha < 1)$ แทน ค่าคงที่ปรับให้เรียบสำหรับปรับระดับของอนุกรมเวลา

$\hat{\beta}_t$ เป็นค่าประมาณแนวโน้ม ซึ่ง $\hat{\beta}_t = \gamma\,(\,\hat{\mu}_t - \hat{\mu}_{t-1}\,) + (1-\gamma)\,\hat{\beta}_{t-1}$

γ $(0 < \gamma < 1)$ แทน ค่าคงที่ปรับแนวโน้มหรือความชันของอนุกรมเวลา

$\hat{s}_t$ เป็นค่าประมาณฤดูกาล ซึ่ง $\hat{s}_t = \delta(Y_t / \hat{\mu}_t) + (1-\delta)\hat{s}_{t-m}$

δ $(0 < \delta < 1)$ แทน ค่าคงที่ปรับให้เรียบสำหรับฤดูกาลของอนุกรมเวลา

3. การเปรียบเทียบวิธีพยากรณ์

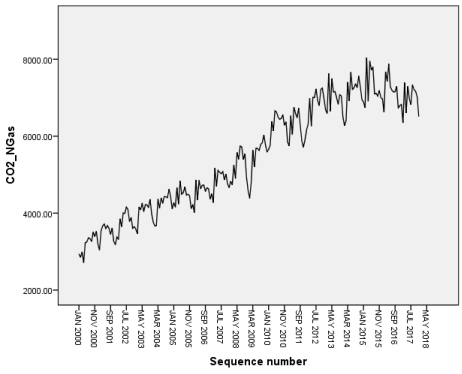
การเปรียบเทียบวิธีพยากรณ์ทั้ง 2 วิธีจะพิจารณาจากค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) โดยที่

$$MAPE = \frac{100}{n}\sum_{t=1}^{n}\left|\frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t}\right|$$

ผลการวิจัย

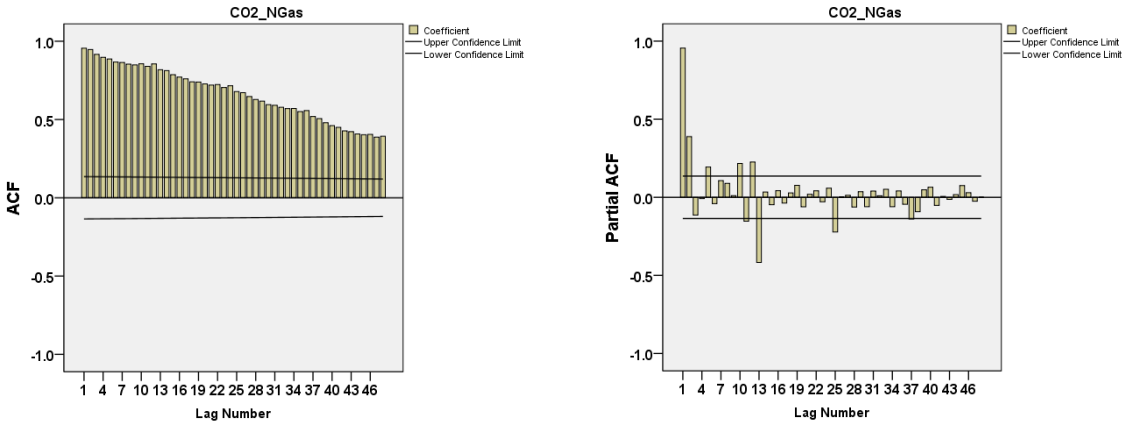
1. วิธีบอกซ์-เจนกินส์ ผลการวิจัยในแต่ละขั้นตอนเป็นดังนี้

(1) ตรวจสอบสภาวะนิ่ง จากกราฟ (t,Y_t) ซึ่งแสดงอนุกรมเวลาของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ก๊าซธรรมชาติตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2543 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 จำนวน 216 เดือน พบว่าการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ก๊าซธรรมชาติ มีความไม่คงที่ในค่าเฉลี่ย ดังภาพที่ 1



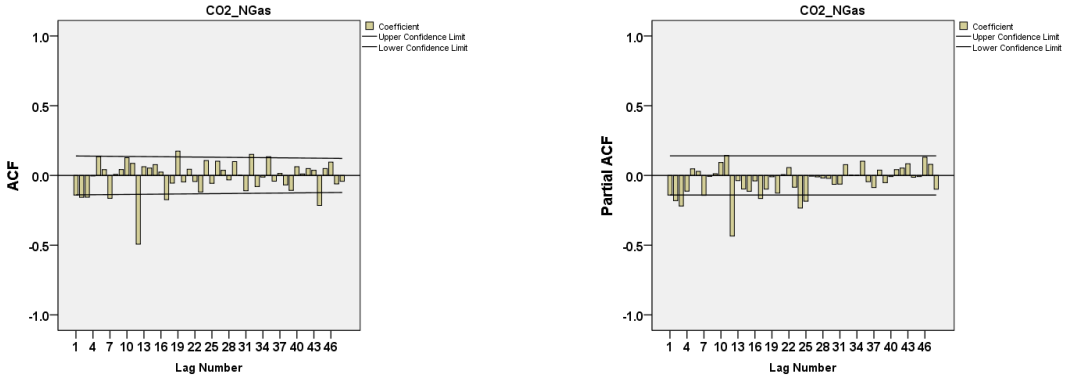
ภาพที่ 1 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ก๊าซธรรมชาติ

(2) เมื่อพิจารณาจากกราฟ SACF พบว่าการเคลื่อนไหวของ r_k มีลักษณะลดลงช้า แสดงว่าอนุกรมเวลาอยู่ในสภาวะไม่คงที่ในค่าเฉลี่ย และเมื่อพิจารณาจากกราฟ SPACF ค่า r_{kk} มีค่าสูงที่ k = 12, 24, ... แสดงถึงอิทธิพลของฤดูกาล ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กราฟ SACF และ SPACF ของอนุกรมเวลาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ก๊าซธรรมชาติ

จากกราฟอนุกรมเวลา กราฟ SACF และSPACF แสดงว่าอนุกรมเวลาอยู่ในสภาวะไม่คงที่ในค่าเฉลี่ย และมีอิทธิพลของฤดูกาล จึงต้องหาผลต่างของอนุกรมเวลา 1 ครั้ง และผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง ได้กราฟ SACF และSPACF ของอนุกรมเวลาชุดใหม่ดังภาพที่ 3 ซึ่งเป็นอนุกรมเวลาอยู่ในสภาวะคงที่ในค่าเฉลี่ย และไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล



ภาพที่ 3 กราฟ SACF และ SPACF ที่มีการหาผลต่างของอนุกรมเวลา1 ครั้ง และผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง

(3) กำหนดตัวแบบที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากกราฟ SACF และSPACF ของอนุกรมเวลาชุดใหม่ พบว่า r_k มีค่าสูงที่ k = 12 เท่านั้น ส่วน r_{kk} มีค่าสูงที่ k = 12 และมีค่าลดลงเร็วที่ k = 24, 36, ... ดังนั้นตัวแบบที่เหมาะสมคือ ARIMA $(1,1,1)(0,1,1)_{12}$ ซึ่งเขียนเป็นรูปแบบได้เป็น $(1-\phi_1 B)(1-B)(1-B^{12})Y_t = \delta + (1-\theta_1 B)(1-\Theta_{12}B^{12})a_t$

(4) จากตัวแบบที่กำหนด ARIMA $(1,1,1)(0,1,1)_{12}$ ของอนุกรมเวลา Y_t ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ได้ค่าพารามิเตอร์ดังตารางที่ 1

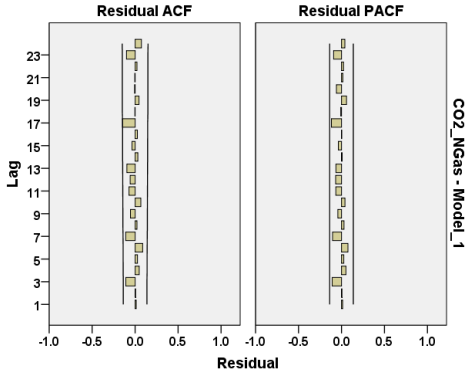
ตารางที่ 1 ค่าประมาณพารามิเตอร์จากตัวแบบ ARIMA $(1,1,1)(0,1,1)_{12}$

ARIMA Model Parameters								
					Estimate	SE	t	Sig.
CO2_NGas-Model_1	CO2_NGas	No Transformation	AR	Lag 1	.472	.120	3.928	.000
			Difference		1			
			MA	Lag 1	.801	.083	9.635	.000
			Seasonal Difference		1			
			MA, Seasonal	Lag 1	.740	.061	12.189	.000

ระดับนัยสำคัญ 0.05

ดังนั้นตัวแบบ ARIMA $(1,1,1)(0,1,1)_{12}$ คือ $(1-\phi_1 B)(1-B)(1-B^{12})Y_t = \delta + (1-\theta_1 B)(1-\Theta_{12}B^{12})a_t$ โดยที่ $\hat{\phi}_1 = 0.472, \hat{\theta}_1 = 0.801, \hat{\Theta}_1 = 0.740$

(5) ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ โดยตรวจสอบจากกราฟ SACF และ SPACF ของส่วนตกค้างพบว่า r_k และ r_{kk} ของส่วนตกค้างตกอยู่ในขอบเขตความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ทุกค่า lag ดังภาพที่ 4 แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิดปัญหา Autocorrelation นั่นคือความคลาดเคลื่อนสุ่มเป็นอิสระกัน (P-value = 0.248 จาก Ljung-Box Q Test)



ภาพที่ 4 กราฟ SACF และ SPACF ของส่วนตกค้างจากตัวแบบ ARIMA $(1,1,1)(0,1,1)_{12}$

เมื่อตรวจสอบด้วยสถิติ Kolmogorov-Smirnov พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (P-value = 0.2) นั่นคือตัวแบบ ARIMA $(1,1,1)(0,1,1)_{12}$ ที่เลือกมีความเหมาะสม

2. วิธีพยากรณ์ของวินเตอร์

ผลการวิเคราะห์ค่า α γ และ δ ที่ให้ค่า MSE ต่ำสุด คือ $\alpha = 0.566$ $\gamma = 0.001$ และ $\delta = 0.271$ จากค่า $\alpha = 0.566$ ดังตารางที่ 2 แสดงว่าในการพยากรณ์ให้ความสำคัญกับข้อมูลปัจจุบันมากกว่าข้อมูลในอดีตเล็กน้อย สำหรับค่า $\gamma = 0.001$แสดงว่าแนวโน้มมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากในช่วงเวลาที่ศึกษาแต่ไม่ได้หมายความว่าจะไม่มีแนวโน้มเลย และ $\delta = 0.271$ แสดงว่าฤดูกาลมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากในช่วงเวลาที่ศึกษา ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์ค่าจริง Y_{t+1} แบบจุดที่เวลา t+1 จากเวลาปัจจุบัน t (t= 1, 2, ...,l) คือ $\hat{Y}_t(l)=(\hat{\mu}_t+l\,\hat{\beta}_t)\hat{s}_{t+l-m}$, $l=1,2,...,m$ และ

$\hat{Y}_t(l) = (\hat{\mu}_t + l\,\hat{\beta}_t)\hat{s}_{t+l-km}$, $l = (k-1)m+1, (k-1)m+2, ..., km; k = 1, 2, 3, ...$

โดยที่ค่าประมาณของพารามิเตอร์องค์ประกอบต่างๆ เป็นดังนี้

ตารางที่ 2 ค่าประมาณพารามิเตอร์จากวิธีการของวินเตอร์

Exponential Smoothing Model Parameters						
Model			Estimate	SE	t	Sig.
CO2_NGas-Model_1	No Transformation	Alpha (Level)	.566	.058	9.728	.000
		Gamma (Trend)	.001	.010	.095	.924
		Delta (Season)	.271	.076	3.556	.000

$\hat{\mu}_t$ เป็นค่าประมาณระดับ โดยที่ $\hat{\mu}_t = 0.566(Y_t / \hat{s}_{t-m}) + 0.434(\hat{\mu}_{t-1} + \hat{\beta}_{t-1})$

$\hat{\beta}_t$ เป็นค่าประมาณแนวโน้ม โดยที่ $\hat{\beta}_t = 0.001(\hat{\mu}_t - \hat{\mu}_{t-1}) + 0.999\hat{\beta}_{t-1}$

$\hat{s}_t$ เป็นค่าประมาณฤดูกาล โดยที่ $\hat{s}_t = 0.271(Y_t / \hat{\mu}_t) + 0.729\hat{s}_{t-m}$

3. การเปรียบเทียบวิธีพยากรณ์

การวิจัยครั้งนี้ได้ทดลองพยากรณ์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ก๊าซธรรมชาติโดยวิธีบอกซ์ – เจนกินส์และวิธีการของวินเตอร์ โดยแบ่งการพยากรณ์ล่วงหน้าเป็น 2 ช่วงเวลาคือ ช่วงระยะเวลา ล่วงหน้า 3 เดือน และล่วงหน้า 12 เดือน

ตารางที่ 3 ความคลาดเคลื่อนจากวิธีพยากรณ์ 2 วิธี โดยการพยากรณ์ ล่วงหน้า 3 เดือน และล่วงหน้า 12 เดือน

ความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์	**ล่วงหน้า 3 เดือน**		**ล่วงหน้า 12 เดือน**	
	ARIMA	**Winter**	**ARIMA**	**Winter**
MAPE (%)	1.73%	1.78%	2.11%	3.49%

จากตารางที่ 3 พบว่าค่า MAPE ที่ได้จากการพยากรณ์ล่วงหน้า 3 เดือน จะมีค่าต่ำกว่าค่าที่ได้จากการพยากรณ์ล่วงหน้า 12 เดือนทั้งสองวิธี แสดงว่าการพยากรณ์ล่วงหน้าในระยะสั้นจะให้ผลการพยากรณ์ที่แม่นยำกว่าในระยะยาว และเมื่อพิจารณาวิธีพยากรณ์ทั้ง 2 วิธี พบว่า วิธีบอกซ์-เจนกินส์จะให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ต่ำกว่าวิธีพยากรณ์ของวินเตอร์ทั้ง 2 ช่วงเวลาของการพยากรณ์

สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้ได้นำเสนอวิธีการพยากรณ์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ก๊าซธรรมชาติ 2 วิธีคือ วิธีบอกซ์-เจนกินส์ และวิธีพยากรณ์ของวินเตอร์ พบว่า วิธีบอกซ์-เจนกินส์มีตัวแบบที่เหมาะสมคือ ARIMA $(1,1,1)(0,1,1)_{12}$ และวิธีการของวินเตอร์มีตัวแบบพยากรณ์ ณ ช่วงเวลา t+1 จากเวลาปัจจุบัน t คือ $\hat{Y}_t(l) = (\hat{\mu}_t + l\,\hat{\beta}_t)\hat{s}_{t+l-m}$, $l = 1,2,\ldots,m$ และ $\hat{Y}_t(l) = (\hat{\mu}_t + l\,\hat{\beta}_t)\,\hat{s}_{t+l-km}$, $l = (k-1)m+1, (k-1)m+2, \ldots, km$; $k = 1, 2, 3, \ldots$ ซึ่งค่าประมาณพารามิเตอร์คือ $\hat{\mu}_t = 0.566(Y_t / \hat{s}_{t-m}) + 0.434(\hat{\mu}_{t-1} + \hat{\beta}_{t-1})$, $\hat{\beta}_t = 0.001(\hat{\mu}_t - \hat{\mu}_{t-1}) + 0.999\hat{\beta}_{t-1}$ และ $\hat{s}_t = 0.271(Y_t / \hat{\mu}_t) + 0.729\hat{s}_{t-m}$

นอกจากนี้ยังพบว่าการพยากรณ์ล่วงหน้าในระยะสั้นจะให้ผลการพยากรณ์ที่แม่นยำกว่าในระยะยาว ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการพยากรณ์ของวิธีบอกซ์-เจนกินส์[5] และวิธีการของวินเตอร์[6] ซึ่งกล่าวว่าในการพยากรณ์ในระยะสั้นจะให้ความแม่นยำในการพยากรณ์มากกว่าในระยะยาว และเมื่อพิจารณาวิธีพยากรณ์ทั้ง 2 วิธี วิธีบอกซ์-เจนกินส์จะให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ต่ำกว่าวิธีการของวินเตอร์ แต่วิธีการใดจะให้ค่าพยากรณ์ที่แม่นยำมากกว่านั้น ขึ้นอยู่กับลักษณะ และข้อจำกัดของข้อมูลชุดนั้นๆ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับตัวแบบที่เลือกใช้ของแต่ละวิธี ซึ่งในแต่ละวิธีอาจมีตัวแบบที่เหมาะสมได้หลายตัวแบบ

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการเปรียบเทียบการพยากรณ์ในระยะ 3 เดือน และ 12 เดือน ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปอาจศึกษาเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์วิธีอื่นๆ นอกเหนือจาก 2 วิธีนี้ และศึกษาการพยากรณ์ในช่วงระยะเวลาอื่นๆเพื่อประเมินปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้ก๊าซธรรมชาติ สำหรับการวางแผนของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง หรืออาจใช้วิธีการพยากรณ์รูปแบบอื่นมาศึกษาเพิ่มเติม แต่ไม่ว่าจะใช้วิธีพยากรณ์รูปแบบใด ควรมีการปรับปรุงข้อมูลให้เป็นปัจจุบันมากที่สุด เพื่อความแม่นยำในการพยากรณ์

เอกสารอ้างอิง

1. ชิษณุพงศ์ ประทุม. ความเป็นได้ในการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพจากโรงงานอุตสาหกรรม. วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม[อินเทอร์เนต]. 2558 [เข้าถึงเมื่อ 8 กุมภาพันธ์ 2562];11:106-133. เข้าถึงได้จาก: https://www.tci-thaijo.org/index.php/JEM/article/view/32429
2. Greenpeace Thailand. การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ [อินเทอร์เนต]. [เข้าถึงเมื่อ 8 กุมภาพันธ์ 2562]. เข้าถึงได้จาก: http://www.greenpeace.org/seasia/th/campaigns/climate-and-energy/climate-change-science/co2-emissions/
3. ฝ่ายสื่อสารองค์กร บริษัท ปตท. จำกัด(มหาชน) สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. ก๊าซธรรมชาติพลังงานในมือเรา [อินเทอร์เนต]. 2557. [เข้าถึงเมื่อ 8 กุมภาพันธ์ 2562]. เข้าถึงได้จาก: http://www.pttplc.com/th/Media-Center/Energy-Knowledge/Documents/Final_PTT_GAS_Low_ResV2.pdf
4. ศูนย์พยากรณ์และสารสนเทศพลังงาน กระทรวงพลังงาน. การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO2) จากการใช้พลังงาน ปี 2560 [อินเทอร์เนต]. 2560. [เข้าถึงเมื่อ 8 กุมภาพันธ์ 2562]. เข้าถึงได้จาก: http://www.eppo.go.th/index.php/th/energy-information/situation-co2/per-year?orders[publishUp]=publishUp&issearch=1
5. George B, Gwilym J, Gregory R. Time series analysis: Forecasting and control. 3rd ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice–Hall; 1994.
6. มานพ วราภักดิ์. การวิจัยดำเนินการ. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2552.
7. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. การปล่อย CO2 [อินเทอร์เนต]. 2561. [เข้าถึงเมื่อ 8 กุมภาพันธ์ 2562]. เข้าถึงได้จาก: http://www.eppo.go.th/index.php/th/energy-information/static-energy/static-co2?orders[publishUp]=publishUp&issearch=1

[BS-P32] การวัดความยาวคลื่นแสงเลเซอร์โดยการประมวลด้วยโปรแกรม Mathcad และเทคนิคสเปกโตรมิเตอร์อย่างง่าย

Laser Wavelength Measurement by Mathcad-processing and Simple Spectrometer Technique

คณิต ทองพิสิฐสมบัติ และ ศตายุ สุวรรณะโสภณ*
Kanit Thongpisisombat and Satayu Suwannasopon*
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: satayu.suw@siam.edu*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดความยาวคลื่นแสงแสงเลเซอร์ด้วยวิธีที่แตกต่างกันสองวิธีได้แก่ ในการใช้โปรแกรม Mathcad และการใช้เทคนิคสเปกโตรมิเตอร์อย่างง่ายที่ประยุกต์เข้ากับโปรแกรม Theremino spectrometer V2.3 เพื่อคำนวณค่าความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์มาตรฐาน 3 ชนิด ได้แก่ ฮีเลียม-นีออนเลเซอร์ (He-Ne), เลเซอร์พอยเตอร์สีน้ำเงิน และสีเขียว โดยการทดลองวิธีที่ 1 ฉายแสงผ่านสลิทเดี่ยว (เส้นผ่านศูนย์กลางช่องเปิด 0.08 mm) และบันทึกภาพโดยกล้อง Charge couple device (CCD) และประมวลผลด้วยโปรแกรม Mathcad จากนั้นทำการทดลองวิธีที่ 2 โดยติดตั้งชุดสเปกโตรมิเตอร์แทนที่ตำแหน่งของสลิทเดี่ยว และคำนวณค่าด้วยโปรแกรม Theremino spectrometer V2.3 ผลการทดลองแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของความยาวคลื่นแสงจากการทดลองเทียบกับค่าความยาวคลื่นแสงมาตรฐาน พบว่าเลเซอร์สีเขียวมีค่าคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด ได้แก่ 0.57% และ 1.34% ตามลำดับ โดยให้ผลการทดลองวิธีที่ 1 มีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานมากกว่าวิธีที่ 2
คำสำคัญ: *การวัดความยาวคลื่น, โปรแกรม Mathcad, โปรแกรม Theremino, สเปกโตรมิเตอร์*

Abstract

The research aims at studying the wavelength measurement by using two different experimental methods: 1. Mathcad processing method and 2. Theremino spectrometer V2.3 software method for three different standard laser sources: He-Ne laser, blue and green laser pointer were studied. The 1st method, the laser wavelength were measured by diffraction pattern images from a single slit (0.08 mm width) which captured by Charge couple device (CCD) camera and calculated by Mathcad. The 2nd method, a single slit was replaced by a simple spectrometer and calculated the diffraction spectrum of light by Theremino spectrometer V2.3 software. The measurement results showed that the lowest percentage error from the first and second method compared with the standard values is green laser pointer is 0.57 and 1.34% respectively. Furthermore, the results showed that the 1st method is close to the standard value than the 2nd method.
Keywords: *wavelength measurement, Mathcad, Theremino, spectrometer*

บทนำ

การศึกษาสมบัติและพฤติกรรมของแสงหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่น 400 – 700 nm ในปัจจุบัน ถือเป็นเรื่องใกล้ตัวและมีความจำเป็นต่อการการศึกษาปรากฏการ์ณต่างๆในธรรมชาติอย่างสูง เริ่มตั้งแต่การศึกษาฟิสิกส์เชิงแสงแบบพื้นฐาน (Optical Physics) ไปจนถึงการศึกษาฟิสิกส์ระดับดวงดาว (Astrophysics) โดยการเลี้ยวเบนของแสงถือเป็นคุณสมบัติพื้นฐานที่ใช้ศึกษา ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และเพิ่มความเข้าใจมากยิ่งขึ้น นัทชาริน และคณะ [1] เสนอการสอนหลักการเรื่องการแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสงโดยการทดลองผ่านกระบวนการสอนแบบสืบเสาะให้นักเรียน พบว่าผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ที่ดีขึ้นกว่าการสอนบรรยายแบบเดิม ในการทดลองของภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล [2] มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ [3] และ Massachusetts Institute of Technology [4] ที่ใช้ศึกษาหาค่าความยาวคลื่นแสงเลเซอร์ที่มีความยาวคลื่นค่าเดียว (monochromatic laser) โดยการฉายแสงผ่านสลิทเดี่ยว (single slit) กว้าง a แสงจะเกิดการเลี้ยวเบนและตกกระทบบนฉากซึ่งห่างออกไปเป็นระยะ D เกิดเป็นแถบสว่างสลับมืดบนฉากหลัง โดยวัดระยะห่างระหว่างแถบสว่างกลางถึงแถบสว่างลำดับถัดไปทั้งสองข้าง ใช้ดินสอขีดบอกตำแหน่งและวัดระยะห่างดังกล่าวด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ บันทึกเป็นค่า x แล้วนำค่าที่วัดได้ไปคำนวณหาค่าความยาวคลื่นแสงด้วยสมการที่ (1)

$$a\left(\Delta x / D\right) = n\lambda \qquad (1)$$

โดย a คือความกว้างของช่องเปิดเดี่ยว

Δx คือระยะห่างแถบสว่างกลางถึงแถบสว่างลำดับถัด

และ D คือระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงถึงฉากรับภาพ

พบว่าวิธีทดลองดังกล่าวอาศัยการวัดและประมาณค่าด้วยสายตา รวมถึงข้อจำกัดจากการติดตั้งอุปกรณ์การทดลองที่ต้องการความละเอียดแม่นยำสูง ส่งผลให้การทดลองเพื่อคำนวณค่าความยาวคลื่นแสงมีโอกาสเกิดความคลาดเคลื่อนขึ้นได้ง่าย นอกจากนี้ยังพบข้อผิดพลาดอื่นๆจากการทดลองด้วยวิธีดังกล่าว ได้แก่การศึกษาของจุมพล และคณะ [5] ที่วัดความยาวคลื่นแสงฮีเลียม-นีออนเลเซอร์ ที่ฉายตกกระทบแล้วเกิดการเลี้ยวเบนออกจากไม้บรรทัดเหล็กซึ่งวางเอียงทำมุม θ กับแนวระดับ แสงจะเกิดการเลี้ยวเบน ปรากฏเป็นจุดสว่างบนกระดาษที่ติดบนฉาก วัดความห่างระหว่างจุดสว่างดังกล่าวแล้วนำไปคำนวณหาค่าความยาวคลื่นแสงได้ แต่ถ้ามุม θ เพิ่มขึ้นระยะห่างของจุดสว่างจะอยู่ใกล้กันจนไม่สามารถแยกได้ชัดเจนและทำให้การทดลองเกิดข้อผิดพลาดขึ้น

ดังนั้นเพื่อลดความผิดพลาดดังกล่าว ผู้ทำการวิจัยจึงเสนอวิธีการทดลองแบบใหม่เพื่อใช้ในวัดค่าได้อย่างแม่นยำและน่าสนใจมากขึ้นได้แก่ การใช้เทคโนโลยีเกี่ยวกับการประมวลผลด้วยภาพถ่าย และการประยุกต์ใช้โปรแกรม Mathcad คำนวณหาความยาวคลื่นแสง และการประยุกต์ใช้ชุดเครื่องวัดความยาวคลื่นแสงหรือสเปกโตรมิเตอร์ (spectrometer) อย่างง่าย โดยการประยุกต์ใช้กล้อง Charge couple device (CCD) ร่วมกับซอฟต์แวร์สำเร็จรูปที่มีประสิทธิภาพสูง และไม่เสียค่าใช้จ่าย (freeware) ในการนำมาใช้งาน ซึ่งได้แก่โปรแกรม Theremino spectrometer V2.3 (สามารถทำการ download ได้ในอินเตอร์เน็ต) โดยโปรแกรมนี้สามารถเวัดค่าความยาวคลื่นแสงได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ มีความหลากหลายในการประยุกต์ใช้กับหลายๆระบบปฏิบัติการ แต่เป็นที่รู้จักเฉพาะในกลุ่มผู้ศึกษาด้านฟิสิกส์เชิงแสง ดังนั้นเพื่อความหลากหลายในการเรียนการสอน และเพื่อเพิ่มองค์ความรู้ด้านโปรแกรมที่ใช้ศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ โปรแกรมนี้จึงเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการเรียนวิชาฟิสิกส์ปฏิบัติการควบคู่ไปกับการทดลองโดยวิธีพื้นฐาน ทั้งยังสามารถใช้วัดค่าความยาวคลื่นแสงแทนการใช้ spectrometer ตามท้องตลาดที่มีราคาค่อนข้างสูง

การศึกษาการวัดความยาวคลื่นแสงทั้งสองการทดลองนี้ใช้แหล่งกำเนิดแสง 3 ชนิด ได้แก่แสงฮีเลียมนีออนเลเซอร์ และ laser pointer สีน้ำเงินและสีเขียว เพื่อเปรียบเทียบผลการวัดความยาวคลื่นที่ได้ และเพื่อศึกษาเทคนิคการอ่านค่าและทำการวัดความยาวคลื่นแสงเลเซอร์ได้อย่างถูกต้องและหลากหลายมากขึ้น ทั้งยังสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเพื่อผลิตชุดสเปกโตรมิเตอร์ที่มีต้นทุนต่ำ เพื่อใช้ในการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ ซึ่งเป็นการนำเสนออีกรูปแบบหนึ่งที่ดึงความสนใจให้นักศึกษาเพิ่มขึ้น

สเปกโตรมิเตอร์ (spectromerter)

สเปกโตรมิเตอร์ [6] คือเครื่องมือที่ใช้แยกและวัดความยาวคลื่นหรือองค์ประกอบของแสงนั้นๆ ซึ่งสามารถใช้ศึกษาได้ทั้งคลื่นแสงที่มีช่วงความยาวคลื่นค่าเดียว หรือเป็นแสงจากแหล่งกำเนิดแสงที่มีช่วงความยาวคลื่นแสงหลายหลายค่าผสมกันอยู่ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ โดยช่วงความยาวคลื่นแสงจะถูกแยกออกเป็นความยาวคลื่นของแสงที่แตกต่างกัน เรียกว่า สเปกตรัม (spectrum) เช่น แสงขาว (white light) ถือเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีสเปกตรัมตั้งแต่ 190 ถึง 800 nm เคลื่อนที่ตกกระทบกับปริซึม หรือเกรตติง (grating) ทำมุมต่างๆกันตามขนาดความกว้างของร่องเล็กๆขนานกันจำนวนมาก (fringes) ภายในเกรตติง และเกิดการการหักเห (refraction) และเลี้ยวเบน (diffraction) ออกในแต่ละช่วงความยาวคลื่นของแสงนั้น โดยสามารถคำนวณหาค่าความยาวคลื่นแสงที่ถูกแยกออกแล้ว ได้จากสมการที่ (2)

$$m\lambda = d\sin\theta \;;\; \text{m}=1,2,3,..., \tag{2}$$

โดย d คือความกว้างของร่องเล็กๆของเกรตติง

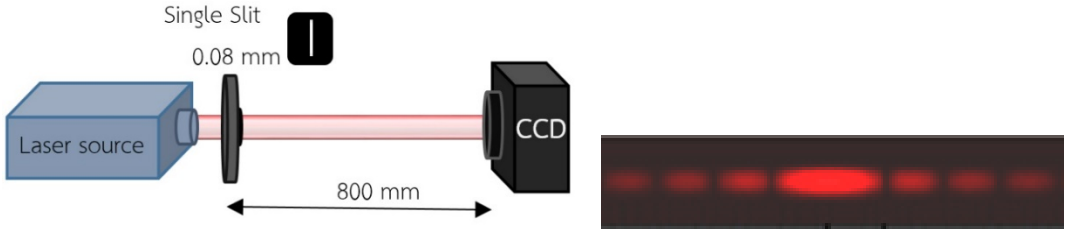
θ คือมุมที่กระทำกับแนวราบที่จุดกึ่งกลางระหว่าง

และ m คือลำดับการเลี้ยวเบน

วิธีดำเนินการวิจัย

การทดลองหาค่าความยาวคลื่นแสงภายในห้องมืดที่อุณหภูมิห้องใช้แหล่งใช้แหล่งกำเนิดแสงที่แตกต่างกันสามชนิดความยาวคลื่น ได้แก่ฮีเลียมนีออนเลเซอร์ (He-Ne laser), laser pointer แสงน้ำเงิน, สีเขียว ได้แก่ 633 nm, 405 nm และ 523 nm ตามลำดับ ซึ่งทั้งสามชนิดเป็นเลเซอร์มาตรฐานที่ใช้ในห้องปฏิบัติการฟิสิกส์เชิงแสง และทำการทดลองด้วยวิธีที่แตกต่างกัน 2 วิธี ได้แก่

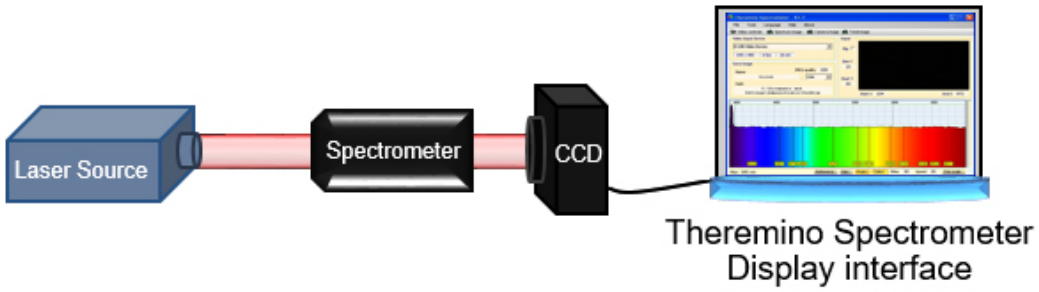
1. การวัดความยาวคลื่นแสงจากภาพถ่ายและประมวลผลด้วยโปรแกรม Mathcad โดยการศึกษาของ คณิต และคณะ [7] ซึ่งวิธีนี้จะใช้ภาพแถบการเลี้ยวเบนของแสงที่เกิดจากการเคลื่อนที่ผ่านสลิทเดี่ยวกว้าง 0.08 mm ติดตั้งบนรางทดลองยาว 1 m บันทึกภาพแถบการเลี้ยวเบนด้วยกล้อง CCD ดังภาพที่ 1 (ก) และนำภาพถ่ายที่ได้ดังภาพที่ 1 (ข) เข้าสู่การประมวลผลด้วยโปรแกรม Mathcad เพื่อคำนวณค่าความยาวคลื่อนแสงทั้งสามความยาวคลื่น



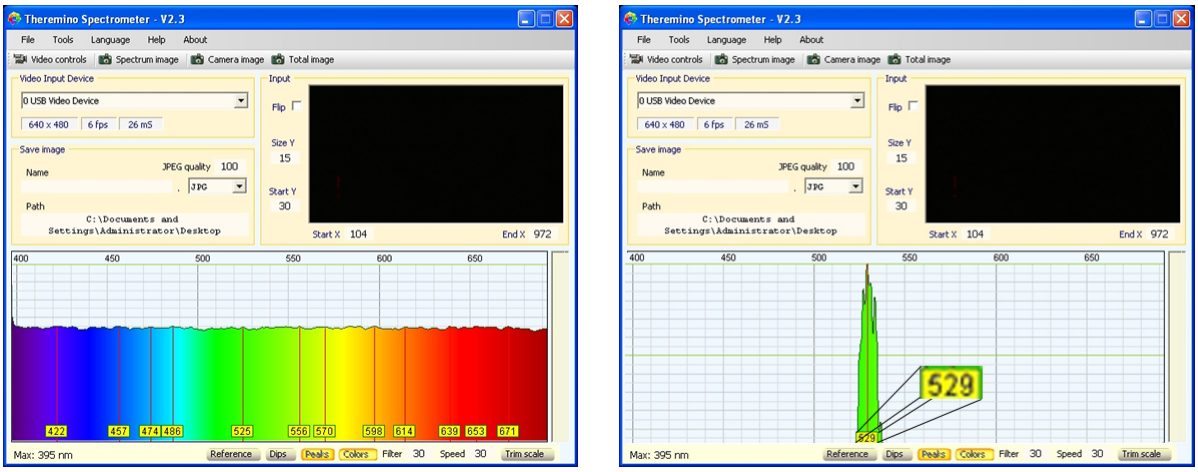
(ก) (ข)

ภาพที่ 1 (ก) แสดงการจัดอุปกรณ์การทดลองการหาความยาวคลื่นแสงด้วยวิธีที่ 1 และ (ข) ภาพตัวอย่างการเลี้ยวเบนของแสงเลเซอร์สีแดงที่ได้จากกล้อง CCD

2. การวัดความยาวคลื่นแสงด้วยชุดสเปกโตรมิเตอร์ที่ประยุกต์เข้ากับโดยกล้อง CCD ที่ใช้รับภาพและนำเข้าสู่คอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ต USB (โดยนำไปติดตั้งแทนที่ในตำแหน่งของสลิทเดียวในการการทดลองวิธีที่ 1) โดยมีโปรแกรม Theremino spectrometer V2.3 อ่านค่าและประมวลผลแสงจากแหล่งกำเนิดที่ตกกระทบบนกล้อง ดังภาพที่ 2 จากนั้นเปลี่ยนแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์และทำการทดลองซ้ำจนครบ โดยโปรแกรม Theremino Spectrometer จะอ่านค่าความยาวคลื่นแสงที่วัด และแสดงผลผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ ดังภาพที่ 3 ซึ่งเป็นตัวอย่างการวัดความยาวคลื่นของ laser pointer แสงสีเขียวมีค่า 529 nm



ภาพที่ 2 แสดงการจัดอุปกรณ์การทดลองการหาความยาวคลื่นแสงด้วยวิธีที่ 2 โดยการเชื่อมต่อชุดทดลองเข้ากับโปรแกรม Theremino spectrometer V2.3 ผ่านทางพอร์ต USB



(ก) (ข)

ภาพที่ 3 แสดงภาพตัวอย่างงผลการวัดค่าความยาวคลื่นแสงด้วยโปรแกรม Theremino spectrometer โดย (ก) คือสเปกตรัมของแสงขาวและ (ข) คือค่าความยาวคลื่นที่วัดได้ของแสงเลเซอร์สีเขียว

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในการทดลองหาค่าความยาวคลื่นแสงเลเซอร์ ใช้แหล่งกำเนิดแสงฮีเลียมนีออนเลเซอร์, Laser pointer แสงน้ำเงิน, สีเขียว ที่ความยาวคลื่นมาตรฐาน 633 nm, 405 nm และ 523 nm ตามลำดับ โดยทั้ง 2 วิธีได้ผลดังนี้

1. การวัดความยาวคลื่นแสงจากภาพถ่ายที่ผ่านสลิทเดี่ยวมีลักษณะเป็นช่องเปิดตามแนวดิ่ง พบว่าความเข้มแสงของแถบสว่างด้านข้างจะมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อเทียบกับแถบสว่างกลาง เมื่อนำภาพที่แถบการเลี้ยวเบนที่บันทึกได้ด้วยกล้อง CCD ไปคำนวณค่าความคลื่นแสงเลเซอร์ด้วยโปรแกรม Mathcad พบว่าค่าความยาวคลื่นแสงที่ได้จากการทดลองทั้ง 3 ชนิด มีค่าความยาวคลื่น 636 nm, 399 nm และ 526 nm ตามลำดับ

2. การวัดความยาวคลื่นแสงด้วยชุดสเปกโตรมิเตอร์ที่ประยุกต์เข้ากับโดยกล้อง CCD ที่ใช้รับภาพและนำเข้าสู่โปรแกรม Theremino spectrometer V2.3 เพื่ออ่านค่าและประมวลผลแสงที่ตกกระทบบนกล้อง โดยการศึกษานี้ใช้ค่ามาตรฐานของโปรแกรม (default setting) และไม่มีการปรับแก้ไขในโหมดวีดีโอคอนโทลใดๆ พบว่าค่าความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์ทั้ง 3 ชนิด มีค่าความยาวคลื่น 610 nm, 395 nm และ 529 nm ตามลำดับ

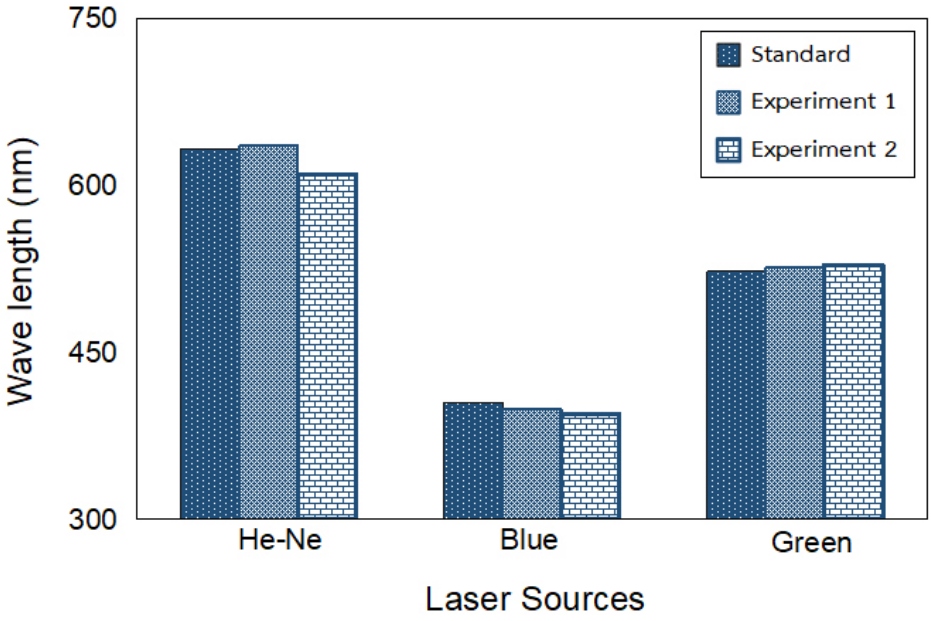
ตารางที่ 1 แสดงค่าความยาวคลื่นแสงเลเซอร์ระหว่างค่ามาตราฐาน ($\lambda_{\text{มาตราฐาน}}$) และค่าที่ได้จากการทดลอง ($\lambda_{\text{จากการทดลอง1,2}}$)

แหล่งกำเนิดแสง	$\lambda_{\text{มาตราฐาน}}$ (nm)	$\lambda_{\text{การทดลอง 1}}$ (nm)	$\lambda_{\text{การทดลอง 2}}$ (nm)
He-Ne เลเซอร์	633	636	610
Laser pointer แสงสีน้ำเงิน	405	399	395
Laser pointer แสงสีเขียว	523	526	529

เมื่อเปรียบเทียบค่าค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของความยาวคลื่นแสงได้จากการทดลองด้วยวิธีที่ 1 และ 2 กับค่าความยาวคลื่นแสงมาตรฐาน พบว่าค่าความยาวคลื่นที่ได้จากการทดลองวิธีที่ 1 มีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของแสงเลเซอร์ทั้ง 3 ชนิด ต่ำกว่าความยาวคลื่นที่ได้จากการทดลองวิธีที่ 2 ซึ่งเป็นผลการการติดตั้งอุปกรณ์การทดลองที่มีความซับซ้อนและต้องการความละเอียดและแม่นยำที่สูงกว่าการทดลองวิธีที่ 1 เช่นขณะที่ทำการทดลองดวัยวิธีที่ 2 ห้องทดลองหรือบริเวณชุดสเปกโตรมิเตอร์ต้องมืดสนิท เพราะหากมีแสงลอดผ่านเข้ามาในห้องมืดเพียงเล็กน้อย จะมีผลต่อค่าที่วัดทันที อันเนื่องจากความไวต่อแสงที่ตกกระทบของตัวโปรแกรม ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่ยากจะควบคุมเพื่อให้ได้ผลที่แม่นยำ เมื่อต้องทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการทั่วไป ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของ $\lambda_{\text{การทดลอง 1}}$ และ $\lambda_{\text{การทดลอง 2}}$ เทียบกับความยาวคลื่นแสงเลเซอร์มาตรฐาน

ชนิดของแหล่งกำเนิดแสง	% ความคลาดเคลื่อน	
	$\lambda_{\text{การทดลอง 1}}$	$\lambda_{\text{การทดลอง 2}}$
He-Ne เลเซอร์	0.47	3.63
Laser pointer แสงสีน้ำเงิน	1.48	2.46
Laser pointer แสงสีเขียว	0.57	1.34



ภาพที่ 4 กราฟแสดงค่าความยาวคลื่นแสงเลเซอร์มารตรฐาน 3 แหล่งกำเนิดเทียบกับค่าจากการทดลองทั้ง 2 วิธี

สรุป

การทดลองหาค่าความยาวคลื่นแสงเลเซอร์มาตรฐานสมชนิด ได้แก่ฮีเลียมนีออนเลเซอร์, Laser pointer แสงน้ำเงิน และสีเขียว ที่มีความยาวคลื่น 633 nm, 405 nm และ 523 nm ตามลำดับ เทียบกับค่าที่ได้จากผลการทดลองวิธีที่ 1 ได้แก่วิธีการวัดความยาวคลื่นแสงจากภาพถ่ายและประมวลผลด้วยโปรแกรม Mathcad พบว่าค่าความยาวคลื่นแสงทั้งสามชนิด มีค่า 636 nm, 399 nm และ 526 nm ตามลำดับ ขณะที่ค่าความยาวคลื่นแสงที่ได้จากการทดลองวิธีที่ 2 ได้แก่วิธีการวัดความยาวคลื่นแสงด้วยชุดสเปกโตรมิเตอร์ที่ประยุกต์เข้าโปรแกรม Theremino spectrometer มีค่า 610 nm, 395 nm และ 529 nm ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้จากการทดลองมีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน

โดยเมื่อเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของความยาวคลื่นแสงได้จากการทดลองด้วยวิธีที่ 1 และ 2 กับค่าความยาวคลื่นแสงมาตรฐาน พบว่าเลเซอร์สีเขียวมีค่าคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด ได้แก่ 0.57%, 1.34% ตามลำดับ และผลการทดลองวิธีที่ 1 มีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าความยาวคลื่นที่ได้จากการทดลองวิธีที่ 2

เอกสารอ้างอิง

1. นัทชาริน อาษาธง, มยุรี หาญสุภานุสรณ์, แสงกฤช กลั่นบุศย์. การสอนหลักการเรื่องการแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสงโดยการทดลองผ่านกระบวนการสอนแบบสืบเสาะให้นักเรียนในวิชาฟิสิกส์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53 วันที่ 3-6 กุมพาพันธ์ 2558. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ; 2558. หน้า 330-7.
2. ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. การทดลองที่ 3 Diffraction at a slit and Heisenberg's uncertainty principle [อินเตอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 10 มี.ค. 2561] เข้าถึงได้จาก: www.sc.mahidol.ac.th /scpy/...10/ LabY3.1-2010-Lab3-Heisenberg_uncertainty.pdf

3. ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. คู่มือปฏิบัติการฟิสิกส์ II. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ; 2549. หน้า 101-5.
4. Department of Physics. Massachusetts Institute of Technology. Experriment 9: Interference and Diffraction [Internet]. 2006 [cited March 5, 2018]. Available from: https://ocw.mit.edu/courses/physics/8-02-physics-ii-electricity-and-magnetism-spring-2007/experiments/experiment9.pdf
5. จุมพล ขอบขำ, ศราวุธ มีเครือ, ศิรินุช จินดารักษ์ และชโนภาส ชนลักษณ์ดาว. การวัดความยาวคลื่นของแสงฮีเลียม-นีออนเลเซอร์ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบน. NU Science Journal 2547; 1(2): 53-60.
6. David Halliday, Robert Resnick, Kenneth S. Krane. Physicics Volume 2. 4th ed. John Wiley and Sons, Inc.
7. คณิต ทองพิสิฐสมบัติ, ศตายุ สุวรรณะโสภณ. การใช้โปรแกรม Mathcad เพื่อหาค่าความยาวคลื่นแสงเลเซอร์จากการเลี้ยวเบน. ใน: เอกสารประกอบการประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 6 วันที่ 6 มิถุนายน 2561. มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (พื้นที่ส่วนขยาย มฉก. 2). สมุทรปราการ; 2561. หน้า 155-9.

วิทยาศาสตร์สุขภาพ
Health Science (HS)

[HS-O01] ผลของแรงการถอดแบร็กเก็ตต่อการขยายของรอยร้าวระดับจุลภาคบนผิวเคลือบฟันหลังจากถอดแบร็กเกต: การศึกษานำร่อง

Effect of Debonding Strength on Enamel Microcrack Extension After Removal of Bracket: a Pilot Study

ปิยพงศ์ นิ่มปลอด*[1], รัชวรรณ ตัณศลารักษ์[1], และ ธนพล ศรสุวรรณ[2]
Piyaphong Nimplod*[1], Ratchawan Tansalarak[1], and Tanapon Sornsuwan[2]
[1]สาขาวิชาทันตกรรมจัดฟัน ภาควิชาทันตกรรมป้องกัน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
[2]สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ ภาควิชาทันตกรรมบูรณะ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล n.piyaphong@gmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษานำร่องเกี่ยวกับผลของแรงการถอดแบร็กเกตต่อการขยายของรอยร้าวระดับจุลภาคบนผิวเคลือบฟันหลังจากถอดแบร็กเกต โดยใช้ฟันกรามน้อยบนมนุษย์ที่ถูกถอนจำนวน 30 ซี่ ขัดด้านแก้มเป็นระนาบขนานพื้น และแบ่งกลุ่มออกเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 10 ซี่ ตามลักษณะการปรากฏของรอยร้าวระดับจุลภาคที่ถูกสร้างและการยึดติดของแบร็กเกต ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ติดแบร็กเกตบนพื้นผิวที่ไม่สร้างรอยร้าว, กลุ่มที่ 2 ไม่ติดแบร็กเกตบนพื้นผิวที่สร้างรอยร้าว และกลุ่มที่ 3 ติดแบร็กเกตบนพื้นผิวที่สร้างรอยร้าว ค่าความแข็งแรงของการถอดแบร็กเกตถูกวิเคราะห์ด้วยเครื่องทดสอบสากล และประเมินรูปแบบความล้มเหลวของชิ้นงาน ณ บริเวณที่เกิดการสูญเสียการยึดติด ความยาวของรอยร้าวระดับจุลภาคบนผิวเคลือบฟันถูกวัดก่อนติดแบร็กเกตและหลังถอดแบร็กเกต ผลการศึกษาพบว่า แรงการถอดแบร็กเกตระหว่างกลุ่มที่ไม่สร้างและสร้างรอยร้าวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ร้อยละ 65 ของชิ้นงานที่ติดแบร็กเกตเกิดความล้มเหลวแบบผสม นอกจากนั้นระดับของความยาวที่ลดลงของรอยร้าวระดับจุลภาคระหว่างกลุ่มที่ไม่ติดและติดแบร็กเกตมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ภายใต้ข้อจำกัดของการศึกษานี้ พบว่าแรงจากการถอดแบร็กเกตไม่มีผลต่อการขยายของรอยร้าวระดับจุลภาคบนผิวเคลือบฟันหลังจากถอดแบร็กเกต

คำสำคัญ: *แบร็กเกต, แรงการถอดแบร็กเกต, รอยร้าวระดับจุลภาค*

Abstract

The research was a pilot study of the effect of debonding strength on enamel microcrack extension after removal of bracket. Thirty extracted human maxillary premolars were flattened on buccal surfaces and divided into three groups (n= 10) follow the appearance of microcracks and the adhesion of the bracket; 1) bonded bracket on the non-indented surface, 2) unbonded bracket on the indented surface and 3) bonded bracket on the indented surface. Debonding strength was investigated by a universal testing machine, and the site of bond failure was then re-evaluated. Enamel microcracks were measured before bracket attachment and after removal. The results revealed that between groups with bracket attachment, there is no statistically significant difference of debonding strength. Sixty-five percent of specimen bonded with brackets had mixed bond failure. Additionally, the degree of microcrack length reduction was not significantly different between groups. Within limitations of the study, bracket debonding force did not affect the extension of enamel microcrack after bracket removal.

Keywords*: bracket, debonding strength, microcrack*

บทนำ

รอยร้าวบนผิวเคลือบฟันสามารถเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ เช่น ความผิดปกติการเจริญของฟัน ความหลายหลากของอุณหภูมิภายในช่องปาก แรงบดเคี้ยว แรงจากการถอนฟัน กระบวนการบูรณะฟัน และ การถอดเครื่องมือทันตกรรมจัดฟันติดแน่น เป็นต้น[1] รอยร้าวที่เกิดขึ้นบนผิวเคลือบฟันก่อให้เกิดการสะสมของคราบสีและคราบจุลินทรีย์ ซึ่งจะนำไปสู่การเกิดฟันผุได้[2, 3] นอกจากนี้รอยร้าวยังมีความสามารถในการขยายตัวเพิ่มมากขึ้น[4, 5]

รอยร้าวบนผิวเคลือบฟันเป็นปัญหาสำคัญอย่างหนึ่งทางทันตกรรมจัดฟัน โดยเฉพาะในผู้ที่ได้รับการรักษาด้วยเครื่องมือจัดฟันแบบติดแน่น ซึ่งจำเป็นต้องติดเครื่องมือบนผิวเคลือบฟัน เช่น ท่อจัดฟันด้านแก้ม ที่ยึดติดด้านลิ้น และแบร็กเกต เป็นต้น โดยแบร็กเกตเป็นเครื่องมือที่ใช้ยึดติดกับผิวเคลือบฟันมากที่สุดเมื่อเทียบกับส่วนยึดติดชนิดอื่น แรงจากการถอดเครื่องมืออาจจะทำให้เกิดความเสียหายกับผิวเคลือบฟันได้ ดังนั้นแรงที่เหมาะสมสำหรับการยึดติดแบร็กเกตจึงเป็นแรงที่มากพอที่จะต้านทานการหลุดจากแรงการเคลื่อนฟัน หรือแรงบดเคี้ยว และสามารถถอดแบร็กเกตนั้นจากผิวเคลือบฟันโดยไม่ทำให้เกิดภยันตรายใดๆ[6] แรงยึดติดสำหรับแบร็กเกตที่แนะนำทางคลินิกคือ 6-8 เมกะพาสคัล[7] และแรงจากการถอดเครื่องมือไม่ควรสูงเกินกว่าแรงเชื่อมแน่น (Cohesive strength) ของผิวเคลือบฟัน ซึ่งมีค่าประมาณ 14 เมกะพาสคัล[8, 9]

อย่างไรก็ตามเนื่องจากรอยร้าวในระดับจุลภาคสามารถตรวจพบได้ยากทางคลินิก[10] และสามารถตรวจพบผ่านทางกล้องจุลทรรศน์ จากการศึกษาในอดีตที่ผ่านมา มีการศึกษาค่อนข้างน้อยเกี่ยวกับการเปรียบเทียบรอยร้าวระดับจุลภาคบนผิวเคลือบฟันก่อนติดและหลังถอดแบร็กเกต[1, 11] และยังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับการเปรียบเทียบดังกล่าวโดยมีการสร้างรอยร้าวระดับจุลภาคบนผิวเคลือบฟันขึ้นเอง การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษานำร่องเกี่ยวกับแรงในการถอดแบร็กเกตและการขยายของรอยร้าวระดับจุลภาคบนผิวเคลือบฟันหลังจากถอดแบร็กเกต

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมซี่ฟันสำหรับทดลอง

1.1 ขอรับรองและได้รับอนุญาตให้ดำเนินการโครงการวิจัยจากคณะกรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

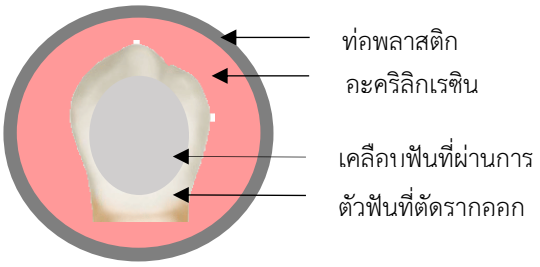
1.2 รวบรวมฟันกรามน้อยบนของมนุษย์ที่ถูกถอนเพื่อการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันจำนวน 30 ซี่ที่มีรูปร่างปกติและเคลือบฟันอยู่ในลักษณะสมบูรณ์ ไม่มีรอยผุ แตกหรือบิ่น รวมถึงไม่ผ่านการบูรณะและรักษารากฟันมาก่อน จากคลินิกศัลยศาสตร์ช่องปาก คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.3 เก็บฟันที่ถอนไว้ในสารละลายไทมอล 0.1%

2. การเตรียมชิ้นงาน

2.1 นำฟันที่ผ่านเกณฑ์คัดเข้าและคัดออกแล้วมาทำความสะอาด ตัดส่วนรากฟันออก และนำส่วนตัวฟันฝังในท่อพลาสติกด้วยอะคริลิกเรซิน ให้ด้านแก้มของตัวฟันโผล่เหนือขอบบนของท่อพลาสติก

2.2 ขัดฟันส่วนของเคลือบฟันด้านแก้มด้วยเครื่องขัดให้เป็นระนาบขนานกับพื้น เริ่มขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 1000, 1200 และผงขัดเพชรขนาด 3 และ 1 ไมครอนตามลำดับ โดยขัดเอาเคลือบฟันออกจนได้พื้นที่ขัดกว้างกว่าพื้นที่ฐานแบร็กเกตเล็กน้อย ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การเตรียมชิ้นงานก่อนการสร้างรอยร้าวและติดแบร็กเก็ต

2.3 แบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 3 กลุ่มแบบสุ่ม ตามลักษณะการปรากฏของรอยร้าวระดับจุลภาคที่ถูกสร้างและการยึดติดของแบร็กเกต ดังนี้

2.3.1 กลุ่มที่ 1: ไม่สร้างรอยร้าวบนผิวเคลือบฟันก่อนติดแบร็กเกตโลหะ จำนวน 10 ชิ้น

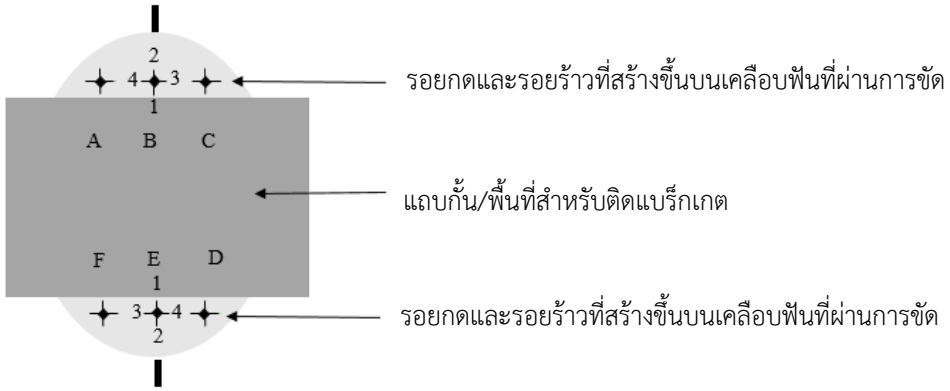
2.3.2 กลุ่มที่ 2: สร้างรอยร้าวบนผิวเคลือบฟันโดยไม่ติดแบร็กเกตโลหะ จำนวน 10 ชิ้น

2.3.3 กลุ่มที่ 3: สร้างรอยร้าวบนผิวเคลือบฟันก่อนติดแบร็กเกตโลหะ จำนวน 10 ชิ้น

3. การสร้างรอยร้าวบนผิวเคลือบฟัน

3.1 ปิดแถบกั้นตรงกลางบริเวณพื้นที่ผิวเคลือบฟันที่ได้รับการขัดเพื่อแยกเป็นสองส่วนคือพื้นที่สำหรับติดแบร็กเกตและพื้นที่สำหรับเตรียมรอยร้าว

3.2 ใช้เครื่องทดสอบความแข็งกดลงบนผิวเคลือบฟันบริเวณขอบบนและล่างของแถบกั้น (บริเวณที่ไม่มีแถบกั้นคลุม) เพื่อทำให้เกิดรอยร้าว โดยรอยกดรูปเพชร 1 รอยจะทำให้เกิดรอยร้าวทั้งหมด 4 รอยบริเวณมุมของรอยกด โดยชิ้นงาน 1 ชิ้น ประกอบด้วยรอยกด 6 จุด (A-F) และรอยร้าว 24 รอย ดังภาพที่ 2 แล้วจึงวัดความยาวของรอยร้าวที่เกิดขึ้นด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่ติดตั้งคู่กับเครื่องทดสอบความแข็ง



ภาพที่ 2 การเตรียมรอยร้าวบนผิวเคลือบฟันก่อนติดแบร็กเกต

4. การติดแบร็กเกตบนผิวเคลือบฟัน

4.1 ติดแถบกั้นบริเวณรอยร้าวที่สร้างขึ้นบนชิ้นงานในกลุ่มที่ 3 เพื่อไม่ให้มีส่วนของสารยึดติดไหลแผ่เข้ามาในบริเวณดังกล่าว ซึ่งทำให้มีผลต่อการมองเห็นและยากต่อวัดความยาวรอยร้าวหลังถอดแบร็กเกต สำหรับชิ้นงานในกลุ่ม 1 ไม่ต้องติดแถบกั้น โดยติดแบร็กเกตกึ่งกลางบริเวณของเคลือบฟันที่ผ่านการขัด

4.2 เตรียมผิวเคลือบฟันก่อนติดแบร็กเกต โดยการปรับสภาพผิวฟันด้วยกรดฟอสฟอริกความเข้มข้น 37% (3M Unitek) เป็นเวลา 15 วินาที ล้างกรดออกด้วยน้ำและเป่าให้แห้ง ตามด้วยการทาสารยึดติด (Transbond XT®; 3M Unitek)

4.3 แบร็กเกตที่ใช้เป็นแบร็กเกตโลหะสำหรับฟันหน้าล่าง (Gemini; 3M Unitek)

4.4 ใส่สารป้ายยึดติด (Transbond XT®; 3M Unitek) ใต้ฐานแบร็กเกตก่อนวางและกดลงบนผิวเคลือบฟันที่เตรียมไว้ กำจัดสารป้ายยึดติดส่วนเกินด้วยเครื่องมือตรวจฟัน

4.5 บ่มด้วยแสงด้วยเครื่องฉายแสงบริเวณขอบซ้ายและขวาด้านละ 3 วินาที เพื่อให้เกิดการแข็งตัวของสารยึดติด แล้วจึงนำแถบกั้นออก

4.6 แช่ตัวอย่างในน้ำอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงเพื่อป้องกันการเกิดภาวะขาดน้ำของผิวเคลือบฟันและเพื่อให้ปฏิกิริยาการแข็งตัวของสารยึดติดอย่างสมบูรณ์

5. การทดสอบแรงการถอดแบร็กเกต

5.1 ทดสอบค่าแรงที่ใช้ในถอดแบร็กเกตด้วยเครื่องทดสอบสากล (Universal testing machine)

5.2 ค่าแรงที่ได้จากเครื่องทดสอบสากลมีหน่วยเป็นนิวตัน โดยเปลี่ยนเป็นหน่วยเมกะพาสคัล ได้จากสูตร

ค่าแรงการถอดแบร็กเกต (เมกะพาสคัล) = ค่าแรงการถอดแบร็กเกต (นิวตัน) / พื้นที่ฐานแบร็กเกต (ตารางมิลลิเมตร)

ซึ่งพื้นที่ฐานของแบร็กเกตโลหะของฟันหน้าล่างมีค่าเท่ากับ 9.28 ตารางมิลลิเมตร

5.3 วัดความยาวของรอยร้าวที่ตำแหน่งเดิมอีกครั้งด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่ติดตั้งคู่กับเครื่องทดสอบความแข็ง และคำนวณความยาวที่เปลี่ยนแปลงไปของรอยร้าว

6. ศึกษารูปแบบความล้มเหลว (Failure mode) ของชิ้นงานหลังจากถอดแบร็กเกต

6.1 รูปแบบความล้มเหลวของชิ้นงานหลังจากถอดแบร็กเกตแบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้

6.1.1 Cohesive failure คือ ความล้มเหลวเกิดบริเวณวัสดุชนิดเดียวกัน

6.1.2 Adhesive failure คือ ความล้มเหลวเกิดบริเวณรอยต่อของวัสดุสองชนิด ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 บริเวณ

6.1.2.1 รอยต่อระหว่างฐานแบร็กเกตและชั้นสารยึดติด (Bracket-composite interface)

6.1.2.2 รอยต่อระหว่างผิวเคลือบฟันและชั้นสารยึดติด (Enamel-composite interface)

6.1.3 Mixed failure คือ ความล้มเหลวที่เกิดผสมกันระหว่าง Cohesive และ Adhesive failure

6.2 ศึกษาและแบ่งประเภทความล้มเหลวของชิ้นงานภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ กำลังขยาย 4 เท่า

7. การวิเคราะห์ทางสถิติ

7.1 คำนวณความยาวรอยร้าวที่เปลี่ยนแปลงไป ดังนี้

ความยาวรอยร้าวที่เปลี่ยนแปลง = ความยาวรอยร้าวหลังถอดแบร็กเกต – ความยาวรอยร้าวก่อนติดแบร็กเกต

7.2 หาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแรงการถอดแบร็กเกตและความยาวรอยร้าวที่เปลี่ยนแปลงไปแยกเป็นแนวดิ่งและแนวนอน

7.3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแรงการถอดแบร็กเกตระหว่างสองกลุ่มที่ติดแบร็กเกต และเปรียบเทียบความยาวรอยร้าวที่เปลี่ยนแปลงไปทั้งแนวดิ่งและแนวนอนระหว่างกลุ่มที่สร้างรอยร้าว โดยใช้สถิติ independent *t*-test

7.4 วิเคราะห์ทางสถิติทั้งหมดด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ SPSS และระดับนัยสำคัญทางสถิติคือ 0.05

ผลวิจัยและการอภิปรายผล

จากการทดสอบแรงการถอดแบร็กเกตระหว่างกลุ่มที่ไม่ได้สร้างรอยร้าว (กลุ่มที่ 1) และสร้างรอยร้าว (กลุ่มที่ 3) บนผิวเคลือบฟันก่อนติดแบร็กเกต ได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แรงการถอดแบร็กเกต (เมกะพาสคัล)

กลุ่ม	จำนวนชิ้นงาน	แรงการถอดแบร็กเกต	P-value
		Mean±SD	
1	10	20.48±5.29	
3	10	20.13±4.49	0.878

จากผลการศึกษาแรงการถอดแบร็กเกต กลุ่มที่ไม่สร้างและสร้างรอยร้าวให้แรงการถอดแบร็กเกต 20.48±5.29 และ 20.13±4.49 เมกะพาสคัล ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่ารอยร้าวที่สร้างขึ้นบนผิวเคลือบฟันบริเวณรอบฐานแบร็กเกตก่อนติดแบร็กเกตไม่มีผลต่อแรงการถอดแบร็กเกต

จากการแบ่งประเภทรูปแบบความล้มเหลวของชิ้นงานหลังจากถอดแบร็กเกต ระหว่างสองกลุ่มที่ติดแบร็กเกต (1 และ 3) โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลัก ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความถี่ของรูปแบบความล้มเหลว (Failure mode) ของชิ้นงานหลังจากถอดแบร็กเกต

กลุ่ม	รูปแบบความล้มเหลว (ชิ้นงาน)				รวม
	Cohesive failure	Adhesive failure		Mixed failure	
		Bracket-composite interface	Enamel-composite interface		
1	0	1	1	8	10
3	0	0	5	5	10
รวม	0	1	6	13	20

จากผลการศึกษารูปแบบความล้มเหลวของชิ้นงานหลังจากถอดแบร็กเกต ไม่พบความล้มเหลวที่เกิดขึ้นในวัสดุชนิดเดียวกันในชิ้นงานทั้งสองกลุ่ม ชิ้นงานส่วนใหญ่มีความล้มเหลวแบบผสมจำนวน 13 ชิ้น จากทั้งหมด 20 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 65 และ ชิ้นงานที่มีความล้มเหลวที่เกิดขึ้นบริเวณรอยต่อของวัสดุสองชนิดจำนวน 7 ชิ้น จากทั้งหมด 20 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 35 โดยมี 6 จาก 7 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 85.7 เกิดความล้มเหลวที่รอยต่อระหว่างผิวเคลือบฟันและชั้นสารยึดติด ซึ่งเกิดผลดีคือไม่เหลือสารยึดติดหลงเหลือบนผิวเคลือบฟัน ไม่ต้องเสียเวลากรอออก แต่จะมีความโอกาสการเกิดภยันตรายต่อผิวเคลือบฟันสูง [(12)] และ 1 จาก 7 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 14.3 เกิดความล้มเหลวที่รอยต่อระหว่างฐานแบร็กเกตและชั้นสารยึดติด ซึ่งมีโอกาสเกิดภยันตรายต่อผิวเคลือบฟันน้อย แต่ต้องเสียเวลาในการกรอสารยึดติดที่หลงเหลืออยู่บนผิวเคลือบฟันออก[(13)]

ความยาวที่เปลี่ยนแปลงไปของรอยร้าวที่สร้างขึ้นบนผิวเคลือบฟันในกลุ่มที่ไม่ติดและติดแบร็กเกต โดยแบ่งเป็น 2 ประเภทตามทิศทางของรอยร้าว ได้แก่ แนวดิ่งและแนวนอน แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความยาวที่เปลี่ยนแปลงของรอยร้าวบนผิวเคลือบฟัน (ไมโครเมตร)

ทิศทางรอยร้าว	การติดแบร็กเกต	ความยาวเริ่มต้น Mean ± SD	ความยาวสุดท้าย Mean ± SD	ความยาวที่เปลี่ยนแปลง Mean ± SD	*P*-value
แนวดิ่ง	ติด	55.46 ± 12.30	42.88 ± 9.56	-12.58 ± 5.11	
	ไม่ติด	58.77 ± 13.50	46.76±16.65	-12.01 ± 5.49	0.813
แนวนอน	ติด	44.25 ± 16.77	36.18 ± 19.40	-8.07 ± 3.71	
	ไม่ติด	39.72 ± 6.31	28.76 ± 6.75	-10.96 ± 2.55	0.057

จากผลการศึกษาความยาวที่เปลี่ยนแปลงไป พบว่าทั้งรอยร้าวในแนวดิ่งและแนวนอนมีค่าลบ ซึ่งหมายความว่ารอยร้าวมีความยาวลดลงหลังจากถอดแบร็กเกต แสดงให้เห็นว่าแรงการถอดแบร็กเกตไม่มีผลทำให้เกิดการขยายของรอยร้าว แต่ในทางกลับกันทำให้เกิดการซ่อมแซมของรอยร้าวดังกล่าว และจากการเปรียบเทียบความยาวที่ลดลงของรอยร้าวบนผิวเคลือบฟันในกลุ่มที่ไม่ติดและติดแบร็กเกต พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งแนวดิ่งและแนวนอน (P=0.813 และ P=0.057 ตามลำดับ) แสดงให้เห็นว่าแรงการถอดแบร็กเกตก็ไม่ได้มีผลต่อการความยาวที่ลดลงของรอยร้าวเช่นกัน

ความยาวที่ลดลงของรอยร้าวสอดคล้องกับการศึกษาของ Rivera และคณะที่สร้างรอยร้าวระดับจุลภาคบนผิวเคลือบฟันด้วยเครื่องทดสอบความแข็งกดลงบนผิวเคลือบฟัน รอยร้าวจะมีการหดสั้นลงตามเวลา และการหดสั้นจะหยุดเมื่อ 48 ชั่วโมงหลังจากการสร้างรอยร้าวนั้น โดยการหดสั้นหรือการซ่อมแซมตัวเองของรอยร้าวเนื่องจากโปรตีนที่เป็นส่วนประกอบของเคลือบฟันทำให้เกิดกระบวนการ Viscoelastic recovery และ กลไกการเพิ่มความเหนียวภายใน (Intrinsic toughening mechanism) ซึ่งเป็นกลไกของเคลือบฟันที่ป้องกันภยันตรายไม่ให้รุกล้ำเข้าสู่ชั้นเนื้อฟันและโพรงประสาทฟันได้[(14)]

ปกติรอยร้าวสามารถขยายได้ในกรณีมีความเค้นเกิดขึ้นเกินค่าวิกฤต แต่ในการศึกษานี้รอยร้าวที่สร้างขึ้นบริเวณรอบฐานแบร็กเกตไม่มีการขยายเพิ่มขึ้น อาจเป็นผลมาจากความเค้นที่เกิดขึ้นจากการถอดแบร็กเกตไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดการขยายของรอยร้าว หรือ บริเวณที่สร้างรอยร้าวไม่ได้เกิดความเค้นที่มากพอที่จะทำให้เกิดการขยายของรอยร้าว จากการศึกษาของ Hajizadeh และคณะ พบว่าบริเวณที่เกิดความเค้นสูงอยู่บริเวณใต้ฐานแบร็กเกตขณะให้แรงการถอด โดยเฉพาะบริเวณใกล้ขอบบนและล่างของแบร็กเกต[15] ในทางกลับกันความเค้นจากการถอดแบร็กเกตก็ไม่ได้มีผลต่อความยาวที่ลดลงของรอยร้าวที่สร้างบริเวณรอบฐานแบร็กเกตเช่นกัน

ข้อจำกัดของการศึกษานี้ ได้แก่ เนื่องจากการศึกษานี้เป็นการศึกษานำร่องจึงมีจำนวนตัวอย่างต่อกลุ่มค่อนข้างน้อย (10 ชิ้นต่อกลุ่ม) ในการศึกษาเปรียบเทียบต่อไปควรเพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างเพื่อเพิ่มความสามารถในการตรวจพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เพื่อศึกษาการขยายตัวของรอยร้าวต่อไป บริเวณที่มีการสร้างรอยร้าวบนผิวเคลือบฟันในการศึกษานี้คือขอบด้านบนและล่างของฐานแบร็กเกต ซึ่งไม่ใช่บริเวณที่เกิดความเค้นสูงจากการถอดแบร็กเกต การศึกษาต่อไปควรมีการสร้างรอยร้าวบริเวณใต้ฐานแบร็กเกตซึ่งมีความเค้นจากการถอดแบร็กเกตสูงกว่า นอกจากนี้ จากการศึกษานี้มีการทดลองเฉพาะในแบร็กเกตโลหะชนิดเดียว แต่ยังมีแบร็กเกตชนิดอื่นๆที่ยังมีการใช้กันอย่างแพร่หลายทางทันตกรรมจัดฟันและมีแนวโน้มว่าแรงการถอดสูงกว่าแบร็กเกตโลหะ ได้แก่ แบร็กเกตเซรามิก จึงมีข้อแนะนำให้มีการศึกษาการขยายของรอยร้าวหลังจากการถอดแบร็กเกตเซรามิก ถ้าในการศึกษาต่อไปมีการขยายของรอยร้าวเกิดขึ้นจริงหลังจากการถอดแบร็กเกต การศึกษาที่จะเกิดขึ้นต่อไปคือการศึกษาหาวิธีการถอดแบร็กเกตที่ลดแรงการถอดและภยันตรายต่อผิวเคลือบฟัน

สรุป

จากผลการศึกษานำร่องภายใต้ข้อจำกัด สรุปได้ว่า การสร้างรอยร้าวบริเวณรอบฐานแบร็กเกตบนผิวเคลือบฟันไม่มีผลต่อแรงการถอดแบร็กเกตโลหะ แรงการถอดแบร็กเกตโลหะไม่ทำให้เกิดการขยายของรอยร้าวที่สร้างขึ้นบนผิวเคลือบฟันรอบฐานแบร็กเกต แต่ในทางกลับกับรอยร้าวมีความยาวลดลง และแรงการถอดแบร็กเกตไม่มีผลต่อปริมาณความยาวรอยร้าวที่ลดลง การศึกษาต่อไปแนะนำสร้างรอยร้าวในบริเวณที่เกิดความเค้นสูงจากการถอดแบร็กเกต และ ศึกษาในแบร็กเกตชนิดอื่นเปรียบเทียบกับแบร็กเกตโลหะ

เอกสารอ้างอิง

1. Dumbryte I, Jonavicius T, Linkeviciene L, Linkevicius T, Peciuliene V, Malinauskas M. Enamel cracks evaluation - A method to predict tooth surface damage during the debonding. Dent Mater J 2015; 34:828-34.
2. Chen CS, Hsu ML, Chang KD, Kuang SH, Chen PT, Gung YW. Failure analysis: Enamel fracture after debonding orthodontic brackets. Angle Orthod 2008; 78:1071-7.
3. Zachrisson BU, Skogan O, Hoymyhr S. Enamel cracks in debonded, debanded, and orthodontically untreated teeth. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1980; 77:307-19.
4. Bishara SE, Fonseca JM, Boyer DB. The use of debonding pliers in the removal of ceramic brackets: force levels and enamel cracks. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1995; 108:242-8.
5. Bishara SE, Ostby AW, Laffoon J, Warren JJ. Enamel cracks and ceramic bracket failure during debonding in vitro. Angle Orthod 2008; 78:1078-83.
6. Arhun N, Arman A. Effects of orthodontic mechanics on tooth enamel: A review. Semin Orthod 2007; 13:281-91.
7. Reynolds I. A review of direct orthodontic bonding. Br J Orthod 1975; 2:171-8.

8. Bowen RL, Rodriguez MS. Tensile strength and modulus of elasticity of tooth structure and several restorative materials. J Am Dent Assoc 1962; 64:378-87.
9. Bishara SE, Fehr DE. Ceramic brackets: something old, something new, a review. Semin Orthod 1997; 3:178-88.
10. Lee W. Graber RLV, Katherine W.L. Vig. Orthodontics: Current Principles and Techniques. 5 th edition . St Louis; Elsevier: 2005.
11. Dumbryte I, Linkeviciene L, Malinauskas M, Linkevicius T, Peciuliene V, Tikuisis K. Evaluation of enamel micro-cracks characteristics after removal of metal brackets in adult patients. Eur J Orthod 2013; 35:317-22.
12. Liu JK, Chung CH, Chang CY, Shieh DB. Bond strength and debonding characteristics of a new ceramic bracket. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2005; 128:761-5.
13. Bishara SE, Vonwald L, Laffoon JF, Jakobsen JR. Effect of altering the type of enamel conditioner on the shear bond strength of a resin-reinforced glass ionomer adhesive. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2000; 118:288-94.
14. Rivera C, Arola D, Ossa A. Indentation damage and crack repair in human enamel. J Mech Behav Biomed Mater 2013; 21:178-84.
15. Hajizadeh M, Ghalichi F, Mirzakouchaki B, Shahrbaf S. Pattern of stress distribution in different bracket–adhesive–tooth systems due to debonding load application. Orthod Waves 2014; 73:8-16.

[HS-O02] ผลของการให้วิตามินซีทางปากในขณะเคลื่อนฟันทางทันตกรรมจัดฟันต่อปริมาณรากฟันละลายในหนูขาวใหญ่

Effect of Oral Vitamin C Supplement during Orthodontic Tooth Movement on Amount of Root Resorption in Rats

กิตติศักดิ์ ตันกุระ[*1], วรายุทธ โชติประกายเกียรติ[2] และ ฐานิต ประสิทธิ์ศักดิ์[3]
Kittisak Tankura*[1], Warayut Chotprakaikiat[2] and Thanit Prasitsak[3]
[1]หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาทันตแพทยศาสตร์ (ทันตกรรมจัดฟัน) คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
[2,3]ภาควิชาชีววิทยาช่องปาก คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเรศวร
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: max_tankura@hotmail.com*

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของการให้วิตามินซีทางปากในขณะเคลื่อนฟันทางทันตกรรมจัดฟันต่อปริมาณรากฟันละลายในหนูขาวใหญ่ หนูวิสตาร์แรทเพศชาย อายุ 6 สัปดาห์ จำนวน 30 ตัว ได้รับการสุ่มแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ได้รับวิตามินซีในขนาดเทียบเท่ากับในคน (500 และ 1,000 มก.ต่อวัน) สัตว์ทดลองได้รับการใส่สปริงนิกเกิลไทเทเนียมขนาด 9 มิลลิเมตรระหว่างฟันหน้าบนและฟันกรามบนขวาซี่ที่ 1 เพื่อให้เกิดแรงเคลื่อนฟัน 60 กรัม นาน 14 วัน ขากรรไกรบนถูกเก็บและดำเนินการเพื่อวิเคราะห์ทางจุลกายวิภาคศาสตร์ด้วยการย้อมสีฮีมาทอกซิลิน-อีโอซิน และทาร์เทรตรีซิสแตนท์แอซิดฟอสฟาเทส การวิเคราะห์เชิงปริมาณทำด้วยวิธีฮิสโทโมโฟรเมตริก พบว่าร้อยละของปริมาณรากฟันที่ละลายและปริมาณเซลล์สลายกระดูกที่ย้อมติดสีทาร์เทรตรีซิสแตนท์แอซิดฟอสฟาเทส ในกลุ่มที่ได้รับวิตามินซีมีค่าน้อยกว่ากลุ่มควบคุม และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการศึกษาแสดงว่าการให้วิตามินซีทางปากไม่ได้เพิ่มปริมาณรากฟันละลายและจำนวนของเซลล์สลายกระดูกหลังการเคลื่อนฟันทางทันตกรรมจัดฟันเป็นเวลา 14 วันในหนูขาวใหญ่ วิตามินซีจึงเป็นสารที่เหมาะสมในการเร่งอัตราการเคลื่อนฟันโดยมีความเสี่ยงต่อการเกิดรากฟันละลายต่ำ

คำสำคัญ: *รากฟันละลาย, วิตามินซี, การเคลื่อนฟันทางทันตกรรมจัดฟัน*

Abstract

This study aims to evaluate the effect of oral vitamin C supplement during orthodontic tooth movement on amount of root resorption in rats. Thirty 6-week-old male Wistar rats were randomly divided into 3 groups: control and vitamin C supplement in the human equivalent dose (500, 1,000 mg/day). 9-mm nickel-titanium closed-coil spring was inserted between maxillary incisors and right first molar to generate 60 g force for 14 days. Maxillae were collected and processed for histological analysis by using hematoxylin and eosin (H&E) and tartrate-resistant acid phosphatase (TRAP) staining techniques. Quantitative analyses were done by a histomorphometric method. The percentage of root resorption and amount of TRAP-positive osteoclasts were slightly decreased in vitamin C supplement groups, but no statistically significance among all groups ($P > 0.05$). Based on the results of this experiment, it suggested that oral vitamin C supplement did not increase amount of root resorption and osteoclasts after 14-day period of orthodontic tooth movement in rats. Thus, vitamin C may be a good candidate molecule that accelerates tooth movement with low risk of root resorption.

Keywords: *Root resorption, Vitamin C, Orthodontic tooth movement*

Introduction

Orthodontic treatment is the method that managing tooth alignment on jaw bones. Methods increasing rate of tooth movement and reducing treatment period are challenged in the clinical practice, because a long period of treatment results in deleterious effects such as dental caries and gingival problems[1]. However, accelerating of tooth movement can be a cause of root resorption [2]. Root resorption, one of most common adverse sequelae associated with orthodontic treatment [3, 4, 5, 6], is defined as the active removal process of tooth root structure which usually cementum and dentin layer are involved [7]. Although mild root resorption is able to repair after discontinuation of orthodontic force [8], severe root resorption can be permanent tooth root loss and subsequently result in tooth mobility and early loss of the affected teeth [9, 10]. There are various possible factors that may increase the risk of root resorption, such as type, magnitude and duration of orthodontic force [11, 12, 13], chronological age of patients [14], some systemic conditions [15] and pharmacologic agents related to bone metabolism [16]. Vitamin C is a water-soluble vitamin and used as a nutritional supplement for many proposes [17]. Many bone studies applied vitamin C in their experiments due to its roles in osteogenic, chondrogenic, osteoclastogenic differentiation [18] and collagen maturation [18, 19, 20]. Vitamin C was used in orthodontic field for improving rate of orthodontic tooth movement. The increasing rate of orthodontic tooth movement as well as osteoclast numbers at pressure side in vitamin C supplement group was found in the recent study [21]. However, the effect of vitamin C supplementation on root resorption during orthodontic tooth movement is still unclear. In this study, we investigated the effect of oral vitamin C supplementation during orthodontic tooth movement on root resorption in an animal model.

Materials and methods

1. Animals

Thirty 6-week-old male Wistar rats with an average weight of 150-200 g obtained from Nomura Siam International CO., LTD. (Bangkok, Thailand). The rats were randomly and equally allocated to three groups (n=10) depending on the doses of vitamin C supplement that commonly used in human (500, 1,000 mg/day) and distilled water was used as a control. The daily doses of vitamin C supplements in rat were determined on the basis of the following formula [22].

Animal dose (mg/kg) = Human equivalent dose (mg/kg) x Human Km/Animal Km

Km is the correction factor (37 and 7 for human and rat, respectively).

On the basis of a 60-kg man daily taking 500- and 1,000-mg vitamin C, the doses tested in this experiment were 44.05 and 88.10 mg of vitamin C per kg of rat body weight, respectively. Vitamin C solution (Mega We Care Nat C Ester, Thailand) was freshly prepared, protected from light and stored at 4 °C in the dark environment until administration [23]. The rats were fed with an agent as assigned daily by using feeding needle for a 21-day period, 7 days before application of orthodontic force system and 13 days afterward. All animal experiments were performed in accordance with protocols certified by the Animal Welfare Committee of Center for Animal Research Naresuan University.

2. Orthodontic tooth movement (OTM)

The application of orthodontic appliances was constituted according to Sodagar et al. [24] and performed under general anesthesia, a 9-mm nickel-titanium closed-coil spring (0.010-inch wire diameter and 0.030-inch coil diameter; Ormco Corp., Glendora, CA, USA) was connected between the cervical third of maxillary incisors and right first molar (M1) with stainless steel ligature wire. A 60-g force was created by a 1.0-mm elongation of spring and confirmed with a force gauge. The appliances were fixed with a flowable light-cured composite resin cover ligature wire. This mechanic was resulting in mesial movement of the maxillary right first molar.

3. Histomorphometric analysis

The maxillae were collected on day 14 after orthodontic tooth movement and immediately fixed in 4% paraformaldehyde for 2 days. The samples were decalcified in 10% EDTA solution for 8 weeks, processed in ethanol, and embedded in paraffin wax. Then, they were cut into horizontal serial section of 5 μm in thickness. Three sections, at 155, 255 and 355 μm apical to the maxillary right first molar furcation, of each specimen were selected and analyzed. Sections were processed hematoxylin and eosin staining to evaluate root resorption profile. Areas of analysis were concentered on the mesial side of the distobuccal root of maxillary right first molar at 100x magnification under light microscopy (Olympus BX50; Olympus, Tokyo, Japan). After digitalization, the root resorption areas were traced and measured with micro-imaging software (Olympus Cellsen Dimension, version 1.6, Figure 1a). To compare the root resorption areas of experimental and control groups, percentage of root resorption areas were calculated as root resorption areas per total root areas multiplied by 100.

Osteoclast number at root surface was detected by using tartrate-resistant acid phosphatase (TRAP) staining at level 150, 200, 250 and 300 μm. TRAP-positive osteoclasts that attached to cementum and root surface in the pressure side of the distobuccal root of maxillary right first molar were counted (Figure 2a and 2b).

4. Statistical analysis

Different of percentage of root resorption areas and TRAP-positive osteoclasts among groups were determined by a one-way analysis of variance (ANOVA) followed by Tukey's post hoc multiple comparisons. The significance level was considered at $P < 0.05$.

Results and discussion

Vitamin C supplementation does not increase root resorption

In this study, we investigated root resorption areas after 14 days of orthodontic tooth movement at the pressure side of the distobuccal root of M1. Histomorphometric analysis was used to determine and showed as the percentage of root resorption area. In vitamin C supplementation groups (C500 and C1,000), percentage of root resorption areas were less than control group (control = 5.04±0.82, C500 = 4.55±0.97, C1,000 = 4.49±0.40). However, no significant difference was found (Figure 1b).

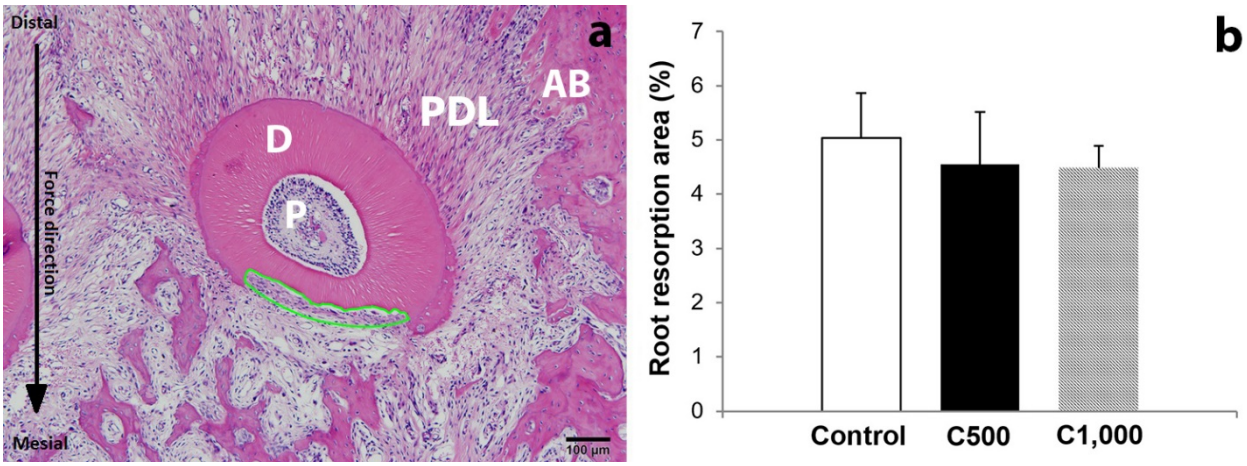


Figure 1 Vitamin C supplementation does not increase amount of root resorption after orthodontic tooth movement at day 14. (a) H&E staining on the horizontal section of the distobuccal root of M1. The root resorption area is measured as indicated by the area in green line. Black arrow indicates the direction of force. AB = alveolar bone, D = dentin, P = dental pulp, PDL = periodontal ligament. (b) The average percent of root resorption area per root in the distobuccal root per specimen (n=10). No significantly different of the percent of root resorption areas between three groups, data are presented as the mean±SEM

Gonzales and colleagues [11] compared duration of force application and suggested that root resorption at day 28 was observed more than at day 14 when applying 50 g of force. But it was not distinction when used 100 g of force. In addition, the profile of root resorption in each level of force was not different between day 14 and 28. Thus, it is possible to investigate root resorption profile at day 14. We used 60 g of force that has been reported that exceeds the minimum force could induce root resorption [25] for 14 days. Our data clearly showed root resorption area, so 60 g of force for 14 days might be a good method to investigated early root resorption profile.

Side of root resorption was depended on types of tooth movement. Kimura and colleagues [26] have been reported that root resorption was observed in the distal side of the roots during physiological tooth movement in rats. But during orthodontic tooth movement, root resorption is observed at the pressure side of the root [11, 12, 25]. Our experiment tested the orthodontic force in the mesial direction, representing the pressure side was on the mesial surface of root. Histomorphometric analysis (two-dimensional) and histological examination were performed at the maxillary right first molar to investigate pattern and amount of root resorption. The pattern of root resorption in this experiment was detected mostly at the mesial side of root that is comparable to the previously studied [11, 12, 25]. Our resulted shows no significant difference in the percentage of root resorption between experimental groups. This suggested that vitamin C supplementation did not increase root resorption during orthodontic force application.

Vitamin C supplementation does not increase osteoclasts

Osteoclasts have been used as representative cells of resorption activity [27, 2]. TRAP staining was used to detect the numbers of osteoclasts on root surface. The mean number of the TRAP-positive osteoclasts at the compression areas of the distobuccal root of M1 was higher in control group (4.65±1.02), and lower as a

dose-dependent characteristic (C500 = 4.33±1.02, C1,000 = 3.93±0.94). But, there is no statistically significance (Figure 2b).

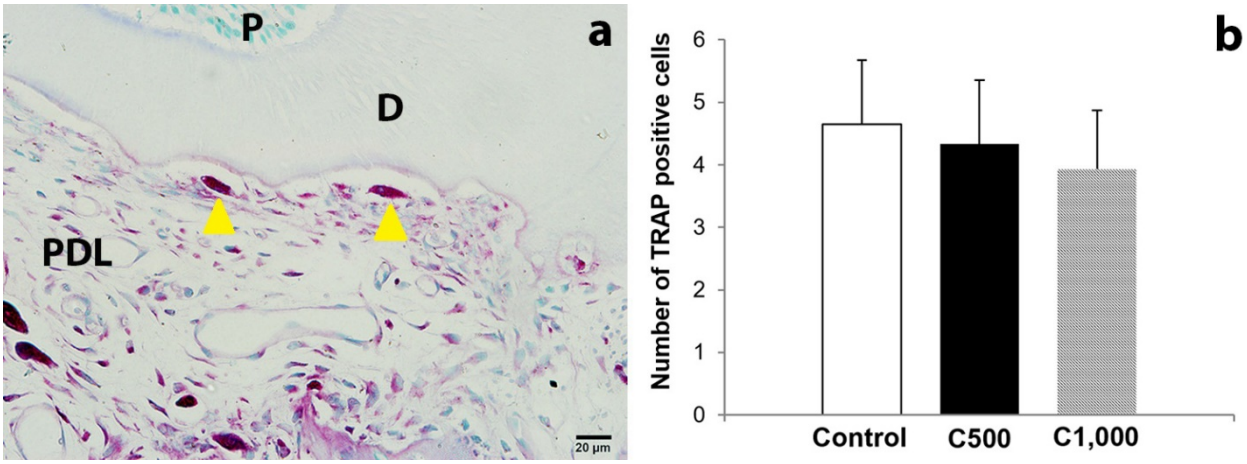


Figure 2 Osteoclasts do not increase in vitamin C supplementation after orthodontic tooth movement at day 14. (a) TRAP staining on the horizontal section of the distobuccal root of the maxillary right first molar. TRAP-positive osteclasts which contact to the root surface were counted (yellow arrowhead). D = dentin, P = dental pulp, PDL = periodontal ligament. (b) The average number of TRAP-positive cells in each group (n=10). No significantly different of TRAP-positive cells between three groups, data are presented as the mean±SEM

Previous evidences showed that multi-nucleated osteoclast- and odontoclast-like cells were well-matched cytological features [28, 29]. Amount of TRAP-positive osteoclasts were increased in the root resorption area [27, 30]. This study used TRAP staining to detect osteoclast numbers limited to the root surface in the pressure side. We found that numbers of TRAP-positive osteoclasts have no significance difference among experimental groups. This result is not similar to the previous study [21] that showed the increasing of osteoclast lacunae in the pressure side of the root in the oral vitamin C supplement group. The difference between osteoclast numbers can be a result of using different methods in the two studies. Our study counted osteoclasts specific to the root surface but Miresmaeili and coworkers counted osteoclasts lacunae at the distal aspect of the incisor root that might include surrounding alveolar bone area. In addition, we used TRAP staining technique that extensively used as an osteoclast marker. Thus, we suggest that osteoclasts number is not elevated on the root resorption site when adding vitamin C during OTM. This data is also equivalent to the percentage of root resorption in this study.

Vitamin C is sensitive to air, light and heat [23], so orally administration might be diminished efficacy of vitamin C supplementation. In addition, 80–90% of vitamin C were absorbed when taking up to 100 mg/day, while at high doses of consumption the efficiency of absorption of vitamin C were quickly declines [31]. In this study, vitamin C was fleshly prepared and stored in control condition before used to prevent the reduction of vitamin C efficacy. Although, we did not evaluated level of vitamin C absorption but we expected vitamin C

absorption was comparable to normal physiological condition. Thus, oral vitamin C supplement is ease, safe, non-invasive method and can be easily applied in clinical practice.

The results from the previous study [21] and our investigation indicate that vitamin C supplement during orthodontic treatment can increase rate of orthodontic tooth movement (data not shown) but not increase amount of root resorption. However, high range of histological responses were observed, these results need to be interpreted with caution. Despite histomorphometric method provides high solution for evaluation. However, this method has a limitation to clarify the overall characteristic of root resorption that occurs in three dimensions. Microcomputed tomography (MicroCT) can overcome this problem. Moreover, this study is relatively short observation period. Further study is needed to evaluate long term effect of vitamin C supplement on root resorption to get more information.

Conclusion

According to the results of this experimental study, it can suggest that daily intake of vitamin C supplementation does not increase amount of root resorption after 14 days period of orthodontic tooth movement in rats. Thus, vitamin C may be a good candidate molecule that accelerates tooth movement with low adverse effect especially root resorption during orthodontic treatment. Therefore, orthodontic patients could take vitamin C supplement for accelerate tooth movement without increasing of the risk of root resorption.

Acknowledgement

This project was financially supported by Orthodontics division, Department of Preventive Dentistry, Naresuan University, Phitsanulok, Thailand.

We wish to thank Dr. Warisraporn Tangchang, for her experience in Center for Animal Research, Mr. Sorrapong Wongnoi and Mr. Sunya Jeamsak (Naresuan University) for technical assistance in histological works.

References

1. Meeran NA. Iatrogenic possibilities of orthodontic treatment and modalities of prevention. J Orthod Sci. 2013;2(3):73-86. doi: 10.4103/2278-0203.119678.
2. Kirschneck C, Maurer M, Wolf M, Reicheneder C, Proff P. Regular nicotine intake increased tooth movement velocity, osteoclastogenesis and orthodontically induced dental root resorptions in a rat model. Int J Oral Sci. 2017;9(3):174.
3. Brezniak N, Wasserstein A. Orthodontically induced inflammatory root resorption. Part I: the basic science aspects. Angle Orthod. 2002;72(2):175-9. doi: 10.1043/0003-3219(2002)072<0175:oiirrp>2.0.co;2.
4. Castro IO, Alencar AH, Valladares-Neto J, Estrela C. Apical root resorption due to orthodontic treatment detected by cone beam computed tomography. Angle Orthod. 2012;83(2):196-203. doi: 10.2319/032112-240.1.

5. Maltha J, Van Leeuwen E, Dijkman G, Kuijpers-Jagtman A. Incidence and severity of root resorption in orthodontically moved premolars in dogs. Orthod Craniofac Res. 2004;7(2):115-21.
6. Mirabella AD, Årtun J. Prevalence and severity of apical root resorption of maxillary anterior teeth in adult orthodontic patients. Eur J Orthod. 1995;17(2):93-9.
7. Brudvik P, Rygh P. The initial phase of orthodontic root resorption incident to local compression of the periodontal ligament. Eur J Orthod. 1993;15(4):249-63.
8. Brezniak N, Wasserstein A. Orthodontically induced inflammatory root resorption. Part II: the clinical aspects. Angle Orthod. 2002;72(2):180-4. doi: 10.1043/0003-3219(2002)072<0180:oiirrp>2.0.co;2.
9. Levander E, Malmgren O. Long-term follow-up of maxillary incisors with sever apical root resorption. Eur J Orthod. 2000;22(1):85-92.
10. Remington DN, Joondeph DR, Årtun J, Riedel RA, Chapko MK. Long-term evaluation of root resorption occurring during orthodontic treatment. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1989;96(1):43-6.
11. Gonzales C, Hotokezaka H, Yoshimatsu M, Yozgatian JH, Darendeliler MA, Yoshida N. Force magnitude and duration effects on amount of tooth movement and root resorption in the rat molar. Angle orthod. 2008;78(3):502-9. doi: 10.2319/052007-240.1.
12. Nakano T, Hotokezaka H, Hashimoto M, Sirisoontorn I, Arita K, Kurohama T, et al. Effects of different types of tooth movement and force magnitudes on the amount of tooth movement and root resorption in rats. Angle Orthod. 2014;84(6):1079-85. doi: 10.2319/121913-929.1.
13. Reitan K. Initial tissue behavior during apical root resorption. Angle Orthod. 1974;44(1):68-82. doi: 10.1043/0003-3219(1974)044<0068:itbdar>2.0.co;2.
14. Harris EF, Baker WC. Loss of root length and creastal bone height before and during treatment in adolescent and adult orthodontic patients. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1990;98(5):463-9. doi: 10.1016/S0889-5406(05)81656-7.
15. Sirisoontorn I, Hotokezaka H, Hashimoto M, Gonzales C, Luppanapornlarp S, Darendeliler MA, et al. Tooth movement and root resorption; the effect of ovariectomy on orthodontic force application in rats. Angle Orthod. 2011;81(4):570-7. doi: 10.2319/101710-607.1.
16. Verna C, Hartig LE, Kalia S, Melsen B. Influence of steroid drugs on orthodontically induced root resorption. Orthod Craniofac Res. 2006;9(1):57-62. doi: 10.1111/j.1601-6343.2006.00342.x.
17. Hemilä H, Chalker E. Vitamin C for preventing and treating the common cold. Cochrane Database Syst Rev. 2013(1). doi: 10.1002/14651858.CD000980.pub4.
18. Aghajanian P, Hall S, Wongworawat MD, Mohan S. The roles and mechanisms of actions of vitamin C in bone: New developments. J Bone Miner Res. 2015;30(11):1945-55. doi: 10.1002/jbmr.2709.
19. Head KA. Ascorbic acid in the prevention and treatment of cancer. Altern Med Rev. 1998;3(3):174-86.
20. Iqbal K, Khan A, Khattak MMAK. Biological significance of ascorbic acid (Vitamin C) in human health–a review. Pak J Nutr. 2004;3(1):5-13. doi: 10.3923/pjn.2004.5.13.
21. Miresmaeili A, Mollaei N, Azar R, Farhadian N, Mani Kashani K. Effect of dietary vitamin C on orthodontic tooth movement in rats. J Dent. 2015;12(6):409-13.

22. Nair AB, Jacob S. A simple practice guide for dose conversion between animals and human. J Basic Clin Pharm. 2016;7(2):27-31. doi: 10.4103/0976-0105.177703.
23. Jansson PJ, Jung HR, Lindqvist C, Nordström T. Oxidative decomposition of vitamin C in drinking water. Free Radic Res. 2004;38(8):855-60. doi: 10.1038/ijos.2017.34.
24. Sodagar A, Donyavi Z, Arab S, Kharrazifard MJ. Effect of nicotine on orthodontic tooth movement in rats. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2011;139(3):e261-5. doi: 10.1016/j.ajodo.2010.08.018.
25. Noda K, Arai C, Nakamura Y. Root resorption after experimental tooth movement using superelastic forces in the rat. Eur J Orthod. 2010;32(6):681-7. doi: 10.1093/ejo/cjq016.
26. Kimura R, Anan H, Matsumoto A, Noda D, Maeda K. Dental root resorption and repair: histology and histometry during physiological drift of rat molars. J Periodontal Res. 2003;38(5):525-32.
27. Brudvik P, Rygh P. Root resorption beneath the main hyalinized zone. Eur J Orthod. 1994;16(4):249-63.
28. Rygh P. Orthodontic root resorption studied by electron microscopy. Angle Orthod. 1977;47(1):1-16. doi: 10.1043/0003-3219(1977)047<0001:ORRSBE>2.0.CO;2.
29. Tanaka T, Morioka T, Ayasaka N, Jima T, Kondo T. Endocytosis in odontoclasts and osteoclasts using microperoxidase as a tracer. J Dent Res. 1990;69(3):883-9. doi: 10.1177/00220345900690031101.
30. Matsumoto Y, Sringkarnboriboon S, Ono T. Proinflammatory mediators related to orthodontically induced periapical root resorption in rat mandibular molars. Eur J Orthod. 2017;39(6):686-91. doi: 10.1093/ejo/cjx033.
31. Naidu KA. Vitamin C in human health and disease is still a mystery? An overview. Nutr J. 2003;2:7. doi: 10.1186/1475-2891-2-7.

[HS-O03] การให้วิตามินซีต่อการเคลื่อนฟันทางทันตกรรมจัดฟันในหนูขาวใหญ่ที่อายุแตกต่างกัน

Vitamin C Supplement on Experimental Orthodontic Tooth Movement in Rats with Different Ages

จุฬาภรณ์ ศรีพวาทกุล*[1], ฐานิต ประสิทธิ์ศักดิ์[2], และ วรายุทธ โชติประกายเกียรติ[2]
Chulaporn Sripavatakul*[1], Thanit Prasitsak[2], and Warayut Chotprakaikiat[2]
[1]หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิชาทันตแพทยศาสตร์) ภาควิชาทันตกรรมป้องกัน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
[2]ภาควิชาชีววิทยาช่องปาก คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: bhorndent9@gmail.com*

บทคัดย่อ

การเคลื่อนฟันทางทันตกรรมจัดฟันเป็นผลตอบสนองของอวัยวะปริทันต์ต่อแรงทางทันตกรรมจัดฟัน เมื่ออายุมากขึ้นการเคลื่อนฟันเกิดช้าลง เนื่องจากความหนาแน่นกระดูกมากขึ้นและการตอบสนองของเซลล์อวัยวะปริทันต์ลดลง ปัจจุบันมีรายงานในสัตว์ทดลองเกี่ยวกับผลของวิตามินซีที่สามารถเพิ่มปริมาณการเคลื่อนฟันทางทันตกรรมจัดฟันในหนูที่ยังมีการเจริญเติบโต ดังนั้นในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของการให้วิตามินซีต่อปริมาณการเคลื่อนฟันทางทันตกรรมจัดฟันในหนูกลุ่มที่มีอายุน้อยกับกลุ่มที่มีอายุมาก โดยทำการติดเครื่องมือทางทันตกรรมจัดฟันระหว่างฟันตัดหน้าบนและฟันกรามบนซี่ที่หนึ่งเฉพาะข้างที่ทำการทดลอง วัดค่าการเคลื่อนฟันกรามบนซี่ที่หนึ่งมาทางด้านหน้าและเปรียบเทียบค่าการเคลื่อนฟันในแต่ละกลุ่ม จากผลการทดลองพบว่าวิตามินซีช่วยเพิ่มระยะทางการเคลื่อนฟันในหนูทั้งสองกลุ่มแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้มีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อรอบรากฟันเพิ่มเติมจากลักษณะทางจุลกายวิภาค ซึ่งพบว่าความหนาแน่นของกระดูกรอบรากฟันกรามบนซี่ที่หนึ่งลดลง เซลล์อวัยวะปริทันต์และการละลายกระดูกบริเวณที่ได้รับแรงกดเพิ่มขึ้นในหนูทั้งสองกลุ่มที่ได้รับวิตามินซีเสริม

คำสำคัญ: *วิตามินซี, การเคลื่อนฟันทางทันตกรรมจัดฟัน, การเปลี่ยนแปลงของอวัยวะปริทันต์*

Abstract

Orthodontic tooth movement is a result of periodontium responding to orthodontic force. Aging is related to delayed tooth movement due to increased bone density and reduced periodontal cell response. In animal models, it has been reported that vitamin C can improve the amount of orthodontic tooth movement in growing rats. Thus, the objective of this study to compare the effect of vitamin C supplement on experimental orthodontic tooth movement in young and adult rats. The orthodontic appliance was fixed between upper incisors and an upper first molar in an experimental side. The mesialized distance of the upper first molar was measured and the moving distance was used to compare between the groups. Results showed that vitamin C can increase tooth movement with no significance in both groups. Changing of periodontal tissues was also detected by histological study. The sample sections showed an interradicular region of the upper first molar with less bone density, increased periodontal cells and resorption lacunae on the alveolar bone at the pressure side were seen when the rats obtaining vitamin C supplement in both groups.

Keywords: *vitamin C, orthodontic tooth movement, periodontal change*

Introduction

Orthodontic tooth movement is remodeling process subsequence of periodontal tissue and alveolar bone responding to orthodontic force, where osteoclasts play an important role in bone resorption[1]. From previous study, they found that the amount orthodontic tooth movement in adult rats less than young rats because of delayed initial tooth movement responses in a first few weeks after applying orthodontic force [2]. Increased alveolar bone density can be observed in older rats with less periodontal cells activity[3,4] and narrower periodontal ligament (PDL) width[5,6].

Currently, it has been showed in a study that vitamin C 1% weight can increase orthodontic tooth movement in young rats by increasing osteoclast numbers in pressure region[7]. Moreover, vitamin C deficiency causes of periodontal ligament disorganization and synthesis reduction of collagen type I, which is the main composition of periodontium and bony tissue[8,9]. Therefore, vitamin C supplement would be benefit to tissue response processes including bone and PDL remodeling in orthodontic tooth movement.

One simple measurement method to assess amount orthodontic tooth movement in rats is to look for mesialization of upper molar teeth calculated from difference between experiment and control sides[2,4]. The experimental side is influenced by four factors: experimental tooth movement, growth of snout, distal drift of molar, and incisor tipping. On the other hand, the control side is affected by only three factors: growth of snout, distal drift of molar, and incisor tipping. Reference points of this measurement are distance between the most mesial point of a maxillary molar unit and enamel-cementum junction of the ipsilateral maxillary incisors at the gingival level (I-M distance) of the experiment and control sides [2,10]. This method can compensate the three physiological factors and present only moved distance from the experimental orthodontic force[2]. In addition, other factor is physiologic distal drift and continuous incisor extrusion. The physiologic distal drift in rat molar that can be increased by physiologic aging rats[5] and also by altered functional occlusal force[11]. The extrusion of maxillary incisors occurs throughout lifetime of rats as tooth attrition compensatory[12]. Nonetheless, other measurement methods evaluate from exist spacing between the first and second maxillary molars by using digital vernier caliper[13], gauge thickness[3], or micro-computed tomography (micro CT) [14]. In this study, effects of vitamin C on experimental tooth movement in young and adult rats was investigated by measuring mesialized distance of the upper first molar teeth calculated from difference of spaces between experiment and control sides. In addition, changing of periodontal tissues was also evaluated by histological study.

Methodology

Thirty-six male Wistar rats, 6 week-old (n=18) and 9-12 month-old (n=18), were recruited in this study. The animals were acclimatized seven days under Center for Animal Research, Naresuan University (NUCAR) normal laboratory condition before starting the experiment. An experimental protocol was approved by NUCAR committee under Thai IACUC standard. The animals were weighted daily during the experiment period to monitor health status. Vitamin C solution 1% weight/day (as vitamin C 100 mg/kg/day) which used in this study was prepared immediately for both young (n=9) and adult (n=9) experimental rats before force feeding to the animals. The continuous feeding process began seven days before applying orthodontic force and until

the end of the experiment. Animals were anesthetized with intraperitoneal injection (IP) of ketamine with xylazine in optimal concentration doses before orthodontic application.

Distances between the most mesial point of the upper first molar and the cementoenamel junction of ipsilateral incisor at gingiva level on right (experiment) and left (control) sides were measured as I-M distance with a digital vernier caliper (IP67 Absolute Mitutoyo manufacturing Co., USA) in all animals before the appliance fixation. After that, nickel-titanium closed-coil spring attached to 0.009-inch ligature wire was applied to the first molar and incisor of the experimental side to provide 60 g orthodontic force. The orthodontic appliance was repositioned to cervically area of incisor after 7 days to prevent broken appliances and maintain the orthodontic force. All animals were monitored vital signs during anesthesia and recovery periods.

At day 14 after applied the orthodontic appliance, the animals were anesthetized before removing the orthodontic appliance and the I-M distance was measured. Then, the animals were euthanized with an overdose of sodium pentobarbital by IP injection. The difference distance between the incisor and first molar was calculated from the before and after the orthodontic application measurement. The experimental tooth movement was then computed from difference distance between the experimental and control sides to compensate physiological movement as described before[(2)].

Maxilla from each rat was harvested and immediately fixed in 4% paraformaldehyde (PFA) in phosphate-buffered saline (PBS) 4°C for 48 hours and subsequently decalcified in 10% EDTA solution (pH 7.2) 4°C for 10-12 weeks. The samples were dehydrated in ascending concentration of ethanol and embedded in paraffin wax. They were cut horizontally 5 µm thickness through molar teeth at middle level of roots in both control and experimental sides. These sections were stained with hematoxylin and eosin (H&E) and pictures were taken under a light microscope.

The Shapiro-Wilk test and Levene' s test were used to evaluate the normal distribution and homogeneity of data variance, respectively. In addition, Mann-Whitney U test was used for non-parametric data analysis. It was considered as statistically significance when p-value was less than 0.05.

Results and discussions

Distance between the first molar and incisor (I-M distance) was measured at day 0 and day 14, before and after orthodontic application. Alteration of the distance in a control side after 14 days was calculated from difference of the baseline and end distance, baseline I-M distance (mm) minus end I-M distance (mm), and showed in Table 1. This showed similar effects in both young and adult groups, although there was a trend that vitamin C enhanced tooth movement in opposite direction. This might be an effect from changing in occlusal load on the control side after the orthodontic application in the experimental side.

Table 1 Compare effect of vitamin C in young and adult rats with physiological movement of the incisor and first molar.

I-M distance at control side	Young rats		P-value	Adult rats		P-value
	control	vitamin C		control	vitamin C	
Different Distance (mm)	0.04±0.57	-0.16±0.77	0.63	0.51±0.77	-0.27±1.12	0.11

In addition, our experimental tooth movement was calculated as described before [2] to compensate for contributing factors on the tooth movement. Results indicated the older rats responded to orthodontic force slower than the younger ones (0.15±0.78 mm and 0.37±1.09 mm, respectively), as showed in Figure 1. Moreover, there was a trend that dietary vitamin C improved tooth movement during the experiment in both age groups, from 0.37 to 0.51 mm in young rats and 0.15 to 0.76 mm in adult rats, but there was no statistical significance ($p>0.05$). Also, tooth movement in the older rats was in similar level of that in the younger group when they received dietary vitamin C ($p>0.05$). From the result, we noticed that the experimental tooth movement in the adult rats was slightly larger than that in the young rats. It can be a result of a distal drift effect in older rat maxillary molars, which is normally greater than that in younger rats.

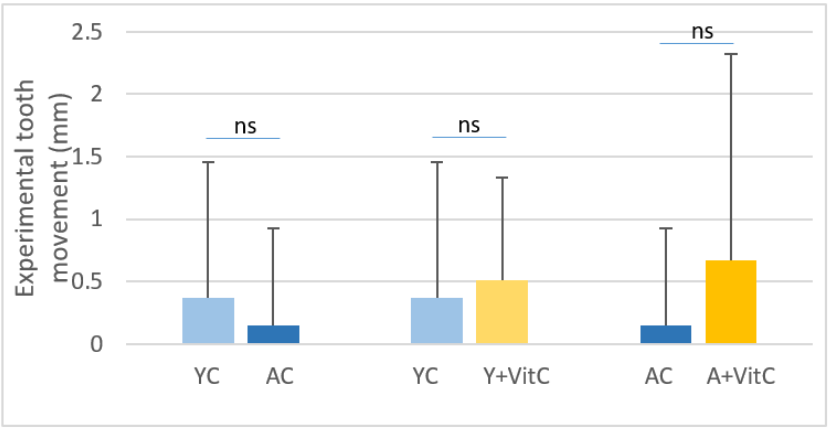


Figure 1 A diagram demonstrates tooth movement in both young and adult rats which received vitamin C or nothing. $p<0.05$ is statistical significance. (YC: young rats in the control group, Y+VitC: young rats in vitamin C supplement group, AC: adult rats in the control group, A+VitC: adult rats in vitamin C supplement group)

In this animal study, there are some factors that affect to experimental tooth movement. For example, the physiologic distal drift of upper molars can be observed in aging rats[5]. Occlusal loading was increased in the control side during placement orthodontic appliance since the animal was not be able to use the teeth in the experimental side properly. Moreover, iatrogenic incisors and molar position relapse immediately after removing the appliance can alter reference points of upper incisors and molar teeth at the end of the experiment. Using a digital vernier caliper can be a limitation as its functional part is larger than rat mouth width and reference points of the measurement can be easily missed as they are miniature. Thus, to

avoid these biases, proper distance calculation method and measurement technique need to be taken into account.

Following decalcification processes, maxilla samples from each group were sectioned to survey overall periodontal tissue changed on day 14 in the control side, without orthodontic application, of young and adult rats. The maxilla was sectioned parallel to occlusal plane with 5 µm thickness through middle level of roots. The sections were processed with H&E staining and photographs were taken under a light microscope.

From the H&E sections of both young (Figure 2) and adult rats (Figure 3) on day 14 illustrated that bone density at interradicular region of upper first in vitamin C receiving group seemed to less than in control group. Periodontal cells which were prominent on distal surface of middle and distal roots may be related to physiologic distal drift of rat molars in both groups. Also, PDL space in the young rats was narrower than that in adult rats.

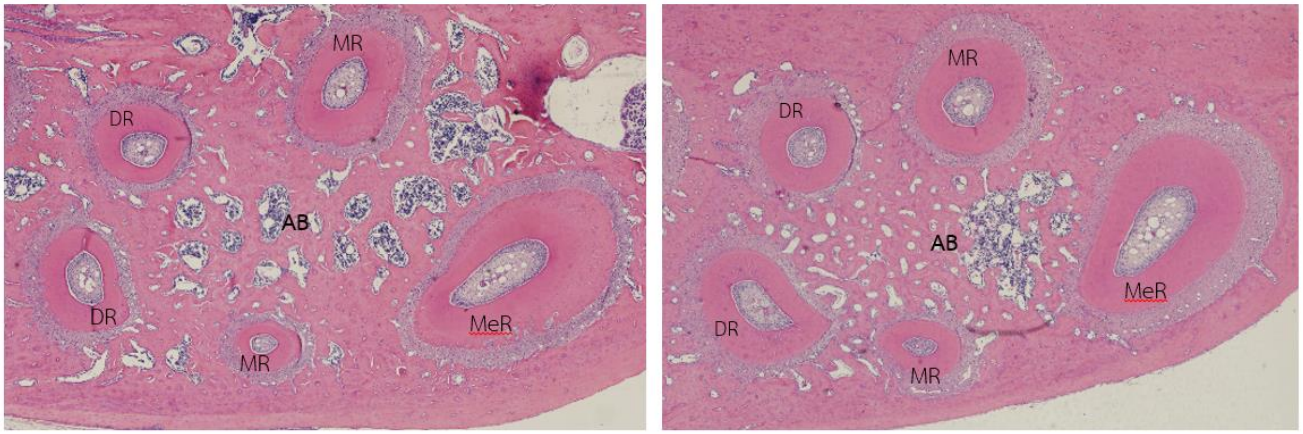
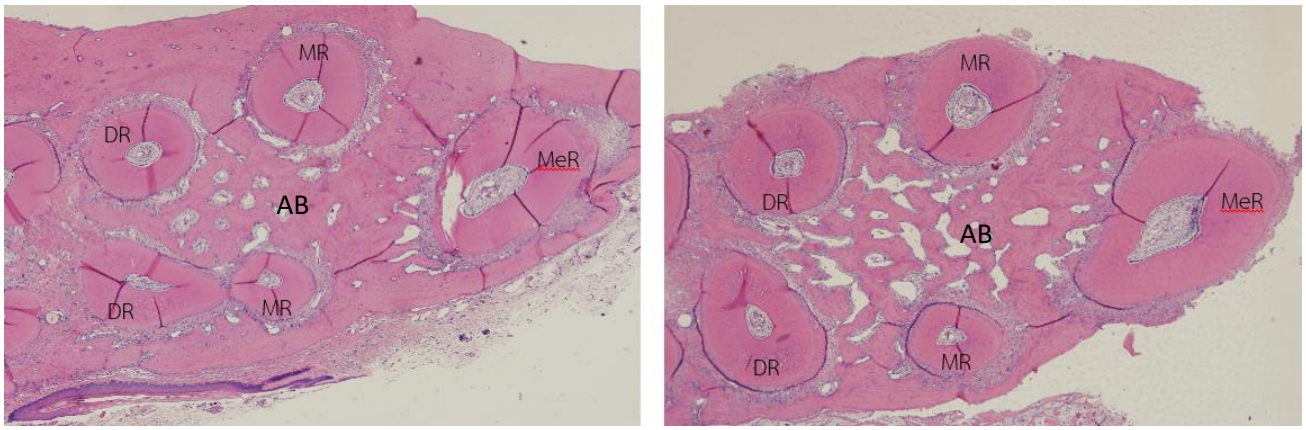
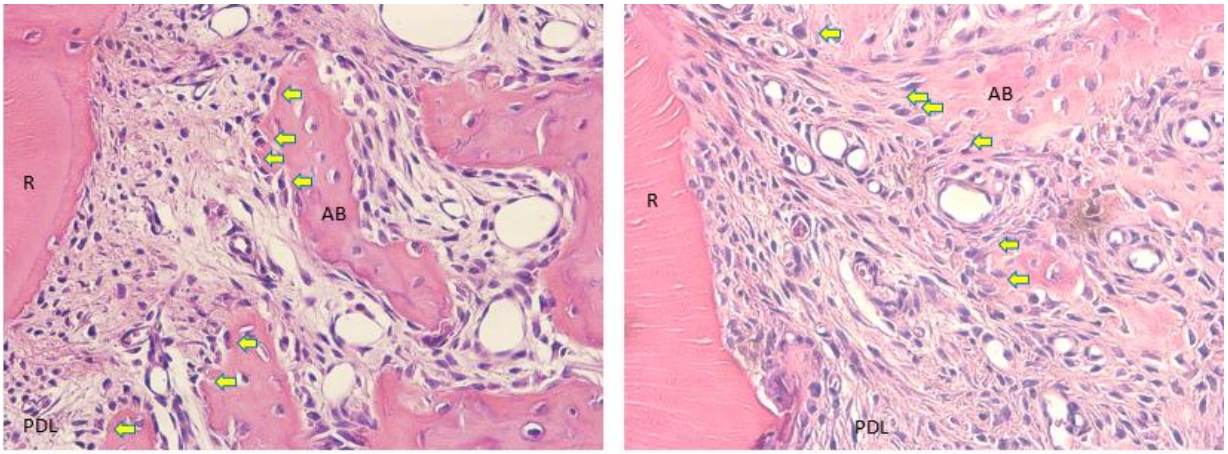


Figure 2-3 Photomicrographs show changing of interraddicular periodontal tissues at upper first molar (control side) in young rats, naïve (left) and received vitamin C (right) groups, AB=alveolar bone, MeR=mesial root, MR=middle root, DR=distal root, 40x magnification.



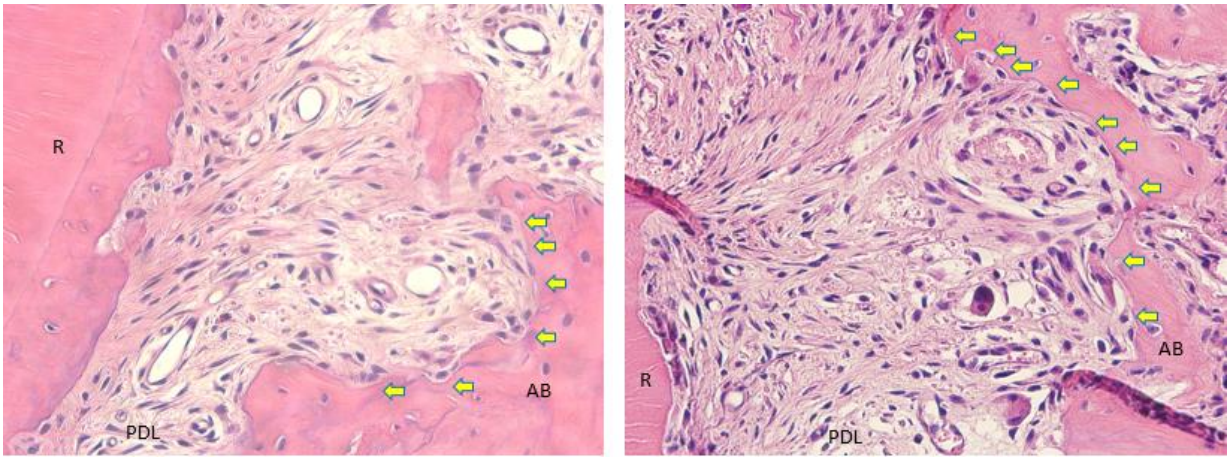
side) in adult rats, naïve (left) and received vitamin C (right) groups, AB= alveolar bone, MeR= mesial root, MR=middle root, DR=distal root, 40x magnification.

Periodontal tissues on pressure sides of upper first molar distal roots on experimental side in young rats (Figure 4) and in adult rats (Figure 5) were presented with more periodontal cells and irregular resorption lacunae of alveolar bone in vitamin c receiving groups than the control groups.



Young rats in control group Young rats in vitamin C supplement group

Figure 4 Photomicrograph of periodontal tissue in the experimental side of young rats. Arrows point resorption lacunae of alveolar bone in pressure area of distal root upper molar teeth between young rats without (left) and with (right) vitamin C intake. AB=alveolar bone, R=tooth root, 400x magnification.



Adult rats in control group Adult rats in vitamin C supplement group

Figure 5 Photomicrograph of periodontal tissue in the experimental side of adult rats. Arrows point resorption lacunae of alveolar bone in pressure area of distal root upper molar teeth between adult rats without (left) and with (right) vitamin C intake. AB=alveolar bone, R=tooth root, 400x magnification.

These histological appearances demonstrated extended demineralization process taken place in interradicular area of the upper first molar, indicating spreading of catabolic osteoclast activity after receiving vitamin C in both young and adult groups. In general, periodontal tissues at the pressure side of distal roots of the experimental side upper first molar in young and adult rats were observed with more periodontal cells and irregular resorption lacunae of alveolar bone in the vitamin C supplement groups than the control

groups. This can be a cause leading to more bone resorption and remodeling process in vitamin C receiving groups. This result was found in the similar direction of the experimental tooth movement, which vitamin C supplement can increase the moving distance of the upper first molar tooth.

However, it is better to confirm the effect of vitamin C in experimental tooth movement by using specific histological study, such as tartrate-resistant acid phosphatase (TRAPase) positive staining, at resorption lacunae bone which has multinucleated cells around pressure region to indicate osteoclast number[15], evaluating type I collagen by specific techniques[16] or determining alveolar bone volume change with micro CT[12], which further investigations are required.

Conclusion

This study showed that dietary vitamin C affected on experimental orthodontic tooth movement in young and adult rats but no significant difference. This experimental tooth movement compensated effects of growing snout, physiologic distal drift and tipping of incisors. However, confounding factors such as limitation of rat mouth width and iatrogenic positional change were involved in accuracy of experimental orthodontic tooth movement. However, histological sections illustrated less bone density at interradicular region of upper first molar, increased periodontal cells and irregular resorption lacunae of alveolar bone on pressure side after receiving dietary vitamin C supplement in young and adult rats which is related to the increased experimental tooth movement distance. These findings suggested that it is possible to use vitamin C to improve orthodontic tooth movement in clinic, but it still need further investigations to provide evidences of using dietary vitamin C supplement in orthodontic treatment with benefits.

Acknowledgement

This study was funded and supported by Faculty of Dentistry, Naresuan University, Phitsanulok, Thailand. We would like to give thanks to Dr. Warisraporn Tangchang, Dr. Pichitar Charbang and all animal care technicians for their supports in NUCAR, and to Mr. Sorrapong Wongnoi and Mr. Sunya Jeamsak for their helps in histological works.

References

1. Krishnan V, Davidovitch Z. Biological mechanisms of tooth movement: John Wiley & Sons; 2015.
2. Ren Y, Maltha J, Van't Hof M, Kuijpers-Jagtman A. Age effect on orthodontic tooth movement in rats. J Dent Res. 2003;82(1):38-42.
3. Bridges T, King G, Mohammed A. The effect of age on tooth movement and mineraldensity in the alveolar tissues of the rat. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1988;93(3):245-50.
4. Li X, Li M, Lu J, Hu Y, Cui L, Zhang D, et al. Age-related effects on osteoclastic activities after orthodontic tooth movement. Bone and Joint Research. 2016;5(10):492-9.
5. King G, Latta L, Rutenberg J, Ossi A, Keeling S. Alveolar bone turnover in male rats: Site□ and age□ specific changes. Anat Rec. 1995;242(3):321-8.

6. Ren Y, Maltha JC, Stokroos L, Liem RS, Kuijpers-Jagtman AM. Age-related changes of periodontal ligament surface areas during force application. Angle Orthod. 2008;78(6):1000-5.
7. Miresmaeili A, Mollaei N, Azar R, Farhadian N, Kashani KM. Effect of dietary vitamin c on orthodontic tooth movement in rats. Journal of dentistry (Tehran, Iran). 2015;12(6):409.
8. Litton SF. Orthodontic tooth movement during an ascorbic acid deficiency. Am J Orthod. 1974;65(3):290-302.
9. Zanoni JN, Lucas NM, Trevizan AR, Souza ID. Histological evaluation of the periodontal ligament from aged wistar rats supplemented with ascorbic acid. An Acad Bras Cienc. 2013;85(1):327-35.
10. Bildt M, Henneman S, Maltha J, Kuijpers-Jagtman A, Von den Hoff J. CMT-3 inhibits orthodontic tooth displacement in the rat. Arch Oral Biol. 2007;52(6):571-8.
11. Tsuchiya S, Tsuchiya M, Nishioka T, Suzuki O, Sasano Y, Igarashi K. Physiological distal drift in rat molars contributes to acellular cementum formation. Anat Rec. 2013;296(8):1255-63.
12. Sicher H, Weinmann JP. Bone growth and physiologic tooth movement. Am J Orthod Oral Surg. 1944;30(3):C109-C32.
13. Yuan H, Zhu X, Lu J, Dai J, Fang B, Shen SG. Accelerated orthodontic tooth movement following Le Fort I osteotomy in a rodent model. J Oral Maxillofac Surg. 2014;72(4):764-72.
14. Kraiwattanapong K, Samruajbenjakun B. Effects of different force magnitudes on corticotomy-assisted orthodontic tooth movement in rats. Angle Orthod. 2018;88(5):632-7.
15. Otsuka E, Kato Y, Hirose S, Hagiwara H. Role of ascorbic acid in the osteoclast formation: induction of osteoclast differentiation factor with formation of the extracellular collagen matrix. Endocrinology. 2000;141(8):3006-11.
16. Ishikawa S, Iwasaki K, Komaki M, Ishikawa I. Role of ascorbic acid in periodontal ligament cell differentiation. J Periodontol. 2004;75(5):709-16.

[HS-O04] อัตราการอยู่รอดของฟันน้ำนมที่ได้รับการรักษาพัลเพคโตมีภายใต้การดมยาสลบ
Survival Rate of Primary Teeth Undergone Pulpectomy Tunder General Anesthesia

เมธาพร ทรงเวชเกษม[*1], ปริม อวยชัย[2], และ ศิริพร ส่งศิริประดับบุญ[2]
Methaphon Songvejkasem[*1], Prim Auychai[2], and Siriporn Songsiripradubboon[2]
[1]หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
[2]ภาควิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: methaphons@gmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินอัตราการอยู่รอดของฟันน้ำนมที่ผุลุกลามและได้รับการรักษาพัลเพคโตมีภายใต้การดมยาสลบ โดยทำการศึกษาย้อนหลังจากข้อมูลจากเวชระเบียนของผู้ป่วยเด็กอายุต่ำกว่า 5 ปี ที่ได้รับการรักษาทางทันตกรรมภายใต้การดมยาสลบ ที่คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ระหว่างปี พ.ศ. 2550 – 2559 และมีฟันที่ได้รับการรักษาพัลเพคโตมีอย่างน้อย 1 ซี่ ในช่องปาก โดยกำหนดให้ฟันที่ต้องได้รับการถอนในภายหลังเนื่องจากการรักษาพัลเพคโตมีล้มเหลวเป็นการล้มเหลวของการรักษาและวันที่ได้รับการวินิจฉัยให้ถูกถอนเป็นวันที่สิ้นสุดการติดตามการรักษา แสดงผลข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาและวิเคราะห์อัตราการอยู่รอดโดยใช้สถิติแคแพลน-ไมเออร์ ผลการศึกษาพบว่ามีฟันน้ำนมที่ถูกคัดเลือกเข้ามาในการศึกษาทั้งหมด 120 ซี่ และเมื่อติดตามผลการรักษาเป็นเวลา 3 ปี ภายหลังจากการรักษาพบว่ามีฟันน้ำนมทั้งหมด 9 ซี่ ที่ถูกถอนเนื่องจากการรักษาพัลเพคโตมีล้มเหลว และมีอัตราการอยู่รอดเท่ากับร้อยละ 90 โดยวัสดุบูรณะเป็นปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการอยู่รอดของฟัน การรักษาฟันน้ำนมด้วยวิธีพัลเพคโตมีร่วมกับครอบฟันเหล็กไร้สนิมภายใต้การดมยาสลบสามารถเก็บรักษาฟันน้ำนมไว้ในช่องปากได้โดยมีอัตราอยู่รอดสูง

คำสำคัญ: *พัลเพคโตมี, ฟันน้ำนม, การรักษาทางทันตกรรมภายใต้การดมยาสลบ, อัตราการอยู่รอด*

Abstract

The aim of the study was to evaluate the survival rate of extensively decayed primary teeth which undergone pulpectomy treatment under general anesthesia (GA). This study was a retrospective cohort study. Data were collected from dental records. Patients no older than 5 years old who received dental treatment under GA at Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University during 2007-2016 and had at least one tooth undergone pulpectomy treatment were recruited. The teeth were considered as a failure if extractions were indicated due to failure of pulpal treatment. The end of follow-up dates were noted as the dates that teeth were indicated to be extracted. Descriptive statistics and the Kaplan-Meier method were used to assess the outcome. A total of 120 primary teeth were included in the study. At 3-year follow up, 9 teeth were extracted due to pulpal treatment failure and the survival rate of primary teeth undergone pulpectomy treatment under GA was 90%. Types of restoration affected the survival rate of pulpectomized teeth. Pulpectomy treatment with stainless steel crown performed under GA could help retaining primary teeth in the oral cavity with a high survival rate.

Keywords: *pulpectomy, primary teeth, dental general anesthesia, survival rat*

บทนำ

ฟันผุเป็นหนึ่งในปัญหาสุขภาพของเด็กที่พบได้มากที่สุดทั่วโลก[1] จากผลการสำรวจสภาวะสุขภาพช่องปากแห่งชาติครั้งที่ 8 ประเทศไทย พ.ศ. 2560 พบว่าร้อยละ 52.9 ของเด็กไทยอายุ 3 ปี มีฟันผุอย่างน้อย 1 ซี่ และฟันผุส่วนใหญ่ยังไม่ได้รับการรักษา นอกจากนี้พบว่าเด็กไทยมีค่าเฉลี่ยฟันผุ ถอนและอุดเท่ากับ 2.7 ซี่ต่อคน[2] ในการให้การรักษาทางทันตกรรมแก่เด็กโดยส่วนใหญ่สามารถให้การรักษาได้โดยใช้การจัดการพฤติกรรมขั้นพื้นฐานซึ่งเน้นวิธีการใช้จิตวิทยาในการสื่อสารกับผู้ป่วย อย่างไรก็ตามการจัดการพฤติกรรมด้วยวิธีดังกล่าวเป็นวิธีที่มีความท้าทายในเด็กเล็ก เนื่องจากผู้ป่วยจะมีปัญหาพฤติกรรมที่ยังไม่สามารถให้ความร่วมมือได้ ดังนั้นในบางกรณีจำเป็นต้องใช้การจัดการพฤติกรรมโดยใช้ยา (pharmacological approach) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ผู้ป่วยมีฟันผุลุกลาม จำเป็นต้องได้รับการรักษาที่ยุ่งยากซับซ้อนและใช้เวลานาน มักจะพิจารณาให้การรักษาทางทันตกรรมแบบพร้อมมูลภายใต้การดมยาสลบ (comprehensive dental treatment under general anesthesia)[3] การรักษาด้วยวิธีนี้จะเป็นการให้การรักษาทางทันตกรรมโดยสมบูรณ์ทั้งช่องปาก มีข้อดีคือผู้ป่วยจะได้รับการรักษาเสร็จสมบูรณ์ภายในครั้งเดียว ขจัดความเจ็บปวดได้ทันทีและไม่ต้องอาศัยความร่วมมือของผู้ป่วย[4] โดยการรักษาที่ให้ประกอบด้วยการให้ทันตกรรมป้องกัน การบูรณะฟัน เช่น การอุดฟัน ทำครอบฟัน การถอนฟันที่ไม่สามารถบูรณะได้และการรักษาฟันที่ผุลุกลามถึงเนื้อเยื่อใน[5]

ในกรณีที่ฟันผุลุกลามถึงเนื้อเยื่อใน มีทางเลือกในการรักษา 2 ทาง การรักษาด้วยการถอนฟันจะทำให้เด็กสูญเสียฟันน้ำนมก่อนกำหนดและอาจส่งผลกระทบต่าง ๆ ตามมา เช่น เด็กอาจมีปัญหาการเจริญเติบโต ปัญหาการพูดที่ผิดปกติ และอาจทำให้เกิดปัญหาการสบฟันผิดปกติซึ่งมีสาเหตุมาจากการสูญเสียพื้นที่ในขากรรไกรสำหรับฟันแท้ได้[6] ซึ่งการเก็บรักษาฟันน้ำนมไว้ในช่องปากแทนการถอนฟัน นอกจากจะช่วยกันที่ให้ฟันแท้ข้างใต้ที่จะขึ้นมาแทนที่แล้ว ยังช่วยในแง่การบดเคี้ยว ให้ความสวยงาม ป้องกันนิสัยที่ผิดปกติของลิ้นและปัญหาในการออกเสียงและช่วยให้ฟันแท้ที่อยู่ข้างใต้ขึ้นได้ตามเวลาปกติ ซึ่งการเก็บรักษาฟันน้ำนมที่ผุลุกลามถึงเนื้อเยื่อในนั้นสามารถทำได้ด้วยการรักษาเนื้อเยื่อในโดยวิธีพัลเพคโตมี (pulpectomy)[6,7]

อย่างไรก็ตาม การรักษาพัลเพคโตมีภายใต้การดมยาสลบมีข้อจำกัด เนื่องจากการรักษาพัลเพคโตมีเป็นการรักษาที่ใช้ระยะเวลานานเมื่อเทียบกับการถอนฟัน ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการรักษาฟันแต่ละซี่เป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงในการรักษาภายใต้การดมยาสลบเพราะเป็นวิธีที่มีความเสี่ยงมากกว่าการรักษาด้วยวิธีปกติ[8] นอกจากนี้การวางแผนการรักษาทางทันตกรรมภายใต้การดมยาสลบมักเลือกใช้วิธีการรักษาเชิงรุก (aggressive treatment) เพื่อลดโอกาสที่ผู้ป่วยจะต้องมารับการรักษาซ้ำ[9] ในฟันที่พยากรณ์ของโรคไม่ดีหรือน่าสงสัย บางครั้งจึงแนะนำให้ทำการรักษาด้วยการถอนฟันแทนการรักษาโดยวิธีพัลเพคโตมี([10]) จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่าความสำเร็จของการรักษาพัลเพคโตมีมีความแตกต่างกันในแต่ละการศึกษา ที่ผ่านมามีการศึกษาพบว่าการรักษาพัลเพคโตมีมีอัตราความสำเร็จที่หลากหลายระหว่างร้อยละ 65 - 100 เมื่อพิจารณาจากความสำเร็จทางคลินิกและทางภาพรังสี[11-15]

นอกจากการประเมินความสำเร็จในการรักษาจากอาการแสดงทางคลินิกและภาพรังสีแล้ว การอยู่รอด (survival) ของฟันที่ได้รับการรักษาพัลเพคโตมีเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญที่ควรคำนึง เนื่องจากการอยู่รอดและอายุการใช้งานของฟันจะช่วยเป็นแนวทางสำหรับทันตแพทย์ในการตัดสินใจเลือกวิธีการรักษาฟันน้ำนมที่ผุลุกลามภายใต้การดมยาสลบ และยังไม่มีการศึกษาใดที่รายงานอัตราการอยู่รอดของฟันน้ำนมที่ได้รับการรักษาพัลเพคโตมีภายใต้การดมยาสลบ ดังนั้นจึงเป็นที่มาของการศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราอยู่รอดของฟันน้ำนมที่ได้รับการรักษาพัลเพคโตมีภายใต้การดมยาสลบ ที่คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อติดตามผลการรักษาเป็นระยะเวลา 3 ปี

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาจากเหตุไปผลแบบย้อนหลัง (Retrospective cohort study) จากเวชระเบียนของผู้ป่วยเด็กที่ได้รับการรักษาพัลเพคโตมีภายใต้การดมยาสลบ ที่คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งการศึกษานี้ได้ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมในมนุษย์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (HREC-DCU 2018-118)

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง คือ ฟันน้ำนมทั้งหมดที่ได้รับการรักษาพัลเพคโตมีภายใต้การดมยาสลบ ที่คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ระหว่างวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2550 – 31 ธันวาคม พ.ศ. 2559 ที่มีลักษณะตามเกณฑ์การคัดเข้า ดังนี้ 1) ฟันน้ำนมได้รับการรักษาพัลเพคโตมี โดยมีสาเหตุมาจากฟันผุ 2) ผู้ป่วยมีอายุน้อยกว่า 60 เดือน ณ เวลาที่ได้รับการรักษา 3) ฟันได้รับการติดตามการรักษาที่ระยะเวลา 6 เดือนขึ้นไปอย่างน้อย 1 ครั้ง 4) มีภาพรังสีก่อนการรักษา 5) มีภาพรังสีหลังการรักษาอย่างน้อย 1 ครั้ง และ 6) มีข้อมูลการรักษาทางคลินิกที่บันทึกครบถ้วนตามกำหนด

การติดตามการรักษา

ผู้วิจัยจะเก็บข้อมูลภายหลังการรักษาจนถึงระยะเวลา 3 ปี ในกรณีที่ฟันได้รับการวินิจฉัยให้ถูกถอนเนื่องจากการรักษาพัลเพคโตมีล้มเหลวจะจัดว่าฟันซี่นั้นประสบความล้มเหลวและกำหนดให้วันที่ได้รับการวินิจฉัยให้ถูกถอนเป็นวันที่สิ้นสุดการติดตามการรักษา ในกรณีที่ฟันหลุดเองตามธรรมชาติ ขาดการติดตามการรักษาหรือถูกถอนเนื่องจากสาเหตุอื่น จะถูกจัดเป็นข้อมูลเซนเซอร์ (censored) ซึ่งหมายถึงข้อมูลที่ไม่ทราบระยะเวลาการอยู่รอดที่แท้จริงซึ่งจะไม่ถูกนำมาคำนวณอัตราการอยู่รอด โดยกำหนดให้วันสุดท้ายที่มีบันทึกในเวชระเบียนว่ามีฟันซี่ดังกล่าวอยู่ในช่องปากเป็นวันที่สิ้นสุดการติดตามการรักษา

การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลจากเวชระเบียนของผู้ป่วย ประกอบด้วย เพศ วันเดือนปีเกิด ซี่ฟันที่ได้รับการรักษา วันที่มารับการรักษาภายใต้การดมยาสลบ ชนิดของวัสดุอุดคลองรากฟัน ชนิดของวัสดุบูรณะ วันที่มาติดตามการรักษาและการรักษาที่ฟันซี่นั้นได้รับ โดยแสดงผลความชุกด้วยสถิติพรรณนา และวิเคราะห์อัตราการอยู่รอดและระยะเวลามัธยฐานการอยู่รอดโดยใช้สถิติแคแพลน-ไมเออร์ (Kaplan-Meier Method) ทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่อาจมีผลต่ออัตราการอยู่รอด ได้แก่ เพศ อายุ ชนิดของฟันน้ำนม ขากรรไกร ชนิดของวัสดุอุดคลองรากฟันและชนิดของวัสดุบูรณะ โดยใช้สถิติทดสอบล็อก-แรงค์ (Log-rank test) ที่ระดับความเชื่อมั่น $p < 0.05$ หากพบว่าปัจจัยดังกล่าวมีผลต่ออัตราการอยู่รอดจึงจะนำมาคำนวณ hazard ratio โดยใช้สถิติแมนเทล-แฮนส์เซล (Mantel-Haenszel method) ด้วยโปรแกรมสถิติ STATA (STATA 14.1, StataCorp LLC, College station, TX, USA)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากเวชระเบียนของผู้ป่วยเด็กที่ได้รับการรักษาพัลเพคโตมีภายใต้การดมยาสลบระหว่างปีพ.ศ. 2550 ถึงพ.ศ. 2559 พบว่า มีฟันที่ได้รับคัดเลือกเข้ามาในการศึกษาทั้งหมด 120 ซี่ จากผู้ป่วยเด็กที่มีฟันตามเกณฑ์คัดเข้าทั้งหมด 57 คน โดยเป็นเด็กชาย 30 คนและเด็กหญิง 27 คน อายุเฉลี่ย 36.6 ± 7.8 เดือน จำนวนซี่ฟันที่ได้รับการรักษาพัลเพคโตมีภายใต้การดมยาสลบโดยเฉลี่ยต่อผู้ป่วยเด็กหนึ่งรายเท่ากับ 2.1 ± 1.8 ซี่ โดยมีข้อมูลทั่วไปของผู้ป่วยและฟันที่ได้รับการรักษาพัลเพคโตมีภายใต้การดมยาสลบ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ป่วยและฟันที่ได้รับการรักษาพัลเพคโตมีภายใต้การดมยาสลบ

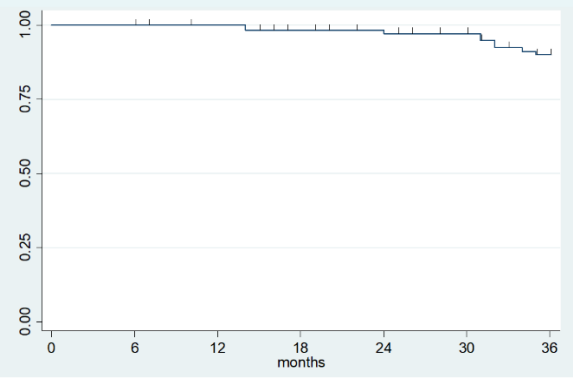
ข้อมูลทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ (%)
ผู้ป่วยทั้งหมด	57 คน	100
เพศ		
ชาย	30 คน	52.6
หญิง	27 คน	47.4
อายุ		
น้อยกว่า 36 เดือน	26 คน	45.6
36 เดือน ขึ้นไป	31 คน	54.4

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ป่วยและฟันที่ได้รับการรักษาพัลเพคโตมีภายใต้การดมยาสลบ (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ (%)
ฟันที่ได้รับการรักษา	120 ซี่	100
ขากรรไกร		
บน	68 ซี่	56.7
ล่าง	52 ซี่	43.3
ชนิดของฟันน้ำนม		
ฟันหน้า	57 ซี่	47.5
ฟันหลัง	63 ซี่	52.5
- ฟันกรามซี่ที่ 1	40 ซี่	63.5
- ฟันกรามซี่ที่ 2	23 ซี่	36.5
ชนิดของวัสดุอุดคลองรากฟัน		
ZOE	18 ซี่	15
Vitapex	102 ซี่	85
ชนิดของวัสดุบูรณะ		
SSC*	109 ซี่	90.8
AF*	4 ซี่	3.3
CF*	4 ซี่	3.3
GI*	3 ซี่	2.5

* SSC=Stainless steel crown, AF=Amalgam, CF=Resin composite, GI=Glass ionomer cement

จากตารางที่ 1 พบว่ามีฟันกรามน้ำนมซี่ที่ 1 ได้รับการรักษาพัลเพคโตมีภายใต้การดมยาสลบมากกว่าฟันกรามซี่ที่ 2 โดยฟันหลังทุกซี่จะได้รับการบูรณะด้วยครอบฟันเหล็กไร้สนิม (Stainless steel crown) ในขณะที่ฟันหน้าร้อยละ 80.7 ได้รับการบูรณะด้วยครอบฟันเหล็กไร้สนิม ส่วนฟันหน้าอีกร้อยละ 19.3 ได้รับการพิจารณาให้ทำการบูรณะปิดรากฟัน (stump) ด้วยวัสดุอุดชนิดอะมัลกัม (Amalgam) เรซินคอมโพสิต (Resin composite) หรือกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (Glass ionomer cement) ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 7 ร้อยละ 7 และร้อยละ 5.3 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์อัตราการอยู่รอดของฟันน้ำนมที่ได้รับการรักษาพัลเพคโตมีภายใต้การดมยาสลบ ในระยะเวลาติดตาม 3 ปี จากจำนวนฟันทั้งหมด 120 ซี่ พบว่ามีฟันที่ถูกถอนเนื่องจากการรักษาพัลเพคโตมีล้มเหลวทั้งหมด 9 ซี่ คิดเป็นอัตราการอยู่รอดของฟันน้ำนมที่ได้รับการรักษาพัลเพคโตมีภายใต้การดมยาสลบที่ระยะเวลา 3 ปีหลังการรักษาเท่ากับร้อยละ 90 (ร้อยละ 95 ของช่วงความความเชื่อมั่น: 81.5 – 94.7) และมีระยะเวลามัธยฐานการอยู่รอดมากกว่า 3 ปี ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กราฟแคแพลน-ไมเออร์แสดงอัตราการอยู่รอดของฟันน้ำนมที่ได้รับการรักษาพัลเพคโตมีภายใต้การดมยาสลบ

จากการวิเคราะห์ปัจจัยที่อาจมีผลต่ออัตราการอยู่รอดของฟันน้ำนมที่ได้รับการรักษาพัลเพคโตมีภายใต้การดมยาสลบ พบว่า เพศและอายุของผู้ป่วย ขากรรไกร ชนิดของฟันน้ำนมและชนิดของวัสดุอุดคลองรากฟันไม่มีผลต่ออัตราการอยู่รอด ($p \geq 0.05$) ในขณะที่ชนิดของวัสดุบูรณะมีผลต่ออัตราการอยู่รอดของฟันน้ำนมที่ได้รับการรักษาพัลเพคโตมีภายใต้การดมยาสลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดังตารางที่ 2

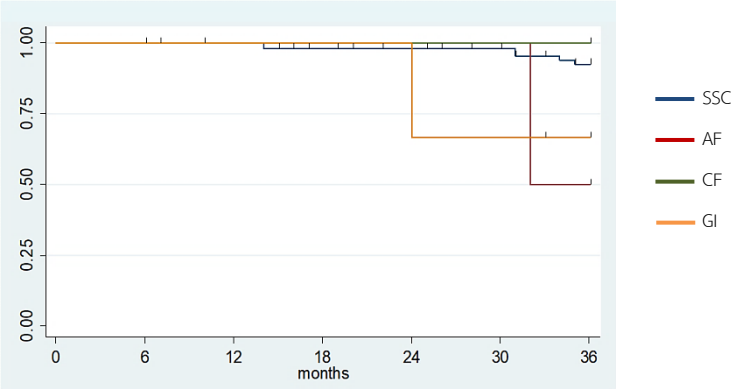
ตารางที่ 2 ปัจจัยที่อาจมีผลต่ออัตราการอยู่รอดของฟันน้ำนมที่ได้รับการรักษาพัลเพคโตมีภายใต้การดมยาสลบ

ปัจจัย	อัตราการอยู่รอด (ร้อยละ)	95% CI	*p*-value
เพศ			0.53
ชาย	91.50	84.7 - 98.9	
หญิง	88.10	78.8 - 96.7	
อายุ			0.47
น้อยกว่า 36 เดือน	87.80	76.0 - 94.0	
36 เดือน ขึ้นไป	95.24	82.27 - 98.79	
ขากรรไกร			0.52
บน	87.94	74.95 - 94.43	
ล่าง	92.84	79.25 - 97.66	
ชนิดของฟันน้ำนม			0.74
ฟันหน้า	88.48	85.84 - 99.7	
ฟันหลัง	91.64	74.45 - 95.04	
- ฟันกรามซี่ที่ 1	91.64	70.45 - 97.85	
- ฟันกรามซี่ที่ 2	91.30	69.49 - 97.75	
ชนิดของวัสดุอุดคลองรากฟัน			0.45
ZOE	85.86	52.91 - 96.41	
Vitapex	90.72	81.41 - 95.49	
ชนิดของวัสดุบูรณะ			0.01**
SSC*	92.48	83.98 - 96.59	
AF*	50	5.78 - 84.49	
CF*	100	-	
GI*	66.67	5.41 - 94.52	

* SSC=Stainless steel crown, AF=Amalgam, CF=Resin composite, GI=Glass ionomer cement

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากการวิเคราะห์ผลของวัสดุบูรณะต่อการอยู่รอดของฟันน้ำนมที่ได้รับการรักษาพัลเพคโตมีภายใต้การดมยาสลบ พบว่าอัตราการอยู่รอดของฟันที่ได้รับการบูรณะปิดรากฟันด้วยอะมัลกัมมีความแตกต่างจากการบูรณะฟันด้วยครอบฟันเหล็กไร้สนิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยฟันที่ได้รับการบูรณะปิดรากฟันด้วยอะมัลกัมจะมีความเสี่ยงที่จะเกิดการล้มเหลวและต้องถอนฟันมากกว่าฟันที่ได้รับการบูรณะด้วยครอบฟันเหล็กไร้สนิม 8 เท่า และมีระยะเวลามัธยฐานการอยู่รอดเท่ากับ 32 เดือน ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กราฟแคแพลน-ไมเออร์แสดงอัตราการอยู่รอดของฟันน้ำนมที่ได้รับการรักษาพัลเพคโตมีภายใต้การดมยาสลบจำแนกตามการบูรณะฟันด้วยวัสดุแต่ละชนิด

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่ามีฟันกรามน้ำนมซี่ที่ 1 ได้รับการรักษาพัลเพคโตมีภายใต้การดมยาสลบมากกว่าฟันกรามซี่ที่ 2 ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากการที่ฟันกรามน้ำนมซี่ที่ 1 จะขึ้นมาในช่องปากเร็วกว่าฟันกรามน้ำนมซี่ที่ 2 ทำให้ฟันกรามซี่ที่ 1 อยู่ในช่องปากนานกว่าและได้รับปัจจัยเสี่ยงที่ก่อให้เกิดฟันผุนานกว่า นอกจากนี้ ฟันกรามน้ำนมซี่ที่ 1 จะมีขนาดของโพรงประสาทฟันใหญ่กว่าและมีความหนาของชั้นเคลือบฟันและเนื้อฟันบางกว่าฟันกรามน้ำนมซี่ที่ 2 จึงมีการผุลุกลามถึงเนื้อเยื่อในได้มากกว่า[16]

ที่ผ่านมามีรายงานความสำเร็จของการรักษาฟันน้ำนมด้วยวิธีพัลเพคโตมีภายใต้การดมยาสลบเพียง 2 การศึกษา โดย Tang และ Xu รายงานอัตราการอยู่รอดของฟันกรามน้ำนมที่ได้รับการรักษาพัลเพคโตมีด้วยไวตาเพ็กซ์ภายใต้การดมยาสลบเท่ากับร้อยละ 79.12 เมื่อติดตามผลที่ระยะเวลา 18 เดือน[17] ในขณะที่การศึกษาของ Amin และคณะ ในปี ค.ศ. 2016 รายงานอัตราการอยู่รอดของฟันที่ได้รับการรักษาพัลเพคโตมีโดยรวมเท่ากับร้อยละ 75.7 เมื่อติดตามผลที่ระยะเวลา 3 ปี[5]

จะเห็นได้ว่าการศึกษาในครั้งนี้มีอัตราการอยู่รอดของฟันน้ำนมที่ได้รับการรักษาพัลเพคโตมีภายใต้การดมยาสลบเท่ากับร้อยละ 90 ซึ่งสูงกว่าการศึกษาที่ผ่านมา โดยฟันทุกซี่ในการศึกษานี้ได้รับการหาความยาวทำงานโดยใช้เครื่องรูทซีเอ็กซ์ ซึ่งเป็นเครื่องกำหนดตำแหน่งปลายรากฟันด้วยไฟฟ้า (Apex locator) ส่งผลให้สามารถทำความสะอาดคลองรากฟันน้ำนมได้ตลอดความยาวรากและเอื้อให้มีการอุดคลองรากฟันได้พอดีปลายราก ไม่สั้นหรือเกินจากปลายรากซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในการรักษาพัลเพคโตมี[18] การใช้เครื่องกำหนดตำแหน่งปลายคลองรากฟันด้วยไฟฟ้ามีข้อดีคือเป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว ปลอดภัยและช่วยลดปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับ[19] จึงมีความเหมาะสมในการนำมาใช้ในการรักษาฟันน้ำนมภายใต้การดมยาสลบ นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาทางคลินิกพบว่าการใช้เครื่องรูทซีเอ็กซ์กำหนดความยาวรากฟันมีความแม่นยำกับความยาวไฟล์จริงที่วัดได้จากฟันหลังถอนทั้งในฟันตัดและฟันกรามน้ำนม[20,21] อย่างไรก็ตาม การศึกษาความสำเร็จของการรักษาฟันน้ำนมด้วยวิธีพัลเพคโตมีที่ใช้เครื่องกำหนดตำแหน่งปลายรากหาความยาวทำงานมีอยู่จำกัด มีเพียงการศึกษาของ Trairatvorakul และ Chunlasrikaiwan ที่รายงานความสำเร็จในการรักษาพัลเพคโตมีโดยใช้เครื่องรูทซีเอ็กซ์หาความยาวทำงาน โดยมีอัตราความสำเร็จในการรักษาด้วยซิงค์ออกไซด์ยูจินอลและไวตาเพ็กซ์เท่ากับร้อยละ 85 และ 89 ตามลำดับ เมื่อติดตามผลการรักษาเป็นระยะเวลา 12 เดือน[15]

จากการศึกษาปัจจัยที่อาจมีผลต่อการอยู่รอดของฟันที่ได้รับการรักษาพัลเพคโตมี การศึกษานี้พบว่าชนิดของฟันน้ำนมไม่มีผลต่ออัตราการอยู่รอด ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ Amin และคณะที่พบว่าฟันกรามน้ำนมซี่ที่ 2 มีอัตราการอยู่รอดสูงกว่าฟันกรามน้ำนมซี่ที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ[5] นอกจากนี้ พบว่าขากรรไกรบน/ล่างและวัสดุที่ใช้อุดคลองรากฟันไม่มีผลต่ออัตราการอยู่รอดเช่นกัน อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้พบว่าชนิดของวัสดุบูรณะเป็นปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการอยู่รอดของฟันที่ได้รับการรักษาพัลเพคโตมี

การรักษาพัลเพคโตมีร่วมกับการบูรณะปิดรากฟันเป็นวิธีการรักษาในกรณีที่เนื้อฟันเหลือน้อย ไม่สามารถบูรณะฟันด้วยการทำครอบฟันเหล็กไร้สนิมได้ แม้ว่าฟันที่ได้รับการบูรณะปิดรากฟันภายหลังการรักษาพัลเพคโตมีจะมีอัตราการอยู่รอดน้อยกว่าฟันที่ได้รับการบูรณะด้วยครอบฟันเหล็กไร้สนิม แต่การเก็บรักษาฟันที่มีเนื้อฟันเหลือน้อยด้วยวิธีการบูรณะปิดรากฟันเป็นวิธีหนึ่งที่

จะช่วยในการเก็บรักษากระดูกรองรับฟัน (alveolar bone) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้ป่วยปากแหว่งเพดานโหว่ ซึ่งการถอนฟันน้ำนมก่อนกำหนดจะส่งผลให้เกิดการยุบตัวของกระดูกรองรับฟันและขากรรไกร ทำให้ผู้ป่วยมีปัญหาด้านการออกเสียง[22] ซึ่งอาจทำให้ปัญหาการสบฟันมีความรุนแรงขึ้นและอาจมีผลต่อแผนการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันในอนาคต([23]) ในกรณีดังกล่าวการเก็บรักษาฟันน้ำนมไว้ด้วยการรักษาพัลเพคโตมีร่วมกับการบูรณะปิดรากฟันจึงน่าจะเป็นทางเลือกที่ดีกว่าการถอนฟัน ทั้งนี้ทันตแพทย์สำหรับเด็กควรทำการวางแผนร่วมกับทันตแพทย์จัดฟันเกี่ยวกับแผนการรักษาของฟันซี่ดังกล่าว โดยให้ข้อมูลถึงระยะเวลาและโอกาสที่ฟันจะสามารถอยู่รอดได้ สำหรับในรายที่มีความจำเป็นต้องเก็บรักษาฟันไว้ในช่องปากนานอาจพิจารณาเลือกใช้วัสดุบูรณะที่มีอัตราการอยู่รอดสูงกว่า เช่น เรซินคอมโพสิต เป็นต้น

การศึกษาในครั้งนี้มีข้อจำกัด คือ การศึกษานี้เป็นการศึกษาแบบย้อนหลัง ซึ่งไม่สามารถควบคุมปัจจัยรบกวนได้ เช่น ทันตแพทย์ผู้ทำการรักษาและระดับความรุนแรงของพยาธิสภาพ เป็นต้น และการศึกษานี้ทำการเก็บข้อมูลจากเวชระเบียนที่บันทึกโดยทันตแพทย์ผู้ทำการรักษามากกว่า 1 คน ซึ่งมีความละเอียดในการบันทึกข้อมูลแตกต่างกัน อาจมีข้อมูลจากเวชระเบียนที่บันทึกไม่ครบถ้วน นอกจากนี้ยังมีการสูญหายของภาพรังสีซึ่งเกิดจากปัญหาการจัดเก็บที่ไม่เหมาะสม ร่วมกับมีการทำลายเวชระเบียนของผู้ป่วยที่ไม่ได้มารับการรักษาอย่างต่อเนื่องและมีประวัติการรักษาครั้งสุดท้ายนานกว่า 5 ปี ทำให้มีฟันที่ได้รับการรักษาพัลเพคโตมีภายใต้การดมยาสลบที่ถูกคัดออกจากการศึกษาและไม่สามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ได้

สรุป

การศึกษาในครั้งนี้พบว่าฟันน้ำนมที่ได้รับการรักษาพัลเพคโตมีภายใต้การดมยาสลบมีอัตราการอยู่รอดเท่ากับร้อยละ 90 เมื่อติดตามผลการรักษาเป็นระยะเวลา 3 ปีหลังการรักษา และมีระยะเวลามัธยฐานการอยู่รอดมากกว่า 3 ปี โดยชนิดของวัสดุบูรณะเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการอยู่รอดของฟันที่ได้รับการรักษา โดยฟันน้ำนมที่ได้รับการรักษาวิธีพัลเพคโตมีภายใต้การดมยาสลบและได้รับการบูรณะด้วยครอบฟันเหล็กไร้สนิมมีอัตราการอยู่รอดสูงที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร.อ้อยทิพย์ ชาญการค้า ที่ให้คำปรึกษาทางด้านสถิติ และเจ้าหน้าที่เวชระเบียน คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่อำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. World Health Organization. Sugars and dental caries. [อินเตอร์เน็ท]. 2560. [เข้าถึงเมื่อ 13 กรกฎาคม 2561] เข้าถึงได้จาก http: / / apps. who. int/ iris/ bitstream/ handle/ 10665/ 259413/ WHO- NMH- NHD- 17. 12-eng.pdf?sequence=1.
2. สำนักทันตสาธารณสุข กรมอนามัย. รายงานผลการสำรวจสภาวะสุขภาพช่องปากระดับประเทศ ครั้งที่ 8 ประเทศไทย พ.ศ. 2560. นนทบุรี; 2561 กรกฎาคม 2561.
3. Schroth RJ, Quiñonez C, Shwart L, Wagar B. Treating early childhood caries under general anesthesia: A national review of Canadian data. J Can Dent Assoc. 2016;82(g20):1488-2159.
4. Jamieson LM, Roberts-Thomson KF. Dental general anaesthetic trends among Australian children. BMC Oral Health. 2006;6(1):16.
5. Amin M, Nouri MR, Hulland S, ElSalhy M, Azarpazhooh A. Success Rate of Treatments Provided for Early Childhood Caries under General Anesthesia: A Retrospective Cohort Study. Pediatr Dent. 2016;38(4):317-24.
6. Goerig AC, Camp JH. Root canal treatment in primary teeth: a review. Pediatr Dent. 1983;5(1):33-7.

7. Waterhouse PJ, Whitworth JM. Pediatric endodontics : endodontic treatment for the primary and young permanent dentition. In: Hargreaves KM, Berman LH, editors. Cohen's Pathways of the Pulp Expert Consult. 11 ed. Canada: Elsevier Health Sciences; 2015. p. e1-e44.
8. Mortazavi H, Baharvand M, Safi Y. Death Rate of Dental Anaesthesia. J Clin Diagn Res. 2017;11(6):ZE07-ZE9.
9. Sheller B, Williams BJ, Hays K, Mancl L. Reasons for repeat dental treatment under general anesthesia for the healthy child. Pediatr Dent. 2003;25(6):546-52.
10. El Batawi HY. Factors affecting clinical outcome following treatment of early childhood caries under general anaesthesia: a two-year follow-up. Eur Arch Paediatr Dent. 2014;15(3):183-9.
11. Holan G, Fuks AB. A comparison of pulpectomies using ZOE and KRI paste in primary molars: a retrospective study. Pediatr Dent. 1993;15(6):403-7.
12. Duanduan A, Sirimaharaj V, Chompu-inwai P. Retrospective study of pulpectomy with vitapex® and LSTR with three antibiotics combination (3Mix) for non-vital pulp treatment in primary teeth. CMU J Nat Sci. 2013;12(2):131-39.
13. Nurko C, Garcia-Godoy F. Evaluation of a calcium hydroxide/iodoform paste (Vitapex) in root canal therapy for primary teeth. J Clin Pediatr Dent. 1999;23(4):289-94.
14. Ozalp N, Saroglu I, Sonmez H. Evaluation of various root canal filling materials in primary molar pulpectomies: an in vivo study. Am J Dent. 2005;18(6):347-50.
15. Trairatvorakul C, Chunlasikaiwan S. Success of pulpectomy with zinc oxide-eugenol vs calcium hydroxide/ iodoform paste in primary molars: a clinical study. Pediatr Dent. 2008;30(4):303-8.
16. Grund K, Goddon I, Schuler IM, Lehmann T, Heinrich-Weltzien R. Clinical consequences of untreated dental caries in German 5- and 8-year-olds. BMC Oral Health. 2015;15(1):140.
17. Tang Y, Xu W. Therapeutic effects of Pulpotomy and Pulpectomy on deciduous molars with deep caries. Pakistan journal of medical sciences. 2017;33(6):1468.
18. Coll JA, Sadrian R. Predicting pulpectomy success and its relationship to exfoliation and succedaneous dentition. Pediatr Dent. 1996;18(1):57-63.
19. Katz A, Mass E, Kaufman AY. Electronic apex locator: a useful tool for root canal treatment in the primary dentition. ASDC J Dent Child. 1996;63(6):414-7.
20. Ghaemmaghami S, Eberle J, Duperon D. Evaluation of the Root ZX apex locator in primary teeth. Pediatr Dent. 2008;30(6):496-8.
21. Beltrame AP, Triches TC, Sartori N, Bolan M. Electronic determination of root canal working length in primary molar teeth: an in vivo and ex vivo study. Int Endod J. 2011;44(5):402-6.
22. Kirchberg A, Treide A, Hemprich A. Investigation of caries prevalence in children with cleft lip, alveolus, and palate. J Craniomaxillofac Surg. 2004;32(4):216-9.
23. Rivkin CJ, Keith O, Crawford PJ, Hathorn IS. Dental care for the patient with a cleft lip and palate. Part 1: From birth to the mixed dentition stage. Br Dent J. 2000;188(2):78-83.

[HS-O05] การสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันบริเวณขอบแถบรัดฟันหลังจากยึดด้วยซีเมนต์ 2 ชนิด

Enamel Demineralization Adjacent to Cemented Bands after Banding with Two Different Cements

ชวลิต เพียรมี[1*], ชุติมา ไตรรัตน์วรกุล[2], สมกมล วนิชวัฒนะ[2], และ ทิพวรรณ ธราภิวัฒนานนท์[2]
Chawalid Pianmee[1*], Chutima trairatvorakul[2], Somkamol Vanichvatana[2], and Thippawan Tharapiwattananon[2]
[1]นิสิตหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาทันตกรรมสำหรับเด็ก คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
[2]ภาควิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
[*]ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: nawaka37@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาผลของซีเมนต์ชนิดกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม และโพลิแอซิดมอดิฟายด์คอมโพสิตเรซินต่อการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุที่ขอบของแถบรัดฟัน เป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการโดยใช้ฟันกรามน้อยแท้ของมนุษย์จำนวน 30 ซี่ ทำการขัดผิวฟัน และสร้างช่องหน้าต่างทดลองบริเวณกึ่งกลางของด้านไกลกลางขนาด 1 x 2 มิลลิเมตร แบ่งฟันเป็น 3 กลุ่มเพื่อยึดด้วย (1) Hy-Bond Glasionomer CX®; HBG (กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม) (2) Ultra Band-Lok®; UBL (โพลิแอซิดมอดิฟายด์คอมโพสิตเรซิน) (3) กลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ยึดแถบรัดฟัน จากนั้นจำลองภาวะอุณหภูมิร้อนเย็นในช่องปากนาน 24 ชั่วโมง และสภาวะการสูญเสียและคืนแร่ธาตุ 21 วัน ทำการรื้อแถบรัดฟันและกำจัดซีเมนต์ก่อนวัดค่าร้อยละของการสูญเสียฟลูออเรสเซนส์บริเวณหน้าต่างทดลองเทียบกับผิวฟันปกติโดยรอบ (ΔF, %) ด้วยเทคนิควิเคราะห์การเรืองแสงเชิงปริมาณด้วยการใช้แสงกระตุ้นชนิดดิจิตอล พบว่ากลุ่มที่ยึดด้วย HBG และ UBL มีค่า ΔF น้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) และพบว่ากลุ่มที่ยึดด้วย HBG มีค่า ΔF น้อยกว่ากลุ่ม UBL อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) สรุปได้ว่า HBG มีผลยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุบริเวณขอบของแถบรัดฟันได้มากที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่ม UBL และกลุ่มควบคุม

คำสำคัญ: *การสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟัน, ซีเมนต์ยึดแถบรัดจัดฟัน, เครื่องวัดปริมาณแสงฟลูออเรสเซนต์: คิวแอลเอฟ*

Abstract

This study aimed to compare the efficacy of conventional glass ionomer cement and polyacid-modified composite resin on enamel demineralization at the area adjacent to the cemented band. This in vitro study was conducted on 30 human premolars. The teeth were smooth polished and painted with nail varnish, except a 1 x 2 mm window on middle 1/3 of distal surfaces. Thirty teeth were divided into 3 groups: (1) Hy-Bond Glasionomer CX®; HBG (conventional glass ionomer cement), (2) Ultra Band-Lok®; UBL (polyacid-modified composite resin), and (3) control group. All specimens were themocycled for 24 hours, and pH cycled for 21 days. The teeth were then debanded, and decemented. The percentage of fluorescence loss (ΔF, %) between the experiment window and surrounding sound enamel was measured by quantitative light-induced fluorescence-digital. The HBG and UBL group showed significant differences lower mean ΔF than the control group, and the HBG group showed significant differences lower mean ΔF than the UBL group ($p<0.01$). To summarize, HBG has the most effective result in inhibiting demineralization at the area adjacent to cemented bands compared with UBL and control.

Keywords: *enamel demineralization, orthodontic band cement, quantitative light-induced fluorescence; QLF*

บทนำ

ผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาทางทันตกรรมและมีเครื่องมือชนิดติดแน่นอยู่ในช่องปาก มักเสี่ยงต่อการเกิดฟันผุเพิ่มมากขึ้น เช่น การใช้แถบรัดฟัน (band) เพื่อยึดกับฟันหลักสำหรับเครื่องมือกันที่ฟันในผู้ป่วยเด็ก หรือการติดเครื่องมือจำพวกแบร็กเกตในผู้ป่วยจัดฟัน เป็นต้น การศึกษาที่ผ่านมาพบว่าฟันที่ติดเครื่องมือดังกล่าวมักมีการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันและเกิดฟันผุได้ง่าย[1,2] โดยเฉพาะในฟันหลังซึ่งเป็นบริเวณที่ทำความสะอาดได้ยาก ก่อให้เกิดการสะสมของเศษอาหาร และคราบจุลินทรีย์ได้มากขึ้น[3]

การป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันในผู้ป่วยที่ติดเครื่องมือในช่องปาก สามารถทำได้โดยการให้ความรู้ร่วมกับการแนะนำให้ผู้ป่วยสามารถดูแลสุขภาพช่องปากของตนเองได้ ร่วมกับการแปรงฟันด้วยยาสีฟันฟลูออไรด์[4] ซึ่งมีคุณสมบัติในการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุและส่งเสริมการคืนกลับของแร่ธาตุที่ผิวฟันได้ด้วย แต่วิธีดังกล่าวต้องอาศัยความร่วมมือจากผู้ป่วยเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้ป่วยเด็ก หรือผู้ป่วยที่มีความต้องการพิเศษซึ่งมีข้อจำกัดในการดูแลสุขภาพช่องปาก จึงมีการพัฒนาซีเมนต์ยึดแถบรัดฟันที่มีส่วนผสมของฟลูออไรด์ขึ้น เพื่อช่วยยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุ และส่งเสริมการคืนกลับแร่ธาตุที่ผิวฟัน

ปัจจุบันมีการนำซีเมนต์ที่มีส่วนผสมของฟลูออไรด์มาใช้ยึดแถบรัดฟันหลายชนิด ได้แก่ กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (conventional glass ionomer cement) ซึ่งมีการศึกษาว่าสามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์[5,6] และสามารถลดการสูญเสียแร่ธาตุของผิวเคลือบฟันในฟันที่ใส่เครื่องมือจัดฟันได้[7] แต่พบว่ามีการยึดเกาะที่ต่ำกว่าวัสดุจำพวกเรซิน[7] ส่งผลให้มีการละลายของซีเมนต์ออกบางส่วน ทำให้แถบรัดฟันไม่แนบกับฟัน และเกิดการสะสมของคราบจุลินทรีย์บริเวณดังกล่าวได้ง่ายขึ้น ซึ่งเป็นอีกสาเหตุที่ทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันขึ้นได้

โพลีแอซิดโมดิฟายด์คอมโพสิตเรซิน (polyacid-modified composite resin) เป็นวัสดุอีกกลุ่มที่มีการนำมาใช้เป็นซีเมนต์สำหรับการยึดเครื่องมือจัดฟัน โดยมีส่วนผสมหลักเป็นวัสดุอัดแทรกชนิดแก้วแคลเซียมฟลูออโรอลูมิโนซิลิเกต เพื่อหวังผลให้เกิดการปลดปล่อยฟลูออไรด์ และมีโมโนเมอร์ที่มีความเป็นกรด ซึ่งสามารถสนับสนุนให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันได้[8] จากการศึกษาในห้องปฏิบัติการพบว่า ซีเมนต์ยึดแถบรัดฟันชนิดโพลีแอซิดโมดิฟายด์คอมโพสิตเรซินสามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้[9] และให้ค่าการยึดติดที่ดีกว่ากลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ[10,11] นอกจากนั้นยังพบว่ามีคุณสมบัติที่พึงประสงค์อีกหลายประการ เช่น มีการรั่วซึมระดับจุลภาค (microleakage) ไม่แตกต่างจากซีเมนต์จำพวกเรซิน-โมดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์กรณีที่ใช้ยึดแถบรัดฟัน[12] เป็นต้น

อย่างไรก็ตามการศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติของซีเมนต์ยึดแถบรัดฟันในการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันยังมีจำกัด การศึกษานี้จึงต้องการศึกษาคุณสมบัติดังกล่าวของโพลีแอซิดโมดิฟายด์คอมโพสิตเรซินเปรียบเทียบกับกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม โดยใช้เทคนิควิเคราะห์การเรืองแสงเชิงปริมาณด้วยการใช้แสงกระตุ้นชนิดดิจิตอล (quantitative light-induced fluorescence-digital; QLF-D) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ได้รับการรายงานว่ามีความไวสูง คือสามารถตรวจพบรอยโรคในระยะเริ่มแรกได้โดยไม่ต้องมีการทำลายชิ้นตัวอย่างก่อนการทดสอบ[13] สามารถบอกร้อยละของการสูญเสียแร่ธาตุของผิวเคลือบฟันจากการเปรียบเทียบแสงฟลูออเรสเซนส์ที่ลดลงในบริเวณรอยโรค กับแสงฟลูออเรสเซนส์ของผิวเคลือบฟันปกติโดยรอบ[14,15] และสามารถนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์การสูญเสียแร่ธาตุของผิวเคลือบฟันในช่องปากผู้ป่วยได้

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมในมนุษย์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทำการศึกษาในฟันกรามน้อยแท้ซี่บนของมนุษย์ซึ่งได้รับการถอนด้วยเหตุผลทางทันตกรรม โดยแช่ในน้ำยาไทมอลความเข้มข้นร้อยละ 0.1 เมื่อตรวจด้วยเครื่องจุลทรรศน์สเตอริโอต้องไม่พบรอยผุ รอยร้าว วัสดุบูรณะ และความผิดปกติของผิวเคลือบฟัน ขัดผิวฟันด้านไกลกลางด้วยกระดาษทรายน้ำละเอียด 800 กริท ร่วมกับเครื่องขัดโดยใช้ความเร็ว 100 รอบต่อวินาที เป็นเวลา 45 วินาที ให้ผิวฟันเรียบ ได้ระนาบ จากนั้นตรวจว่าไม่มีการสูญเสียแสงฟลูออเรสเซนส์ที่ผิวเคลือบฟันด้วยเครื่องคิวแอลเอฟ-ดี ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 (ก) แสดงผิวฟันด้านไกลกลางหลังจากขัดด้วยเครื่องขัดฟันแล้ว (ข) แสดงผิวเคลือบฟันที่ไม่มีการสูญเสียการเกิดแสงฟลูออเรสเซนส์หลังวัดด้วยเครื่องคิวแอลเอฟ-ดี และ (ค) แสดงผิวเคลือบฟันที่มีการสูญเสียการเกิดแสงฟลูออเรสเซนส์หลังวัดด้วยเครื่องคิวแอลเอฟ-ดี

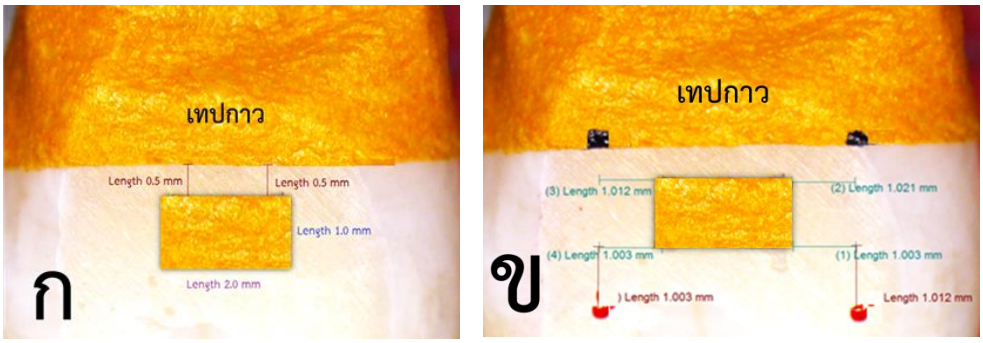
การศึกษานี้คำนวณขนาดตัวอย่างด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป n4studies โดยใช้สูตรค่าเฉลี่ย 2 ค่าที่เป็นอิสระต่อกัน (two independent means) และอ้างอิงค่าร้อยละการสูญเสียฟลูออเรสเซนส์ของผิวเคลือบฟันจากการศึกษาของ Behnan และคณะ (2010)[16] โดยกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ไม่ยอมรับสมมติฐานที่เป็นจริง (type-I error, α) เท่ากับ 0.05 และกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับสมมติฐานที่ไม่เป็นจริง (type-II error, β) เท่ากับ 0.1 ซึ่งคำนวณขนาดตัวอย่างได้ 9 ซี่ต่อกลุ่ม ผู้วิจัยประมาณการสูญเสียกลุ่มตัวอย่างก่อนสิ้นสุดการทดลองร้อยละ 10 จึงกำหนดจำนวนตัวอย่างเท่ากับ 10 ซี่ต่อกลุ่ม

ทำแถบรัดฟันชนิดทำเอง โดยใช้แถบรัดฟันทาบรอบตัวฟันให้ขอบล่างอยู่บริเวณกึ่งกลางของผิวเคลือบฟันด้านไกลกลาง จากนั้นเชื่อมแถบรัดฟันด้วยเครื่องเชื่อม (Welder) ให้เหลือพื้นที่ผิวเรียบใต้ต่อขอบล่างของแถบรัดฟันอย่างน้อย 2 x 4 มิลลิเมตร จากนั้นทำช่องหน้าต่างทดลองขนาด 1 x 2 มิลลิเมตร โดยให้ขอบบนของช่องหน้าต่างอยู่ชิดขอบล่างของแถบรัดฟัน ใช้เทปกาวสำหรับกำหนดพื้นที่ช่องหน้าต่าง เพื่อสร้างพื้นที่สำหรับทาน้ำยาทาเล็บโดยรอบ สำหรับขอบด้านบดเคี้ยวของช่องหน้าต่างให้เว้นช่องสำหรับทาน้ำยาทาเล็บเพียง 0.5 มิลลิเมตร เพื่อให้มีพื้นที่ผิวเคลือบฟันปกติโดยรอบช่องหน้าต่างทดลองสำหรับการวัดด้วยเครื่อง QLF-D จากนั้นใช้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอวัดขนาดช่องหน้าต่างให้มีขนาดและพื้นที่ตามที่กำหนด



ภาพที่ 2 แสดงการลองแถบรัดฟันชนิดทำเองให้ขอบล่างอยู่บริเวณกึ่งกลางของผิวเคลือบฟันด้านไกลกลาง

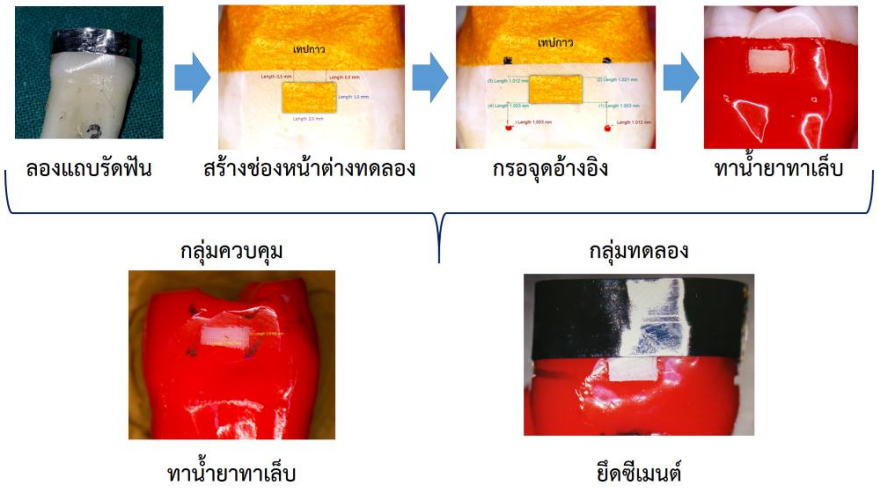
กรอบากจุดอ้างอิงจำนวน 4 จุด โดยกำหนดให้แต่ละจุดขยายออกโดยรอบช่องหน้าต่างเป็นระยะ 1 มิลลิเมตร ยกเว้นขอบด้านบดเคี้ยวให้ขยายขึ้นไป 0.5 มิลลิเมตร ใช้ปากกาทำสัญลักษณ์จุดอ้างอิงหลังจากวัดระยะด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ จากนั้นกรอบากจุดอ้างอิงด้วยหัวกรอเร็ว D2 ก่อนทาน้ำยาทาเล็บสีแดงโดยรอบซี่ฟัน จำนวน 3 รอบ ทิ้งให้แห้งเป็นเวลา 30 นาที



ภาพที่ 3 (ก) แสดงการสร้างช่องหน้าต่างโดยใช้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอในการวัดขนาดพื้นที่ก่อนทาน้ำยาทาเล็บและ (ข) แสดงการสร้างจุดอ้างอิง 4 จุด โดยรอบช่องหน้าต่างทดลองโดยใช้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ

ลองแถบรัดฟันชนิดทำเองให้แนบและวัดระยะห่างระหว่างผิวฟันกับขอบด้านในของแถบรัดฟันชนิดทำเอง เพื่อเป็นพื้นที่สำหรับซีเมนต์ โดยกำหนดให้ทุกชิ้นงานมีความกว้างสำหรับซีเมนต์ยึดแถบรัดฟันอยู่ระหว่าง 0.08 – 0.12 มิลลิเมตร จากนั้นแบ่งฟันตัวอย่างเข้าสู่กลุ่มการทดลองโดยการสุ่มจับฉลาก เป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ซี่ เพื่อยึดด้วยซีเมนต์ดังต่อไปนี้

1. ยึดด้วยกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม (Hy-Bond Glasionomer CX®; Shofu: Hisashiyama-ku, Kyoto, Japan): HBG
2. ยึดด้วยโพลิแอซิดมอดิฟายด์คอมโพสิตเรซิน (Ultra Band-Lok®; Reliance Orthodontic Products, Itasca, IL, USA): UBL
3. กลุ่มควบคุมซึ่งไม่ได้ยึดด้วยซีเมนต์ (Control)



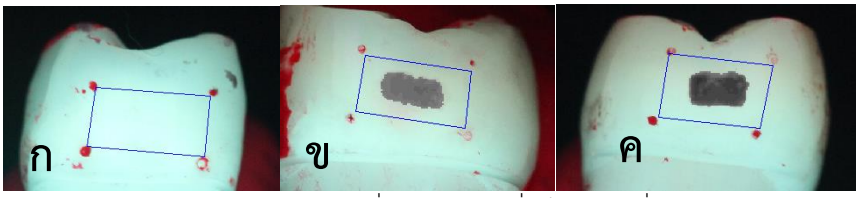
ภาพที่ 4 แสดงขั้นตอนการเตรียมชิ้นฟันตัวอย่าง

นำฟันตัวอย่างเข้าเครื่องจำลองภาวะอุณหภูมิร้อนเย็นในช่องปาก (thermocycling) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (1,440 รอบ) ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส และ 50 องศาเซลเซียส สลับกันทุก 30 วินาที หลังจากนั้นตั้งชิ้นงานให้แห้ง 30 นาที ทาน้ำยาทาเล็บที่ชิ้นงานกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่มให้ทั่ว ยกเว้นใต้ต่อขอบล่างของแถบรัดฟันที่อยู่เหนือต่อช่องหน้าต่างทดลอง ส่วนฟันในกลุ่มควบคุมให้ทาน้ำยาทาเล็บให้ทั่วยกเว้นบริเวณช่องหน้าต่างทดลอง ทิ้งให้แห้ง 30 นาที ก่อนนำชิ้นงานไปผ่านกระบวนการจำลองสภาวะการสูญเสียและคืนกลับแร่ธาตุ (pH cycling) ในตู้เขย่าและควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน โดยแช่ในสารละลายที่ทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุ เป็นเวลา 35 นาที วันละ 3 ครั้ง ในเวลา 7.00 – 7.35 น., 12.00 – 12.35 น. และ 17.00 – 17.35 น. จากนั้นล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน 20 วินาที ก่อนแช่ในน้ำลายเทียมต่อเป็นประจำทุกวัน กำหนดให้เปลี่ยน

น้ำยาทั้งสองชนิดก่อนแช่รอบใหม่ในช่วงเช้าของทุกวัน เมื่อครบกำหนดทำการรื้อแถบรัดฟันและกำจัดซีเมนต์ที่เหลือออกให้หมด ทำการปิดลำดับและชื่อกลุ่มของชิ้นงานแต่ละชิ้น แล้วกำหนดลำดับขึ้นใหม่โดยบุคคลอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องกับการวิจัย และจะเปิดลำดับเลขที่และชื่อกลุ่มทดลองเดิมเมื่อทำการวัดการสูญเสียฟลูออเรสเซนส์ที่ผิวเคลือบฟันด้วยเครื่อง QLF-D เรียบร้อยแล้ว

ทำการวัดค่าร้อยละของการสูญเสียฟลูออเรสเซนส์บริเวณหน้าต่างทดลองใต้ต่อขอบแถบรัดฟัน ด้วยเครื่อง QLF-D (Inspektor Research System BV, Amsterdam, The Netherlands) โดยทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย กำหนดให้ใน 1 วัน สามารถวัดฟันตัวอย่างได้ไม่เกิน 6 ชั่วโมง โดยแบ่งเป็น 3 ช่วง ช่วงละ 2 ชั่วโมง และพักระหว่างช่วงเวลา 30 นาที เพื่อป้องกันความผิดพลาดจากความอ่อนล้าของผู้วัด

นำค่าร้อยละของการสูญเสียฟลูออเรสเซนส์มาวิเคราะห์การกระจายข้อมูลโดยใช้สถิติ Kolmogorov-Smirnov test จากนั้นใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) เพื่อหาความแตกต่างระหว่าง 3 กลุ่ม และใช้ Tukey's Honesty Significant Difference (HSD) เพื่อหาความแตกต่างทางสถิติในแต่ละคู่ โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05



ภาพที่ 5 ภาพแสดงการสูญเสียฟลูออเรสเซนส์ที่ผิวเคลือบฟันที่วัดได้จากเครื่อง QLF-D (ก) กลุ่ม HBG (ข) กลุ่ม UBL และ (ค) กลุ่มควบคุม

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบค่าเฉลี่ย (±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของค่าร้อยละความต่างของฟลูออเรสเซนส์บริเวณหน้าต่างทดลองเทียบกับผิวฟันปกติโดยรอบ แสดงดังตารางที่ 1 และเมื่อวิเคราะห์การกระจายข้อมูลโดยใช้สถิติ Kolmogorov-Smirnov test พบว่ามีการกระจายของข้อมูลเป็นปกติ (normal distribution) เมื่อทดสอบด้วยสถิติ paired t-test ($p=0.514$) และจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) พบความแตกต่างระหว่าง 3 กลุ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) ของค่าร้อยละความต่างของฟลูออเรสเซนส์บริเวณหน้าต่างทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับผิวฟันปกติโดยรอบ เมื่อใช้สถิติ Tukey's Honesty Significant Difference (HSD) เพื่อหาความแตกต่างทางสถิติในแต่ละคู่ พบว่ากลุ่ม HBG และกลุ่ม UBL มีค่าร้อยละความต่างของฟลูออเรสเซนส์น้อยกว่ากลุ่ม Control อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) และพบว่ากลุ่ม HBG มีค่าร้อยละความต่างของฟลูออเรสเซนส์น้อยกว่ากลุ่ม UBL อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าร้อยละความต่างของฟลูออเรสเซนส์

กลุ่มทดลอง	**จำนวนตัวอย่าง**	**ค่าเฉลี่ย (±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของร้อยละความต่างของฟลูออเรสเซนส์(ΔF, %)**	**Tukey HSD±**
Hy-Bond Glasionomer CX®	10	0 ± 0	A
Ultra Band-Lok®	10	-7.12 ± 1.80	B
Control	10	-14.87 ± 5.12	C

±ตัวอักษรต่างกันแสดงถึงกลุ่มทดลองที่มีค่าร้อยละความต่างของฟลูออเรสเซนส์ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$)

จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงฟลูออเรสเซนส์ซ้ำห่างจากการวิเคราะห์ครั้งแรก 7 วัน เพื่อทดสอบความแม่นยำในการวิเคราะห์ของผู้ทำวิจัยด้วยสถิติ Pearson correlation ได้ค่าเท่ากับ 0.999 และไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งสองครั้ง

การศึกษานี้เป็นการศึกษาผลของซีเมนต์ยึดแถบรัดฟันชนิดกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม และโพลิแอซิดมอดิฟายด์คอมโพสิตเรซิน ต่อการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุที่ขอบของแถบรัดฟัน โดยวัดค่าร้อยละของการสูญเสียฟลูออเรสเซนส์บริเวณหน้าต่างทดลองเทียบกับผิวฟันปกติโดยรอบ เมื่อพิจารณาฟันตัวอย่างในกลุ่มควบคุมซึ่งไม่ถูกยึดด้วยซีเมนต์และแถบรัดฟัน พบว่าเกิดการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันในบริเวณช่องหน้าต่างทดลองหลังผ่านกระบวนการจำลองสภาวะการสูญเสียแร่ธาตุและการคืนกลับแร่ธาตุ จึงพิจารณาได้ว่ากระบวนการจำลองสภาวะในช่องปากที่เลือกใช้ในครั้งนี้ ใกล้เคียงกับสภาวะช่องปากของผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงสูงในการเกิดฟันผุ คือมีการสูญเสียแร่ธาตุมากกว่าการคืนกลับแร่ธาตุ ซึ่งเหมาะต่อการใช้ศึกษาประสิทธิภาพของซีเมนต์ยึดแถบรัดฟันต่อการยับยั้งการเกิดการสูญเสียแร่ธาตุของผิวเคลือบฟันในผู้ป่วยกลุ่มที่มีความเสี่ยงสูงในการเกิดฟันผุ

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า กลุ่มที่ยึดแถบรัดฟันด้วย HBG สามารถยับยั้งการเกิดการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันได้มากกว่ากลุ่ม UBL และกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งพบว่าสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา[17] ที่เปรียบเทียบการสูญเสียแร่ธาตุของผิวเคลือบฟันที่ขอบล่างของแถบรัดฟันด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดแสงโพลาไรซ์ หลังจากยึดแถบรัดฟันด้วยกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมและโพลิแอซิดมอดิฟายด์คอมโพสิตเรซิน พบว่ากลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมมีการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันมากกว่าโพลิแอซิดมอดิฟายด์คอมโพสิตเรซินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้จากการศึกษาในอดีตถึงคุณสมบัติในการปลดปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุทั้งสองชนิด[5,18] พบว่ากลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมมีความสามารถในการปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้มากกว่าโพลิแอซิดมอดิฟายด์คอมโพสิตเรซินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่งผลให้การศึกษาในครั้งนี้ สามารถวัดการสูญเสียฟลูออเรสเซนส์ของกลุ่ม HBG ได้น้อยกว่า UBL แสดงให้เห็นว่า HBG มีความเหมาะสมในการเลือกใช้เป็นซีเมนต์ยึดแถบรัดฟันได้ดีกว่า UBL ในแง่ของความสามารถในการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟัน

อย่างไรก็ตามการทดลองในครั้งนี้ พบว่าโพลิแอซิดมอดิฟายด์คอมโพสิตเรซินมีการสูญเสียฟลูออเรสเซนส์น้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าโพลิแอซิดมอดิฟายด์คอมโพสิตเรซินมีความสามารถในการป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันได้เช่นเดียวกัน และเมื่อพิจารณาถึงการใช้งานพบว่ากลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมประกอบไปด้วยส่วนผง และส่วนน้ำ ผู้ใช้งานต้องตวงและผสมให้ได้ซีเมนต์ที่เหมาะสมสำหรับการใช้งาน ต้องรอให้วัสดุเกิดปฏิกิริยาก่อตัวอย่างน้อย 4 นาที เนื่องจากวัสดุมีความไวต่อการสูญเสียน้ำและดูดน้ำ จึงต้องหลีกเลี่ยงไม่ให้สัมผัสความชื้น ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้วัสดุไม่แข็งแรงได้[19] ส่วนโพลิแอซิดมอดิฟายด์คอมโพสิตเรซินเป็นซีเมนต์ชนิดหลอดเดียวซึ่งสะดวกต่อการใช้งาน กำจัดปัญหาเกี่ยวกับการผสมได้ไม่กลมกลืน สามารถบีบซีเมนต์ที่มีลักษณะค่อนข้างหนืดเข้าไปด้านในของแถบรัดฟันได้ง่าย และสามารถทำให้แข็งตัวได้ด้วยการใช้แสงกระตุ้น หลังจากแข็งตัวแล้ววัสดุสามารถเกิดปฏิกิริยากรด-ด่างอย่างช้าๆ และปลดปล่อยฟลูออไรด์ที่ช่วยในการป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุของผิวเคลือบฟันออกมาได้[20]

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าวัสดุจำพวกโพลิแอซิดมอดิฟายด์คอมโพสิตเรซินให้ความแข็งแรงพันธะ (bond strength) ที่ดีกว่ากลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม[21] นอกจากนั้นยังพบว่ากลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมมีการรั่วซึมระหว่างซีเมนต์และแถบรัดฟัน และระหว่างซีเมนต์และผิวเคลือบฟันมากกว่าโพลิแอซิดมอดิฟายด์คอมโพสิตเรซินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเป็นสาเหตุที่อาจทำให้เกิดการสะสมของคราบจุลินทรีย์หรือเกิดการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันใต้ต่อแถบรัดฟันที่มีการรั่วซึมของซีเมนต์ขึ้นได้[12] ทันตแพทย์จึงต้องพิจารณาถึงปัจจัยดังกล่าวในการเลือกใช้ซีเมนต์สำหรับยึดแถบรัดฟันในผู้ป่วยแต่ละรายด้วย

แม้ว่าการตรวจรอยโรคฟันผุสามารถทำได้ด้วยวิธีพื้นฐานต่างๆ เช่น การตรวจด้วยตา หรือการสัมผัส เป็นต้น แต่เป็นวิธีที่ขึ้นอยู่กับผู้วัดแต่ละคน (subjective) และมีข้อจำกัดสำหรับการวินิจฉัยรอยโรคระยะเริ่มแรกที่ยังไม่ผุเป็นรู ส่งผลให้การวินิจฉัยล่าช้าได้[15] เทคนิค QLF เป็นการตรวจรอยโรคฟันผุอีกเทคนิคหนึ่ง ซึ่งสามารถวัดการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันได้จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของฟลูออเรสเซนส์บริเวณรอยผุและผิวเคลือบฟันปกติโดยรอบ และเป็นเทคนิคที่สามารถตรวจพบรอยโรคฟันผุระยะเริ่มแรกได้ก่อนการตรวจด้วยตา[22] ทำให้ทันตแพทย์สามารถใช้มาตรการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุและส่งเสริมการ

คืนกลับแร่ธาตุบริเวณรอยโรคได้ทันท่วงที ลดความจำเป็นในการบูรณะฟันในอนาคต[14] ปัจจุบันมีการพัฒนาเป็นระบบดิจิตอล (QLF-D) และสามารถใช้ติดตามการเปลี่ยนแปลงฟลูออเรสเซนส์ของรอยโรคเพื่อประเมินการสูญเสียหรือการคืนกลับแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันโดยไม่ต้องทำลายฟันตัวอย่าง จึงเป็นเครื่องมือที่สามารถประยุกต์ใช้ในงานทันตกรรมป้องกันสำหรับผู้ป่วยได้[14]

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ค่าการสูญเสียฟลูออเรสเซนส์ที่วัดด้วยเทคนิค QLF มีความสัมพันธ์อย่างมากกับการเปลี่ยนแปลงแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันที่วัดได้ด้วยเทคนิค transverse microradiography ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานสำหรับวัดการเปลี่ยนแปลงแร่ธาตุของผิวเคลือบฟัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) เท่ากับ 0.82[23] และจากการศึกษาในรอยผุด้านบดเคี้ยวพบว่า QLF มีค่าความไว (sensitivity) เท่ากับ 0.68 และค่าความจำเพาะ (specificity) เท่ากับ 0.70 เมื่อทำการศึกษาคุณสมบัติความเชื่อมั่น (reliability) ของเทคนิค QLF โดยการนำข้อมูลจากการวิเคราะห์เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความเชื่อมั่นภายในผู้ประเมิน (intra-examiner reliability) มีค่าเท่ากับ 0.93 และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน (inter-examiner reliability) มีค่าเท่ากับ 0.92 แสดงว่าเทคนิค QLF มีคุณสมบัติในการวัดซ้ำ (repeatability) และให้ผลซ้ำ (reproducibility) ได้ดี[15] จึงเหมาะสมสำหรับการนำมาศึกษาในครั้งนี้

การวัดพื้นที่ทดลองด้วยเทคนิค QLF-D ต้องจัดวางชิ้นงานตัวอย่างให้พื้นผิวตั้งฉากกับลำกล้อง ซึ่งผู้วิจัยสามารถจัดตำแหน่งพื้นผิวของช่องหน้าต่างทดลองให้ตั้งฉากกับลำแสงของกล้องได้ และกำหนดระยะห่างจากตัวกล้องเท่ากันในทุกครั้งที่ทำการวัดชิ้นงานแต่ละซี่ จึงสามารถเปรียบเทียบค่าร้อยละความต่างของฟลูออเรสเซนส์ระหว่างซี่ฟันได้อย่างแม่นยำ และการวัดรอยผุด้วยเครื่อง QLF-D ต้องใช้พื้นที่ผิวเคลือบฟันปกติโดยรอบที่ไม่มีการสูญเสียแร่ธาตุ เพื่อเปรียบเทียบความต่างของฟลูออเรสเซนส์ระหว่างทั้งสองพื้นที่ การทดลองนี้จึงออกแบบให้ช่องหน้าต่างมีพื้นผิวเคลือบฟันปกติที่ไม่มีการสูญเสียแร่ธาตุโดยรอบซึ่งเคลือบไว้ด้วยน้ำยาทาเล็บ อีกทั้งมีการบากสัญลักษณ์สำหรับใช้อ้างอิงขอบเขตของช่องหน้าต่าง เพื่อให้การเลือกพื้นที่สำหรับอ่านค่าถูกจำกัดอยู่เฉพาะพื้นที่ที่ต้องการ และไม่ครอบคลุมพื้นที่ซึ่งถูกยึดด้วยซีเมนต์ซึ่งอาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของฟลูออเรสเซนส์ได้ ทำให้ค่าที่ได้เกิดจากการเทียบความต่างของฟลูออเรสเซนส์ระหว่างพื้นที่ช่องหน้าต่างและผิวเคลือบฟันปกติโดยรอบเท่านั้น

สรุป

กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมและโพลิแอซิดมอดิฟายด์คอมโพสิตเรซินสามารถป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันบริเวณขอบของแถบรัดฟันได้ โดยพบว่ากลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมมีความสามารถในการป้องกันได้มากกว่าโพลิแอซิดมอดิฟายด์คอมโพสิตเรซิน จึงเหมาะสมต่อการใช้งานมากกว่าในกรณีที่หวังผลป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันบริเวณขอบของแถบรัดฟัน โดยเฉพาะในผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดโรคฟันผุ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยชีววิทยาช่องปาก ศูนย์วิจัยทันตวัสดุศาสตร์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และบริษัทไลอ้อน (ประเทศไทย) จำกัด ที่สนับสนุนวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือสำหรับทดสอบ สำหรับการศึกษาในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Gorelick L, Geiger AM, Gwinnett AJ. Incidence of white spot formation after bonding and banding. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1982; 81(2):93-8.
2. Mizrahi E. Enamel demineralization following orthodontic treatment. Am J Orthod. 1982; 82(1):62-7.
3. Oggard B, Rolla G, Arends J, Tencate JM. Orthodontic appliance and enamel demineralization. Part 2. Prevention and treatment of lesion. Am J Orthod. 1988; 94:123-8.
4. Benson PE, Shah AA, Millett DT, Dyer F, Parkin N, Vine RS. Fluorides, orthodontics and demineralization: a systematic review. J Dent. 2005; 32:102-14.

5. Gillgrass TJ, Millett DT, Creanor SL, MacKenzie D, Bagg J, Gilmour WH, et al. Fluoride release, microbial inhibition and microleakage pattern of two orthodontic band cements. J Dent. 1999; 27(6):455-61.
6. Cacciafesta V, Sfondrini MF, Tagliani P, Klersy C. In-vitro fluoride release rates from 9 orthodontic bonding adhesives. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2007;132(5):656-62. DOI: 10.1016/j.ajodo.2005. 09.037
7. Prabhavathi V, Jacob J, Kiran MS, Ramakrishnan M, Sethi E, Krishnan CS. Orthodontic cements and demineralization: An in vitro comparative scanning electron microscope study. J Int Oral Health. 2015; 7(2):28-32.
8. Nicholson JW. Polyacid-modified composite resins (“compomers”) and their use in clinical dentistry. Dent Mater J. 2007; 23:615-22.
9. Wheeler AW, Foley TF, Mamandras A. Comparison of fluoride release protocols for in-vitro testing of 3 orthodontic adhesives. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2002; 121(3):301-9.
10. Millett DT, Kamahli K, McColl J. Comparative laboratory investigation of dual-cured vs. conventional glass ionomer cements for band cementation. Angle Orthod. 1998; 68(4):345-50.
11. Aggarwal M, Foley TF, Rix D. A comparison of shear-peel band strengths of 5 orthodontic cements. Angle Orthod. 2000; 70(4):308-16. DOI: 10.1043/0003-3219(2000)070<0308:ACOSPB>2.0.CO;2
12. Uysal T, Ramoglu SI, Ertas H, Ulker M. Microleakage of orthodontic band cement at the cement-enamel and cement-band interfaces. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2010; 137(4):534-9.
13. Al-Khateeb S, Forsberg CM, de Josselin de Jong E, Angmar-Mansson B. A longitudinal laser fluorescence study of white spot lesions in orthodontic patients. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1998; 113(6):595-602.
14. Kim HE, Kim BI. An in vitro comparison of quantitative light-induced fluorescence-digital and spectrophotometer on monitoring artificial white spot lesions. Photodiagnosis Photodyn Ther. 2015; 12(3):378-84. DOI: 10.1016/j.pdpdt.2015.06.006
15. Pretty IA. Caries detection and diagnosis: novel technologies. J Dent. 2006; 34(10):727-39.
16. Behnan SM, Arruda AO, Gonzalez-Cabezas C, Sohn W, Peters MC. In-vitro evaluation of various treatments to prevent demineralization next to orthodontic brackets. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 2010; 138(6). DOI: 10.1016/j.ajodo.2010.05.014
17. Vanmiller EJ, Donly KJ. Enamel demineralization inhibition by cements at orthodontic band margins. Am J Dent. 2003; 16:356-8.
18. Komori A, Kojima I. Evaluation of a new 2-paste glass ionomer cement. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2003; 123(6):649-52. DOI: 10.1016/S088954060300163X
19. Wilder AD, Jr., Swift EJ, Jr., May KN, Jr., Thompson JY, McDougal RA. Effect of finishing technique on the microleakage and surface texture of resin-modified glass ionomer restorative materials. J Dent. 2000; 28(5):367-73.
20. Ewoldsen N, Demke RS. A review of orthodontic cements and adhesives. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2001; 120(1):45-8. DOI: 10.1067/mod.2001.117207
21. Mennemeyer VA, Neuman P, Powers JM. Bonding of hybrid ionomers and resin cements to modified orthodontic band materials. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1999; 115(2):143-7.

22. Pretty IA, Pender N, Edgar WM, Higham SM. The in vitro detection of early enamel de- and re-mineralization adjacent to bonded orthodontic cleats using quantitative light-induced fluorescence. European Journal of Orthodontics. 2003; 25(3):217-23. DOI: Doi 10.1093/Ejo/25.3.217
23. Gmür R, Giertsen E, van der Veen MH, de Jong EDJ, ten Cate JM, Guggenheim B. In vitro quantitative light-induced fluorescence to measure changes in enamel mineralization. Clin Oral Invest. 2006; 10:187-95.

[HS-O06] ความผันแปรทางพันธุกรรมของยีน *MiR-149* (T>C) ในผู้ป่วยมะเร็งช่องปากคนไทย

Single Nucleotide Polymorphism of *MiR-149* (T>C) in Thai Oral Cancer patients

สุทธิเกียรติ ดือเร๊ะ[1], ศิริมา สงวนสิน[2], สุดาภรณ์ เก่งการ[3], และ วนิดา พงศ์สถาพร[*1]
Suttikiat Deureh[1], Sirima Sa-ngaunsin[2], Sudaporn Kengkarn[3], and Wanida pongsathaporn[1]
[1]ภาควิชาวิทยาศาสตร์การแพทย์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
[2]คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
[3]คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยรังสิต
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: wanida.po@rsu.ac.th*

บทคัดย่อ

ไมโครอาร์เอ็นเอ เป็นอาร์เอ็นเอขนาดเล็กที่ไม่มีการแปลรหัส มีบทบาทสำคัญในการควบคุมการแสดงออกของยีน ซึ่งมีผลต่อทำงานของเซลล์ การเกิด Single nucleotide polymorphisms (SNPs) ของยีน miR-149 (rs2292832) อาจมีผลต่อหน้าที่และการแสดงออกของ mature miR-149 ที่อาจส่งผลต่อการดำเนินโรคของโรคมะเร็งช่องปาก วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาความผันแปรทางพันธุกรรมของยีน miR-149 (T>C) ต่อความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งช่องปาก และหาความสัมพันธ์กับลักษณะทางพยาธิคลินิกของผู้ป่วยโรคมะเร็งช่องปาก โดยศึกษาแบบ case-control study ในผู้ป่วยมะเร็งช่องปากจำนวน 136 ราย เทียบกับคนปกติจำนวน 129 ราย จากการตรวจจีโนไทป์โดยวิธี Polymerase Chain Reaction - Restriction Fragment Length Polymorphism (PCR-RFLP) พบว่าไม่มีความแตกต่างของความถี่ miR-149 (T>C) genotypes ระหว่างกลุ่มผู้ป่วยมะเร็งช่องปากและกลุ่มคนปกติ ในขณะที่พบความสัมพันธ์ระหว่างความผันแปรทางพันธุกรรมของยีน mir-149 (T>C) กับลักษณะทางพยาธิคลินิก ที่บ่งบอกถึงการพยากรณ์โรคที่แย่ลงของผู้ป่วยมะเร็งช่องปากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ความหนาของก้อนมะเร็ง (p=0.004) ขนาดของก้อนมะเร็ง (p=0.008) และระยะในการเกิดมะเร็งของผู้ป่วยมะเร็งช่องปากในระยะที่ 3 และ4 (p=0.016) รวมไปถึงการแพร่กระจายของมะเร็งไปยังต่อมน้ำเหลือง(*p*=0.030)

คำสำคัญ: *ความผันแปรทางพันธุกรรม, มะเร็งช่องปาก, miR-149*

Abstract

MicroRNAs are small non-coding RNAs that play an important role in regulating cellular function by controlling gene expression. Single nucleotide polymorphisms (SNPs) of miR-149 (rs2292832) may affect the function and expression of mature miR-149. They may be associated with cancer development and progression of oral cancer. The aim of this study was to investigate the association of miR-149 (T>C) with susceptibility to oral squamous cell carcinoma and clinico-pathological parameters of oral squamous cell carcinoma. A case-control study consists of 136 oral cancer cases and 129 normal controls. Genotyping of miR-149 was determined using the Polymerase Chain Reaction - Restriction Fragment Length Polymorphism (PCR-RFLP) method. The results revealed that the frequency of MiR-149 genotypes was not statistically significantly difference between oral cancer cases and controls. Whereas miR-149 was significantly associated with tumor thickness (*p*=0.004), tumor size (*p*=0.008), tumor stage 3 and 4 (*p*=0.016) of oral cancer patients and significantly associated lymph node involvement (*p*=0.030)

Keywords: *single nucleotide polymorphism, oral cancer, oral squamous cell carcinoma, miR-149*

บทนำ

มะเร็งช่องปาก (Oral cancer) เป็นมะเร็งที่พบได้บ่อยเป็นอันดับต้น ๆ ในกลุ่มของมะเร็งศีรษะและลำคอ โดยเกิดจากการก้อนเนื้อร้ายหรือมะเร็งที่เกิดขึ้นในบริเวณช่องปาก[1] โรคมะเร็งช่องปากเป็นมะเร็งที่ติดอันดับ 1 ใน 10 ของมะเร็งที่พบบ่อยในคนไทย เทียบกับมะเร็งตามอวัยวะอื่น ๆ คิดเป็น 5.3% ต่อแสนประชากร ซึ่งจะพบในเพศชายมากกว่าเพศหญิง ในกลุ่มอายุมากกว่า 40 ปี ขึ้นไป ส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากการดื่มสุราและสูบบุหรี่ การตรวจดูสัณฐานวิทยา (Morphology) ส่วนใหญ่พบว่าเป็นชนิด Squamous cell carcinoma (SCC) โดยผู้ป่วยที่เป็นมะเร็งช่องปากมักจะได้รับการตรวจวินิจฉัยพบ เมื่อมีการดำเนินไปของโรคระยะที่ 3 และระยะที่ 4 แล้ว ซึ่งถือว่าเป็นระยะที่รุนแรง เนื่องจากยังไม่มีการวินิจฉัยที่สามารถตรวจวินิจฉัยโรคมะเร็งช่องปากได้ตั้งแต่ระยะแรก ทำให้มะเร็งช่องปากอาจจะเป็นปัญหาสุขภาพมากขึ้นในอนาคต[2]

MicroRNA (miRNA) คือ non-coding RNA (ncRNA) หรือ RNA ที่ไม่มีการแปลรหัส มีขนาดประมาณ 18-24 nucleotide มีหน้าที่หลักคือควบคุมการแสดงออกที่มีผลต่อกระบวนการต่าง ๆ ภายในเซลล์มากมาย เช่น วัฏจักรเซลล์ การเพิ่มจำนวนของเซลล์ การส่งสัญญาณภายในเซลล์ พยาธิกำเนิดของการเกิดโรค และกระบวนการเกิดมะเร็ง โดยการทำงานของ microRNA ถูกควบคุมด้วยยีนที่ควบคุมการสร้าง microRNA ดังนั้นการเกิดความผันแปรทางพันธุกรรม (SNPs) ของยีนที่ควบคุมการสร้าง microRNA จะมีผลต่อการทำงานของ microRNA ที่อาจส่งผลต่อกระบวนการต่าง ๆ ของเซลล์ในการเกิดมะเร็งได้[3] เมื่อเร็ว ๆ นี้ มีการค้นพบความผันแปรทางพันธุกรรมใหม่ (Novel Single nucleotide polymorphism; SNPs) ของ MicroRNA 4 ชนิด ที่มีบทบาทในการเกิดมะเร็งซึ่งเป็นยีนที่ควบคุมการสร้าง pre-microRNA ได้แก่ miR-499 (rs3746444), miR-196a2(rs11614913), miR-146a (rs2910164) และ miR-149(rs2292832)[4] โดยในประเทศไทยมีผู้ศึกษาความผันแปรทางพันธุกรรมของยีนที่ควบคุมการสร้าง pre-MicroRNA ในมะเร็งศีรษะและคอไปแล้ว ดังนี้ miR-146a[5] , miR-499[6] และ miR-196a2[7] อย่างไรก็ตามยังไม่มีผู้ศึกษาความผันแปรทางพันธุกรรมของยีน miR-149 (rs2292832) ในผู้ป่วยมะเร็งศีรษะและลำคอในประเทศไทย รวมถึงในมะเร็งในช่องปาก และจากการศึกษาความผันแปรทางพันธุกรรมของยีน miR-149 (rs2292832) ที่ผ่านมา มีการรายงานพบว่ามีความสัมพันธ์กับความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งหลายชนิด ได้แก่ มะเร็งตับ[8] มะเร็งลำไส้[9] และมะเร็งศีรษะและคอ[10] และอาจมีความเสี่ยงต่อการพยากรณ์โรคของผู้ป่วยมะเร็งศีรษะและคอ[11] จากการศึกษา meta-analysis พบว่า T allele ของ miR-149 (rs2292832) มีความสัมพันธ์กับความเสี่ยงที่ลดลงของมะเร็งกระเพาะอาหาร แต่มีความสัมพันธ์กับความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นของมะเร็งลำไส้[10] ดังนั้นงานวิจัยนี้ มุ่งเน้นศึกษาความผันแปรทางพันธุกรรมของยีน miR-149 ในผู้ป่วยมะเร็งช่องปากในประเทศไทยเทียบกับคนปกติ เพื่อหาความสัมพันธ์ต่อความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งช่องปาก และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความผันแปรทางพันธุกรรมของยีน miR-149 กับลักษณะทางพยาธิคลินิกที่บ่งบอกถึงการพยากรณ์โรคของผู้ป่วยมะเร็งช่องปากในประเทศไทย ซึ่งอาจใช้เป็นแนวทางในการพยากรณ์โรค เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษามะเร็งช่องปากต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. สิ่งส่งตรวจ

สิ่งส่งตรวจที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็น DNA ที่สกัดจากเลือดของคนปกติ (กลุ่มควบคุม) จำนวน 129 ราย และ DNA ที่สกัดจากเลือดผู้ป่วยมะเร็งช่องปาก จำนวน 136 ราย ที่ได้จากคลังตัวอย่างของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริมา สงวนสิน ภาควิชาชีววิทยาช่องปาก คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล โดยข้อมูลทางพยาธิวิทยาคลินิกที่ได้ทำการลบข้อมูลส่วนบุคคลออกแล้ว (Anonymized data/specimens) ทั้งนี้ โครงการวิจัยนี้ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมวิจัยในคน จากมหาวิทยาลัยมหิดลแล้ว (หมายเลขอนุญาต COA. No. MU-DT/PY-IRB 2016/028.2705)

2. การตรวจหาจีโนไทป์ของยีน miR-149 (rs2292832)

ศึกษา polymorphism ของยีน miR-149 T>C โดยใช้วิธี PCR-RFLP โดย primer [11] ที่ใช้ในขั้นตอน PCR มีดังนี้ miR-149 Forward primer: 5’ -GTCTTCACTCCCGTCGTTGT- 3’ และ miR-149 Reverse primer: 5’ -CCCGAAACACCCGTAAGATA- 3’ โดยจะทำ pre-denaturation 95 °C นาน 5 นาที ในแต่ละ cycle จะประกอบด้วย

denature ที่ 95 °C 20 วินาที annealing 58.5 °C 20 วินาที และ extension 72 °C 30 วินาที ทั้งหมด 35 cycle ในรอบสุดท้ายจะทำ final extension 72 °C เป็นเวลา 7 นาที และทำการตรวจสอบผลผลิต PCR ที่ได้โดยใช้ 2% Agarose gel electrophoresis จากนั้นจะนำผลผลิต PCR มาตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *PvuII* โดยใช้ 2.5% Agarose gel electrophoresis

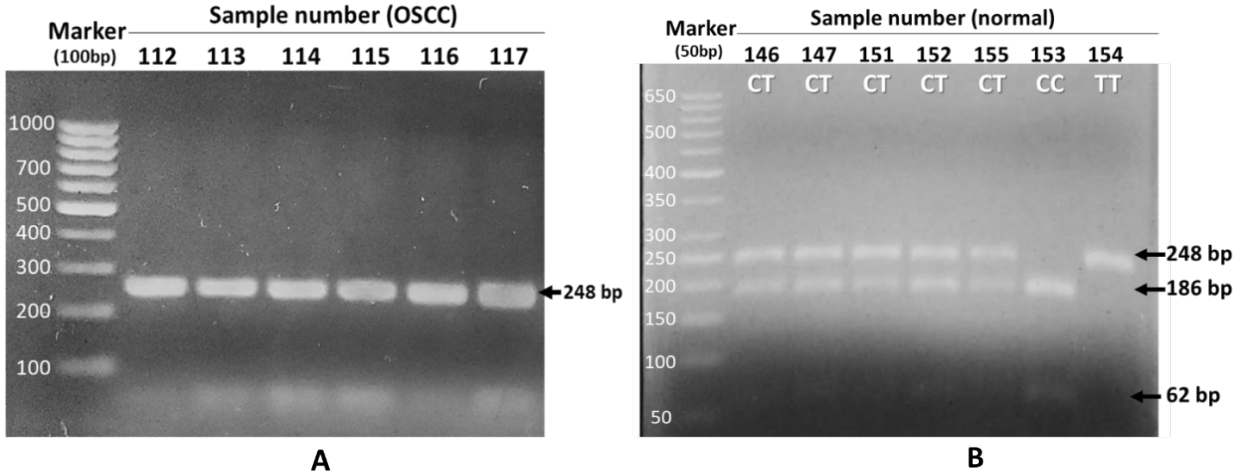
3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การหาความสัมพันธ์ระหว่างความผันแปรทางพันธุกรรมของยีน miR-149 T>C กับการเสี่ยงต่อมะเร็งศีรษะและลำคอ โดยทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของความถี่ของจีโนไทป์ในผู้ป่วยมะเร็งช่องปากกับคนปกติ โดยการใช้สถิติ Chi-Square และ Odds ratio (OR) หาก *P* value < 0.05 แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

หาความสัมพันธ์ระหว่าง Polymorphisms ของยีน miR-149 T>C กับลักษณะทางพยาธิคลินิกของผู้ป่วยมะเร็งศีรษและใช้สถิติ Chi-Square หาก *P* value < 0.05 แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการวิจัย

1. การตรวจหาจีโนไทป์ของยีน miR-149 T>C โดยวิธี PCR-RFLP



ภาพที่1 แสดงผลผลิต PCR (PCR product) (A) และผลผลิตหลังจากตัดเอนไซม์ด้วย *PvuII* (B)

ผลผลิตจากการเพิ่มจำนวนดีเอนเอ (PCR product) จะเห็นแถบดีเอ็นเอ 1 แถบ ที่ความยาว 248 คู่เบส ดังภาพที่1A ผลการตัดเอนไซม์ ถ้าผลผลิตเป็น TT (wild type) จะเห็นแถบดีเอ็นเอ 1 แถบ ที่ความยาว 248 คู่เบส และผลผลิตที่เป็น CC (homozygote polymorphism) จะเห็นแถบดีเอ็นเอ 2 แถบ ที่ความยาว 186 คู่เบส และ 62 คู่เบส ในขณะที่ผลผลิตที่เป็น CT (heterozygote polymorphism) จะเห็นแถบดีเอ็นเอ 3 แถบที่ความยาว 248 คู่เบส 186 คู่เบส และ 62 คู่เบส ดังภาพที่1B

2. ลักษณะทั่วไปของผู้ป่วยมะเร็งช่องปากเทียบกับคนปกติ

ลักษณะทั่วไปของผู้ป่วยมะเร็งช่องปากและในคนปกติ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในเรื่องของ อายุ เพศ สถานะของการสูบบุหรี่ และการดื่มเหล้า ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงลักษณะทั่วไปของผู้ป่วยมะเร็งช่องปากกับคนปกติ

Variable	Number (%)				*P*-value
	Control (129)	%	OSCC (136)	%	
Sex					**0.423[a]**
Male	61	47.29	71	52.21	
Female	68	52.71	65	47.79	

Variable	Number (%)				*P*-value
	Control (129)	%	OSCC (136)	%	
Age (year), mean (SD)	62.13 (8.345)		61.08 (8.866)		**0.322**[b]
Smoking status					**0.094**[c]
Non smoker	18	13.95	23	16.91	
Smoker	111	86.05	113	73.09	
-Former smoker	74	57.37	60	44.12	
-Current smoker	37	28.68	53	28.97	
Pack-years[a], mean (SD)	44.43 (19.278)		44.62 (20.685)		**0.944**[b]
Drinking status					**0.180**[d]
Non drinker	16	12.40	29	21.32	
Drinker	113	87.6	107	78.68	
-Former drinker	61	47.29	52	38.24	
-Current drinker	52	40.31	55	40.44	

Note: [a]*P*-value: chi-squire. [b]*P*-value: *t'*-test. [c]*P*-value: chi-squire เปรียบเทียบระหว่าง non-smoker and smoker. [d]*P*-value: chi-squire เปรียบเทียบระหว่าง non-drinker and drinker.

3. การหาความสัมพันธ์ระหว่าง polymorphism ของยีน miR-149 กับความเสี่ยงต่อมะเร็งช่องปาก

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความผันแปรทางพันธุกรรมของยีน miR-149 ในผู้ป่วยมะเร็งช่องปากกับคนปกติด้วยสถิติ Chi-Square พบว่าไม่มีความแตกต่างในความถี่ของจีโนไทป์ของความผันแปรทางพันธุกรรมของยีน miR-149 T>C ระหว่างผู้ป่วยมะเร็งช่องปากเปรียบเทียบกับคนปกติ แสดงถึงว่าความผันแปรทางพันธุกรรมของยีน miR-149 T>C ไม่มีความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งช่องปาก (OR=1.080 CI=0.644-1.813 p=0.769) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความผันแปรทางพันธุกรรมของยีน miR-149 ในผู้ป่วยมะเร็งช่องปากกับในคนปกติ

Genotype	*Controls (n=129)*		*OSCC (n=136)*		*OR*	*P*-value[a]
	No.	%	No.	%		
miR-149 rs2292832						
TT (Ref.)	41	31.78	42	30.88		
CT	61	47.29	73	53.68		
CC	27	20.93	21	15.44		
CT+CC	88	68.22	94	69.12	**1.080** (CI=0.644-1.813)	**0.769**
Allele frequency						
C	0.45		0.42			
T	0.55		0.58			

[a]P-value: chi-squire.

4. การหาความสัมพันธ์ระหว่าง polymorphism ของยีน miR-149 กับลักษณะทางพยาธิคลินิก

ความสัมพันธ์ระหว่าง polymorphism ของยีน miR-149 กับลักษณะทางพยาธิคลินิก พบว่าความผันแปรทางพันธุกรรมของ miR-149 (CT และCC) มีความสัมพันธ์กับความหนาของก้อนมะเร็ง (Tumor thickness) (p=0.004) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการ

ลุกลามของมะเร็งในผู้ป่วยมะเร็งช่องปากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีความสัมพันธ์กับขนาดของมะเร็ง (p=0.008) โดยจะพบในผู้ป่วยมะเร็งช่องปากที่มีขนาดของก้อนมะเร็ง T3+T4 มากกว่า T1+T2 นอกจากนี้ยังพบว่าความผันแปรทางพันธุกรรมของยีน miR-149 (CTและCC) จะพบในผู้ป่วยมะเร็งช่องปากในระยะที่ 3 และ 4 มากกว่าระยะที่ 1 และ 2 (p=0.016) รวมไปถึงมีความสัมพันธ์กับการแพร่กระจายของมะเร็งไปยังต่อมน้ำเหลืองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.030) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง miR-149 genotype กับข้อมูลทางพยาธิวิทยาคลินิกของผู้ป่วยช่องปาก

	Patients	miR-149		*P*-value[a]
	N=136	TT	CC+CT	
อายุ (ปี)				**0.930**
≤ 62	72	22	50	
> 62	64	20	44	
เพศ				**0.731**
Male	71	21	50	
Female	65	21	44	
Histological grading				**0.407**
Well + Moderate	91	26	65	
Poor	45	16	29	
Tumor thickness				**0.004***
≤ 10 mm	59	26	33	
> 10 mm	77	16	61	
Perivascular invasion				0.441
Negative	71	24	47	
Positive	65	18	47	
Perineuronal invasion				**0.145**
Yes	71	18	53	
No	65	24	41	
T classification				**0.008***
T1+T2	61	26	35	
T3+T4	75	16	59	
Lymph node involvement				**0.030***
Negative	59	24	35	
Positive	77	18	59	
	Patients	**miR-149**		***P*-value[a]**
	N=136	TT	CC+CT	
Pathological staging				**0.016***
I+II	45	20	22	
III+IV	91	25	69	

Note: [a]P-value: chi-squire. ***P*-value < 0.05

อภิปรายผล

MicroRNAs เป็น RNA โมเลกุลขนาดเล็กที่ไม่ถอดรหัส มีหน้าที่หลักคือควบคุมการแสดงออกของยีน โดยเข้าไปจับกับ mRNA ที่ตำแหน่งคู่สม 3' untranslated region ของ target mRNA ทำให้กระบวนการอ่านรหัสและถอดรหัสจาก mRNA นั้น ๆ ถูกยับยั้ง[12] โดยการเกิดความผันแปรทางพันธุกรรม ชนิด Single Nucleotide Polymorphism (SNPs) ในบริเวณยีนที่ควบคุมการสร้าง microRNA มีผลต่อการแสดงออกของ microRNA ที่อาจส่งผลต่อวัฏจักรเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเกิดมะเร็ง[13] miR-149 มีความสัมพันธ์ต่อกระบวนการเกิดมะเร็งหลายชนิด โดยทำหน้าที่เป็น Oncogene และ Tumor suppressor ขึ้นอยู่กับมะเร็งชนิดนั้น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการยับยั้ง การเพิ่มจำนวน และวัฏจักรเซลล์ โดยจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า miR-149 ทำหน้าที่เป็น Tumor suppressor gene โดยเข้าจับกับยีนเป้าหมาย ZBTB2 ในมะเร็งทางเดินอาหาร[14] และ miR-149 อาจเกี่ยวข้องกับการเพิ่มจำนวน และการแพร่กระจายของเนื้องอกในสมอง(Glioma cell) โดยเข้ายับยั้ง AKT ซึ่งเป็นสัญญาณภายในเซลล์ที่สำคัญเกี่ยวข้องกับการอยู่รอดของเซลล์ การตายของเซลล์ และการซ่อมแซม DNA[15] ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของลำดับเบสบน microRNA อาจส่งผลต่อกระบวนการต่าง ๆ ภายในเซลล์ที่เกี่ยวข้อง และส่งผลต่อกระบวนการเกิดมะเร็ง

จากกลุ่มตัวอย่างผู้ป่วยมะเร็งช่องปากและกลุ่มควบคุมที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในเรื่องของอายุ เพศ สถานะของการสูบบุหรี่ และการดื่มเหล้า ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากลุ่มควบคุมมีปัจจัยทางข้อมูลทั่วไปที่คล้ายคลึงกับผู้ป่วยมะเร็งช่องปาก จึงจัดว่าเป็นกลุ่มควบคุมที่ดี เพราะไม่มีปัจจัยภายนอกมาเกี่ยวข้อง โดยในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาความผันแปรทางพันธุกรรมของยีน miR-149 T>C (rs2292832) ในผู้ป่วยมะเร็งช่องปากในประเทศไทยเปรียบเทียบกับคนปกติ พบว่าไม่มีความแตกต่างในความถี่ของจีโนไทป์ของยีน miR-149 (rs2292832) ระหว่างผู้ป่วยมะเร็งช่องปากและคนปกติ แสดงถึงว่าความผันแปรทางพันธุกรรมของยีน miR-149 (rs2292832) ไม่มีความสัมพันธ์กับความเสี่ยงของการเกิดมะเร็งช่องปาก (OR=1.080 CI=0.644-1.813 p=0.769) และพบว่าความถี่ของ T allele ในคนไทยปกติมีค่าเท่ากับ 0.55 และความถี่ของ C allele ในคนไทยปกติมีค่าเท่ากับ 0.45 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับฐานข้อมูลของคนปกติชาวเอเชีย[16] จากข้อมูลนี้จึงเป็นสาเหตุที่ความผันแปรทางพันธุกรรมของยีน miR-149 (rs2292832) ไม่มีความสัมพันธ์กับความเสี่ยงของการเกิดมะเร็งช่องปาก เนื่องจากความถี่ของ T allele และ C allele มีค่าใกล้เคียงกัน สำหรับความผันแปรทางพันธุกรรมของยีน miR-149 ในมะเร็งอื่น ๆ พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กับความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งในหลาย ๆ ชนิดเช่นกัน ได้แก่ มะเร็งลำไส้ใหญ่[9] และมะเร็งทางเดินอาหาร[17] ในขณะที่ Wang และคณะ(2014) พบว่าความผันแปรทางพันธุกรรมของยีน miR-149 มีความสัมพันธ์กับมะเร็งตับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ[8] โดยผลการศึกษาที่ต่างกันอาจเกี่ยวข้องกับมะเร็งในแต่ละชนิด เชื้อชาติ จำนวนตัวอย่าง และวิธีการทางสถิติที่ต่างกัน นอกจากนี้ จากการศึกษา meta-analysis ล่าสุดของ miR-149 (rs2292832) ส่วนใหญ่ไม่มีความสัมพันธ์กับความเสี่ยงของมะเร็งในทุก ๆ genetic model ซึ่งการทดสอบทางสถิติในงานวิจัย meta-analysis นี้น่าเชื่อถือได้[10]

เมื่อเปรียบเทียบความผันแปรทางพันธุกรรมของยีน miR-149 กับข้อมูลลักษณะทางพยาธิคลินิกพบว่า ความผันแปรทางพันธุกรรมของยีน miR-149 มีความสัมพันธ์กับลักษณะทางพยาธิคลินิก ได้แก่ ความหนาของก้อนมะเร็งที่แสดงถึงการลุกลามของมะเร็งในผู้ป่วยมะเร็งช่องปาก ขนาดของก้อนมะเร็ง(T3+T4) และระยะของการเกิดมะเร็งในระยะที่ 3 และ ระยะที่ 4 รวมไปถึงการแพร่กระจายของมะเร็งไปยังต่อมน้ำเหลือง ที่แสดงถึงการพยากรณ์โรคที่แย่ลงของโรคมะเร็งช่องปาก ในขณะที่ Hsi-Feng Tu และคณะ(2012) พบว่าความผันแปรทางพันธุกรรมของยีน miR-149 มีความสัมพันธ์กับการพยากรณ์โรคที่แย่ลงของผู้ป่วยมะเร็งศีรษะและคอชาวจีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [11] ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยชิ้นนี้

สรุป

จากผลการศึกษางานวิจัยครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าความผันแปรทางพันธุกรรมของยีน miR-149 สามารถพัฒนาเป็น Biomarker เพื่อใช้ในการพยากรณ์โรคที่แย่ลงในผู้ป่วยมะเร็งช่องปากคนไทยได้

เอกสารอ้างอิง

1. สุรเกียรติ อาชานานุภาพ. มะเร็งช่องปาก (Oral cancer). ใน: หนังสือตำราการตรวจรักษาโรคทั่วไป 2; 2553.
2. สถาบันมะเร็งแห่งชาติ. ทะเบียนมะเร็งระดับโรงพยาบาล ปี 2560. วารสารโรคมะเร็ง (Thai cancer journal). 2561.
3. พรพิตรา ประเทศรัตน์. ความหลากหลายทางพันธุกรรมบนยีน miR-149, miR-499 และ miR-101-1 ที่ส่งผลต่อการเกิดมะเร็งตับในผู้ป่วยไทยที่ติดเชื้อไวรัสตับอักเสบบีชนิดเรื้อรัง. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2556. หน้า 1-79
4. Srivastava K, Srivastava A. Comprehensive Review of Genetic Association Studies and Meta-Analyses on miRNA Polymorphisms and Cancer Risk. PloS One 2012; 7(11): e50966. doi: 10.1371/ journal. pone. \ 00509661-7
5. จินต์สุภา มากศรี, ภาคภูมิ พันธุ์ไพโรจน์, โรมรดา วิทยากาญจน์. ความผันแปรทางพันธุกรรมของยีน *MiR-146a* ในผู้ป่วยมะเร็งศีรษะและคอ, ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ชีวการแพทย์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต. 2557.
6. กุลธิดา โรจนวิภาต, รัศมิ์ลภัส ธารารัตนสุวรรณ, สุชาดา มีคะนุช. ความผันแปรทางพันธุกรรมของยีน *MiR-499* ในผู้ป่วยมะเร็งศีรษะและคอ. ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ชีวการแพทย์คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยรังสิต; 2558. ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ชีวการแพทย์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยรังสิต; 2558.
8. Wang R, Zhang J, Ma Y, Chen L, Guo S, Zhang X, et al. Association study of MiR 149(rs2292832) and MiR-608(rs4919510) and the risk of hepatocellular carcinoma in a large- scale population. Mol Med Rep. 2014; 10(5):2736-44. doi: 10.3892/mmr.2014.2536. Epub 2014 Sep 4.
9. Xu L, Tang W. Associations of Polymorphisms in mir-196a2, mir-146a and mir-149 with Colorectal Cancer Risk: A Meta-Analysis. Pathology & Oncology Research. 2016; 22(2): 261–267. doi: 10.1007/ s12253-014-9843-1. Epub 2015 Jul 26. PMID: 26208586.
10. Choupani J, Nariman-Saleh-Fam Z, Saadatian Z, Ouladsahebmadarek E, Masotti A and Bastami M. Association of mir-196a-2 rs11614913 and mir-149 rs2292832 Polymorphisms with Risk of Cancer: An Updated Meta-Analysis. Front. Genet. 2019; 10:186. doi: 10.3389/fgene.2019.00186
11. Hsi-Feng T, Chung-Ji L, Che-Lun C, Pei-Wen W, Shou-Yen K, Cheng-Chieh Y, et al. The association between genetic polymorphism and the processing efficiency of MiR-149 affects the prognosis of patients with head and neck squamous cell carcinoma. Plos one. 2012; 7(12):1-10. e51606. doi: 10.1371/journal.pone.0051606. Epub 2012 Dec 14.
12. สิทธิชัย ปัญญาใส. ไมโครอาร์เอ็นเอ: ชีววิทยาการสร้าง การทำหน้าที่และบทบาทสำคัญในกระบวนการสร้างเซลล์เม็ดเลือดแดง. วารสารเทคนิคการแพทย์และกายภาพบำบัด. 2555; 24(3):237-239.
13. พิมพิชฌา ปัทมสิริวัฒน์. MicroRNA (miRNA): ความสำคัญทางการแพทย์. วารสารเทคนิคการแพทย์. 2557; 42(3):23-27
14. Wang Y, Zheng X, Zhang Z, Zhou J, Zhao G, Yang J, et al. MicroRNA-149 Inhibits Proliferation and Cell Cycle Progression through the Targeting of ZBTB2 in Human Gastric Cancer. PloSone. 2012; 7(10):1-10 e41693. doi: 10.1371/journal.pone.0041693. Epub 2012 Oct 29.
15. Ruey□ Jen L, Lin YC, Yu AL. miR□ 149 induces apoptosis by inhibiting Akt1 and E2F1 in human cancer cells. Molecular carcinogenesis. 2010; 49: 719-727 doi: 10.1002/mc.20647.

16. National library of medicine. DbSNP. [อินเตอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 16 เมษายน 2562]. เข้าถึงได้จาก https://www.ncbi.nlm.nih.gov/snp/rs2292832#frequency.
17. Cimpeanu RA, miR-149 rs2292832 C>T polymorphism and risk of gastric cancer. Rom J Morphol Embryol. 2017; 58(1):125-129.

[HS-O07] การศึกษาประสิทธิภาพการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของผ้าที่มีส่วนประกอบของนาโนซิงค์ออกไซด์

Antimicrobial efficiency of fabric containing nano-zinc oxide

ภิมธิดา ศรีจรูญ และ วรพรรณี เผ่าทองศุข*
Pimthida Sricharoon and Worrapannee Powtongsook
หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล:* Worrapannee2000@gmail.com

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมสิ่งทอได้มุ่งเน้นพัฒนาสิ่งทอที่มีคุณสมบัติพิเศษต่าง ๆ เพื่อให้ผู้ใช้มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งสิ่งทอที่มีประสิทธิภาพในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ งานวิจัยนี้ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวอย่างสิ่งทอ จากบริษัท เพอร์มา คอร์ปอเรชั่น จำกัด (Perma Corporation Co., Ltd.) ที่มีส่วนประกอบของนาโนซิงค์ออกไซด์ในสัดส่วนความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค 5 ชนิด ได้แก่ *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* และ *Candida albicans* ผลการศึกษาด้วยการทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อแบคทีเรียของสิ่งทอด้วยการทดสอบเชิงคุณภาพ โดยวิธี AATCC 147-2012 Parallel method และ JIS L 1902 Halo method-2008 และผลการทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อแบคทีเรียบนสิ่งทอด้วยการทดสอบเชิงปริมาณโดยวิธี AATCC 100-2012 ก่อนการซัก พบว่าตัวอย่างสิ่งทอทุกชนิดไม่สามารถลดจำนวนเชื้อแบคทีเรียได้หลังจากเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง แต่หลังการซัก 5 ครั้ง พบว่า สิ่งทอถักย้อมสำเร็จ ที่ผสมนาโนซิงค์ออกไซด์ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Pseudomonas aeruginosa* ได้ 99.93 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่สิ่งทอที่ไม่มีนาโนซิงค์ออกไซด์ในเส้นใยผ้าเชื้อสามารถเจริญเติบโตได้เพิ่มจำนวนได้ และผลการทดสอบการยับยั้งเชื้อราบนสิ่งทอเชิงคุณภาพ โดยวิธี AATCC 30 part 3-2004 พบว่าตัวอย่างสิ่งทอที่ผสมนาโนซิงค์ออกไซด์ทุกชนิด สามารถยับยั้งการเจริญของยีสต์ *Candida albicans* ได้ งานวิจัยนี้แสดงให้ว่าสามารถนำตัวอย่างสิ่งทอไปพัฒนาเป็นนวัตกรรมสิ่งทอเพื่อใช้ทางการแพทย์หรือผลิตภัณฑ์เครื่องนุ่งห่ม เสื้อผ้า ชุดชั้นใน ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งชนิดที่ทำให้เกิดกลิ่น และก่อโรคได้

คำสำคัญ: *นาโนซิงค์ออกไซด์, สิ่งทอนาโน, ฤทธิ์การต้านเชื้อแบคทีเรียก่อโรคม เชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค, Pseudomonas aeruginosa*

Abstract

Recently, the fabric industry tends to develop specific products with an emphasis on the improvement of life quality. One of the prominent products is the fabric with the antimicrobial property. With this study, antimicrobial activity of fabric sample from Perma corporation Co, Ltd. containing a various density of ZnO nanoparticles against 5 pathogenic bacteria i.e. *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Candida albicans*. was evaluated. The AATCC 147-2012 Parallel method and JIS-L 1902 Halo method-2008 were used for qualitative analysis while the AATCC 100-2012 method was used for quantitative analysis. It was found that there was no antibacterial activity in the new fabric during 24 h test. However, 99.93% inhibition of *Pseudomonas aeruginosa* was detected after 5 times washing of nano-ZnO fabric while no antimicrobial activity was found in control without nano-ZnO. Antifungal activity showed that all types of fabric sample containing of ZnO nanoparticle could inhibit the growth of *Candida albicans*. Results from this research showed that the nano-ZnO fabric could be potentially used for the medical process, general clothing and lingerie products as it can inhibit odor-producing yeast and pathogenic bacteria.

Keywords: *nanozincoxide nanofabrics antibacteria pathogens Pseudomonas aeruginosa*

บทนำ

อุตสาหกรรมสิ่งทอในประเทศไทยได้มีการนำนาโนเทคโนโลยีมาใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ โดยการใช้สารเคมีหรือธาตุที่มีอนุภาคขนาดเล็กที่พัฒนาขึ้น นำมาผสมอยู่ในวัตถุดิบ เช่น เส้นใย เส้นด้าย ทำให้สิ่งทอมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ โดยสารยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย (antibacterial) ในสิ่งทอที่นิยม และไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ ได้แก่ ซิงค์ออกไซด์ (ZnO), เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe2O3), ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO2), ซิลเวอร์ออกไซด์ (AgO), แคลเซียมออกไซด์ (CaO), แมงกานีสออกไซด์ (MgO) และ คอปเปอร์ออกไซด์ (CuO) เป็นต้น[1] ซึ่งสารบางชนิดมีความสามารถในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลต (UV) และบางชนิดมีความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง (photocatalytic) โดยส่งผลให้เกิดการย่อยสลายสิ่งสกปรกซึ่งเป็นอนุภาคสารอินทรีย์ที่มาเกาะติดที่เสื้อผ้าหรือพื้นผิววัสดุต่าง ๆ รวมถึงกำจัดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นเหงื่อ ซึ่งการที่จุลินทรีย์มีการเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็วบนสิ่งทอ ส่งผลให้เกิดการติดเชื้อที่ผิวหนัง หรือบาดแผลได้[2]

การพัฒนาสิ่งทอให้มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ จะสามารถลดการติดเชื้อที่บริเวณผิวหนังได้ โดยมีรายงานวิจัยพบว่า สารประเภทซิงค์ออกไซด์เป็นสารต้านเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่ดี มีกลไกในการออกฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ มีประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยาสูง มีความเสถียรภาพทางเคมี ไม่เป็นพิษต่อมนุษย์ คณะกรรมการอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา (U.S. Food and Drug Administration ได้รับการเห็นชอบว่าปลอดภัย (generally recognized as safe, GRAS)[3] และมีรายงานถึงฤทธิ์การต้านทานเชื้อแบคทีเรียทั้งแกรมบวก และแกรมลบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อ *Staphylococcus aureus* ซึ่งเป็นเชื้อที่ก่อให้เกิดการติดเชื้อที่ผิวหนัง เช่น ฝี หนอง[4] ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจนำตัวอย่างสิ่งทอที่มีส่วนผสมของนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ใช้นวัตกรรมสมัยใหม่ในกระบวนการผลิต ทำให้นาโนซิงค์ออกไซด์ฝังตัวอยู่ในเส้นใยของผ้า โดยไม่ใช้กรรมวิธีการเคลือบ จากบริษัท เพอร์มา คอร์ปอเรชั่น จำกัด (Perma Corporation Co., Ltd.) มาทดสอบความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคชนิดต่าง ๆ ที่เป็นสาเหตุของการติดเชื้อในโรงพยาบาล การติดเชื้อบนผิวหนัง แผลผ่าตัด แผลกดทับ และการติดเชื้อในระบบทางเดินปัสสาวะ รวมถึงการศึกษาปริมาณของพื้นผิวสัมผัสที่แตกต่างกันของนาโนซิงค์ออกไซด์ในโครงสร้างผ้าที่ต่างชนิดกัน เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคชนิดต่าง ๆ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมสิ่งทอสำหรับการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย

A1; ผ้าทอลายซาติน (woven); (cotton: ZnO polyester 55: 45)

A2; ผ้าทอลายซาติน (woven); (cotton: polyester 55: 45)

B1; ผ้าถักถุงกลม (circular knitted fabric); (cotton: ZnO polyester 55: 45)

B2; ผ้าถักถุงกลม (circular knitted fabric); (cotton: polyester 55: 45)

C1; ผ้าถักย้อมสำเร็จ (dyed knitted fabric); (cotton: ZnO polyester 60: 40)

C2; ผ้าถักย้อมสำเร็จ (dyed knitted fabric); (cotton: polyester 60: 40)

นำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที ก่อนทำการทดลอง

2. การทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อแบคทีเรียบนสิ่งทอด้วยการทดสอบเชิงปริมาณ (Quantitative Test) โดยวิธี AATCC 100-2012[5]

ทำการทดสอบกับตัวอย่างสิ่งทอทั้งสิ้น 4 ตัวอย่าง ได้แก่ A1, A2, C1 และ C2 โดยเพาะเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Escherichia coli* TISTR 8739, *Pseudomonas aeruginosa* TISTR 781 และ *Klebsiella pneumoniae* ลงใน Trypticase soy agar (TSA) slant บ่มที่ 35±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการเจือจางเชื้อ และทำการปรับปริมาณเชื้อเริ่มต้นเป็น 10^5 CFU/ml ด้วย normal saline solution และนำตัวอย่างผ้าที่จะนำมาทดสอบ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.8±0.1 เซนติเมตร) ของแต่ละชนิด ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร โดยการวางเรียงซ้อนกัน 4 ชิ้นวงกลม จากนั้นปิเปตต์เชื้อ 1±0.1 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ที่มีผ้า บ่มที่ 35±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ตรวจสอบผลการทดสอบที่ 0 ชั่วโมง และหลังจากการบ่ม 24 ชั่วโมง โดยการเติม normal saline ปริมาตร 100±1 มิลลิลิตร และเขย่า 1 นาที เจือจางเชื้อ และนับจำนวนเชื้อแบคทีเรียด้วยวิธี drop plate โดยใช้อาหารเพาะเชื้อ TSA (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ) แล้วจึงนำมาคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อแบคทีเรีย (% reduction)

3. การทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค หลังจากผ่านการซักทั้งหมด 5 ครั้ง (Finished wash)[6]

ทำการประเมินประสิทธิภาพของสิ่งทอโดยผ่านการซักทั้งหมด 5 ครั้ง ทำการประเมินประสิทธิภาพของสิ่งทอ โดยการทดสอบ เริ่มจากการนำตัวอย่างผ้าทั้งสิ้น 4 ตัวอย่าง ได้แก่ A1, A2, C1 และ C2 (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.8±0.1 เซนติเมตร) ของแต่ละชนิด ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร จากนั้นจึงทำการซัก โดยใส่น้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร ที่ผสมผงซักฟอกชนิดเหลวปริมาตร 1 มิลลิลิตร/ลิตร (เขย่า 200 rpm นาน 15 นาที ที่อุณหภูมิ 49 องศาเซลเซียส) และล้างออกด้วยน้ำกลั่นจนมีค่า pH เป็นกลาง และอบผ้าให้แห้งที่อุณหภูมิ 66 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทำซ้ำจำนวน 5 รอบ ถ่ายเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Escherichia coli* TISTR 8739, *Pseudomonas aeruginosa* TISTR 781 และ *Klebsiella pneumoniae* ที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้น 10^5 CFU/ml และทำการนับปริมาณเชื้อ ตามวิธีการทดสอบเชิงปริมาณ (Quantitative Test) โดยวิธี AATCC 100-2012 เช่นเดียวกับข้อ 2 คำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อแบคทีเรีย (% reduction)

4. การทดสอบการยับยั้งเชื้อราบนสิ่งทอ (Antifungal activity test) เชิงคุณภาพ ดัดแปลงจากวิธี AATCC 30 part 3-2013[7]

ทำการเพาะเชื้อยีสต์ *Candida albicans* บนอาหารเพาะเชื้อ Sabouraud dextrose agar (SDA) ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7-14 วัน จากนั้นถ่ายเชื้อยีสต์ 1 loopful ลงในน้ำกลั่นที่อยู่ในขวดรูปชมพู่ปริมาตร 50±1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน และนำมาใช้เป็นเชื้อเริ่มต้นสำหรับการทดสอบ นำเชื้อยีสต์ที่เตรียมไว้ 1 มิลลิลิตร เกลี่ยเชื้อลงบนผิวหน้าอาหารเพาะเชื้อ SDA ทิ้งไว้ประมาณ 3 - 5 นาที แล้วจึงนำตัวอย่างผ้าชนิด A1, A2, B1, B2, C1 และ C2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.8±0.5 เซนติเมตร วางลงบนผิวหน้าของอาหารเพาะเชื้อ SDA ที่ได้เกลี่ยเชื้อไว้แล้ว จากนั้นปิเปตต์เชื้อปริมาตร 0.2± 0.01 มิลลิลิตร ลงไปที่ด้านบนของผ้า (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ) นำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน เมื่อครบเวลา ตรวจสอบผลการทดสอบโดยบันทึกผล จากลักษณะการเจริญ (observed growth) 3 แบบ ได้แก่

no growth หมายถึง ไม่ปรากฏการเจริญของยีสต์บนอาหารเพาะเชื้อและเกิดโซนการยับยั้งตัวอย่างผ้า

macroscopic growth หมายถึง ปรากฏการเจริญของยีสต์และสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (visible to the eye)

microscopic growth หมายถึง ปรากฏการเจริญของเชื้อยีสต์และไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (visible only under microscope)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อแบคทีเรียบนสิ่งทอด้วยการทดสอบเชิงปริมาณ (Quantitative Test)

ผลการทดสอบ เมื่อเติมเชื้อประมาณ 10^5 cfu/ml (5 log cfu/ml) ลงในผ้าที่ต้องการทดสอบ และทำการนับจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตในเวลา 0 และ 24 ชั่วโมง พบว่าตัวอย่างสิ่งทอ A1 และ A2 ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อทุกชนิด ทำให้นับจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตได้มากกว่า 2.5×10^6 cfu/ml (6.39 log cfu/ml) ในขณะที่ตัวอย่างสิ่งทอ C1 และ C2 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Staphylococcus aureus* ได้ แต่ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อชนิดอื่น ๆ ได้ แสดงผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบเชิงปริมาณของตัวอย่างสิ่งทอ A1, A2, C1 และ C2 ด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Escherichia coli* TISTR 8739, *Pseudomonas aeruginosa* TISTR 781 และ *Klebsiella pneumoniae*

ตัวอย่างสิ่งทอ	เชื้อทดสอบ	Recovered bacteria after 0 h contact time (log cfu/ml)	Recovered bacteria after 24 h contact time (log cfu/ml)	% reduction average
A1	*S. aureus* ATCC 6538	4.76 ± 0.07	> 6.39	0
	E. coli TISTR 8739	5.36 ± 0.01	> 6.39	0
	K. pneumoniae	5.22 ± 0.01	> 6.39	0
	P. aeruginosa TISTR 781	5.24 ± 0.03	> 6.39	0
A2	*S. aureus* ATCC 6538	4.83 ± 0.01	> 6.39	0
	E. coli TISTR 8739	5.35 ± 0.01	> 6.39	0
	K. pneumoniae	5.25 ± 0.01	> 6.39	0
	P. aeruginosa TISTR 781	5.12 ± 0.03	> 6.39	0
C1	*S. aureus* ATCC 6538	4.84 ± 0.04	4.09	78.29
	E. coli TISTR 8739	5.33 ± 0.01	> 6.39	0
	K. pneumoniae	5.34 ± 0.05	> 6.39	0
	P. aeruginosa TISTR 781	5.22 ± 0.04	> 6.39	0
C2	*S. aureus* ATCC 6538	4.86 ± 0.01	3.99	89.42
	E. coli TISTR 8739	5.25 ± 0.03	> 6.39	0
	K. pneumoniae	5.38 ± 0.00	> 6.39	0
	P. aeruginosa TISTR 781	5.12 ± 0.04	> 6.39	0

หมายเหตุ

A1; ผ้าทอลายซาติน (woven) ที่มีการเติม ZnO ; (cotton: ZnO polyester 55:45)

A2; ผ้าทอลายซาติน (woven); (cotton: polyester 55: 45)

C1; ผ้าถักย้อมสำเร็จ (dyed knitted fabric) ที่มีการเติม ZnO; (cotton: ZnO polyester 60:40)

C2; ผ้าถักย้อมสำเร็จ (dyed knitted fabric); (cotton: polyester 60: 40)

2. การทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค หลังจากผ่านการซักทั้งหมด 5 ครั้ง (Finished wash)

ผลการทดสอบ เมื่อเติมเชื้อประมาณ 10^5 cfu/ml (5 log cfu/ml) ลงในผ้าที่ต้องการทดสอบ และทำการนับจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตในเวลา 0 และ 24 ชั่วโมง พบว่าตัวอย่างสิ่งทอ A1, A2, C1 และ C1 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 ได้ แต่ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อชนิดอื่น ๆ ได้ ในขณะที่ตัวอย่างสิ่งทอ C1 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Pseudomonas aeruginosa* TISTR 781 ได้ แสดงผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบเชิงปริมาณของตัวอย่างสิ่งทอ A1, A2, C1 และ C2 หลังจากผ่านการซัก 5 ครั้ง ด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Escherichia coli* TISTR 8739, *Pseudomonas aeruginosa* TISTR 781 และ *Klebsiella pneumoniae*

ตัวอย่างสิ่งทอ	เชื้อทดสอบ	Recovered bacteria after 0 h contact time (log cfu/ml)	Recovered bacteria after 24 h contact time (log cfu/ml)	% reduction average
A1	*S. aureus* ATCC 6538	5.34 ± 0.01	< 2.00	99.95
	E. coli TISTR 8739	5.31 ± 0.04	> 6.39	0
	K. pneumoniae	5.28 ± 0.09	> 6.39	0
	P. aeruginosa TISTR 781	5.20 ± 0.03	> 6.39	0
A2	*S. aureus* ATCC 6538	5.34 ± 0.04	< 3.92	96.38
	E. coli TISTR 8739	5.29 ± 0.08	> 6.39	0
	K. pneumoniae	5.29 ± 0.01	> 6.39	0
	P. aeruginosa TISTR 781	5.18 ± 0.01	> 6.39	0
C1	*S. aureus* ATCC 6538	5.35 ± 0.01	< 2.00	99.95
	E. coli TISTR 8739	5.30 ± 0.09	> 6.39	0
	K. pneumoniae	5.29 ± 0.05	> 6.39	0
	P. aeruginosa TISTR 781	5.19 ± 0.02	< 2.00	99.93
C2	*S. aureus* ATCC 6538	5.33 ± 0.07	< 2.00	99.96
	E. coli TISTR 8739	5.30 ± 0.01	> 6.39	0
	K. pneumoniae	5.28 ± 0.01	> 6.39	0
	P. aeruginosa TISTR 781	5.17 ± 0.01	> 6.39	0

หมายเหตุ

A1; ผ้าทอลายซาติน (woven) ที่มีการเติม ZnO ; (cotton: ZnO polyester 55:45)

A2; ผ้าทอลายซาติน (woven); (cotton: polyester 55: 45)

C1; ผ้าถักย้อมสำเร็จ (dyed knitted fabric) ที่มีการเติม ZnO; (cotton: ZnO polyester 60:40)

C2; ผ้าถักย้อมสำเร็จ (dyed knitted fabric); (cotton: polyester 60: 40)

3. ผลการทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อราบนสิ่งทอด้วยการทดสอบเชิงคุณภาพ (Antifungal activity test)

ผลการทดสอบพบว่า ตัวอย่างสิ่งทอ A1, B1 และ C1 ที่มีส่วนประกอบของนาโนซิงค์ออกไซด์ ไม่ปรากฏการเจริญเติบโตของเชื้อราบนชิ้นตัวอย่าง ซึ่งหมายถึงตัวอย่างสิ่งทอมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา และสำหรับตัวอย่างสิ่งทอ A2, B2 และ C2 มีผลการสังเกตลักษณะการเจริญเติบโตทั้ง 2 แบบ คือ microscopic growth หมายถึง ปรากฏการเจริญเติบโตของเชื้อราบนตัวอย่างสิ่งทอ โดยสามารถสามารถมองเห็นได้ภายใต้กล้องจุลทรรศน์เท่านั้น จะไม่สามารถมองเห็นการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ด้วยตาเปล่า และ macroscopic growth หมายถึง ปรากฏการเจริญเติบโตของเชื้อราบนตัวอย่างสิ่งทอ โดยสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า หมายถึง ไม่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา

โดยสังเกตลักษณะการเจริญเติบโตของเชื้อราบนชิ้นผ้าทดสอบบนอาหารเพาะเชื้อและภาพใต้กล้องจุลทรรศน์ (100X) ได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงการเจริญเติบโตของยีสต์ *Candida albicans* TISTR 5779 บนตัวอย่างสิ่งทอ A1, A2, B1, B2, C1 และ C2

ตัวอย่างสิ่งทอ	**การเจริญเติบโตของ ยีสต์ *Candida albicans* TISTR 5779**	
	macroscopic growth	**microscopic growth (100X)**
A1 = ผ้าทอลายซาติน (woven) (cotton: ZnO polyester 55: 45)	-	-
A2 = ผ้าทอลายซาติน (woven) (cotton: polyester 55: 45)	-	+
B1 = ผ้าถักถุงกลม (circular knitted fabric) (cotton: ZnO polyester 55: 45)	-	-
B2 = ผ้าถักถุงกลม (circular knitted fabric); (cotton: polyester 55: 45)	+	+
C1 = ผ้าถักย้อมสำเร็จ (dyed knitted fabric); (cotton: ZnO polyester 60: 40)	-	-
C2 = ผ้าถักย้อมสำเร็จ (dyed knitted fabric); (cotton: polyester 60: 40)	-	+

หมายเหตุ: หมายเลข 1 หมายถึงผ้าที่มีส่วนผสม ZnO

: หมายเลข 2 หมายถึงผ้าที่ไม่มีส่วนผสม ZnO

: สัญลักษณ์ + หมายถึงการปรากฏการเจริญเติบโตของเชื้อรา

: สัญลักษณ์ - หมายถึงไม่เกิดการปรากฏการเจริญเติบโตของเชื้อรา

สรุป

ผลการทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อแบคทีเรียบนสิ่งทอด้วยการทดสอบเชิงปริมาณ เมื่อวิเคราะห์ผลการทดลองจากค่าเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อแบคทีเรีย (% reduction) พบว่า สิ่งทอชนิด A ซึ่งเป็นสิ่งทอลายซาตินที่ผสมและไม่ผสมนาโนซิงค์ออกไซด์ให้ผลไม่แตกต่างกันในเชิงปริมาณ โดยไม่สามารถลดจำนวนเชื้อแบคทีเรียได้หลังจากเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง ซึ่งนอกจากจะไม่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้แล้ว เชื้อแบคทีเรียยังสามารถเจริญเติบโตในขณะที่อยู่บนเนื้อสิ่งทอได้ ในขณะที่สิ่งทอถักย้อมสำเร็จที่ผสมและไม่ผสมนาโนซิงค์ออกไซด์ให้ผลในการลดจำนวนเชื้อ *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 ได้ จากผลการทดลองทำให้ทราบว่า สิ่งทอถักย้อมสำเร็จนั้นไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก ในขณะที่เชื้อแบคทีเรียแกรมลบสามารถเจริญได้ดี ซึ่งจากผลการทดลองดังกล่าว อาจเกิดมากจากอนุภาคของนาโนซิงค์ออกไซด์ไม่สามารถแพร่ออกมาจากเส้นใยได้ เพราะสิ่งทอที่นำมาทดสอบเป็นสิ่งทอที่ใช้นวัตกรรมในการฝังนาโนซิงค์ออกไซด์เข้าไปรวมอยู่ในเส้นใย และในกระบวนการผลิตสิ่งทอยังมีการเคลือบผิวชั้นนอกด้วยสารที่เป็นน้ำมันหรือสารตกแต่งอื่น ๆ ที่มีผลยับยั้งการแพร่ของนาโนซิงค์ออกไซด์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำตัวอย่างสิ่งทอมาผ่านกระบวนการซักด้วยน้ำร้อน 5 ครั้ง ซึ่งจะสามารถกำจัดสารเคลือบบนสิ่งทอที่มาจากกระบวนการถักทอ และยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้นาโนซิงค์ออกไซด์สามารถแพร่ออกมาจากเส้นใยได้ โดยพบว่าเชื้อ *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 ซึ่งเป็นเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก ไม่สามารถรอดชีวิตได้ในกลุ่มตัวอย่างสิ่งทอทุกตัวอย่างทั้งที่ผสม และไม่ผสมนาโนซิงค์ออกไซด์ ในขณะที่สิ่งทอถักย้อมสำเร็จที่ผสมนาโนซิงค์ออกไซด์ เมื่อผ่านการซัก มีประสิทธิภาพใน

การยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Pseudomonas aeruginosa* TISTR 781 ได้มากกว่า 99.9 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่เมื่อไม่มีนาโนซิงค์ออกไซด์ในเส้นใยผ้า เชื้อจะสามารถเจริญเติบโตได้ดี แต่สารที่เกิดขึ้นอาจมีปริมาณไม่มากพอ ที่จะยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli* TISTR 8739 และ *Klebsiella pneumoniae* ได้ ซึ่งเคยมีรายงานวิจัยพบว่าเชื้อแบคทีเรียแกรมลบมีความทนต่อสารนาโนซิงค์ออกไซด์ได้มากกว่าแบคทีเรียแกรมบวก[8,9,10]

ผลการทดสอบการยับยั้งเชื้อราบนสิ่งทอเชิงคุณภาพ พบว่าตัวอย่างสิ่งทอที่ผสมนาโนซิงค์ออกไซด์ทุกชนิดสามารถยับยั้งการเจริญของยีสต์ *Candida albicans* ได้ ในขณะที่ตัวอย่างสิ่งทอที่ไม่ผสมนาโนซิงค์ออกไซด์ทุกชนิดไม่สามารถยับยั้งการเจริญของยีสต์ *Candida albicans* ได้ แสดงว่านาโนซิงค์ออกไซด์ มีผลต่อการเจริญเติบโตของยีสต์ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยที่ผ่านมา[11]

จากผลการทดลองทั้งหมด แสดงให้เห็นว่า สิ่งทอจะได้รับการกระตุ้นด้วยแสงจากกลไกการยับยั้งการเจริญของเชื้อของนาโนซิงค์ออกไซด์ โดยแสงจะเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการสร้าง reactive oxygenated species (ROS) ได้แก่ superoxide anion, hydroxyl radicle, peroxyl radicle และ hydrogen peroxide ซึ่งจะออกฤทธิ์ทำลายเชื้อโดยมีผลทำลายส่วนของผนังเซลล์และส่วนประกอบภายในเซลล์ เช่นกรดนิวคลิอิก โปรตีน เอนไซม์ เป็นต้น โดยพบว่าจะมีผลยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกได้ดีกว่าเชื้อแบคทีเรียแกรมลบ ซึ่งน่าจะเกิดจากโครงสร้างของผนังเซลล์ที่แตกต่างกันของเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก และเชื้อแบคทีเรียแกรมลบ โดยเชื้อแบคทีเรียแกรมลบจะมีส่วน outer membrane ที่เป็นสารประกอบ lipopolysaccharide ที่เป็นชั้นหนาอยู่ด้านนอก ทำให้เชื้อสามารถทนต่อ ROS ได้ดีกว่าเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก และมีรายงานถึงการปลดปล่อยของ Zn^{2+} จากนาโนซิงค์ออกไซด์ โดย Zn^{2+} จะไปจับกับส่วนของ peptidoglycan เนื่องจากแบคทีเรียแกรมลบที่มี peptidoglycan บางกว่าเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกทำให้มีความไวต่อ Zn^{2+} น้อยกว่าเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก โดย Zn^{2+} จะมีผลไปรบกวนการเจริญของแบคทีเรีย โดยทำให้เชื้อมีระยะ lag phase นานขึ้น และรบกวนปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์ รวมทั้งรบกวนการขนส่งสารเข้าออกจากเซลล์ จึงมีผลทำให้ออกฤทธิ์ยับยั้งการเจริญมากกว่าฆ่าเชื้อ[1] ในทำนองเดียวกันการเกิด ROS ในเซลล์ยีสต์เป็นกลไกหนึ่งที่ไปกระตุ้นทำให้ยีสต์ตายเช่นเดียวกับแบคทีเรีย[11] นอกจากนี้ยังพบว่ากลไกที่สำคัญอีกประการหนึ่งในการทำลายจุลินทรีย์ของนาโนซิงค์ออกไซด์ คืออนุภาคของนาโนซิงค์ออกไซด์ที่มีขนาดเล็กกว่า 10 นาโนเมตร สามารถผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ และเข้าไปสะสมอยู่ในเซลล์ ส่งผลต่อองค์ประกอบของเซลล์รวมทั้งกรดนิวคลิอิก[1]

สิ่งทอที่ใช้กรรมวิธีในการเคลือบสารออกฤทธิ์โดยสารออกฤทธิ์ที่เคลือบบนผิวสิ่งทอ จะหลุดออกมาหลังจากการซักทุกครั้ง และจะลดประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ ต่างจากตัวอย่างสิ่งทอที่นำมาทดสอบในงานวิจัยครั้งนี้ ซึ่งใช้นวัตกรรมในการทำให้นาโนซิงค์ออกไซด์ฝังตัวรวมอยู่ในเส้นใยของสิ่งทอ จึงทำให้ในการซักนาโนซิงค์ออกไซด์จะไม่หลุดออกมาจากเส้นใยและยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของนาโนซิงค์ออกไซด์ในการออกฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ นอกจากนี้นาโนซิงค์ออกไซด์นอกจากจะเป็นสารต้านเชื้อแบคทีเรีย เชื้อราที่ดีมาก มีราคาถูกกว่านาโนซิลเวอร์ ประมาณ 3-5 เท่า และซิงค์ยังเป็นสารที่มนุษย์เราต้องการประมาณวันละ 15 มิลลิกรัม สารนาโนซิงค์ออกไซด์จึงจัดว่าสารที่เป็นมิตรต่อผู้บริโภคกว่าสารอื่น[2] จากคุณสมบัติดังกล่าวผ้าที่มีส่วนผสมของนาโนซิงค์ออกไซด์จึงเหมาะสมกับการนำไปใช้ประโยชน์ทางการแพทย์เช่นใช้เป็นผ้าพันแผล ผ้าปูที่นอน ปลอกหมอนสำหรับผู้ป่วยที่เกิดแผลติดเชื้อ อีกทั้งยังสามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องนุ่งห่ม เสื้อผ้า ชุดชั้นใน ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งชนิดที่ทำให้เกิดกลิ่น และก่อโรคได้

เอกสารอ้างอิง

1. Kumar R, Umai A, Kumar G, Nalwa HS. Antimicrobial properties of ZnO nanomaterials: A review. Ceramics International. 2017;43:3940-3961.
2. สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ. ผ้าต้านแบคทีเรีย (เชื้อรา) [อินเตอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 15 ส.ค. 2561]. เข้าถึงได้จาก: https://www.thaitextile.org/th.

3. Xie Y, He Y, Irwin PL, Jin T, Shi X. Antibacterial activity and mechanism of action of zinc oxide nanoparticle against *Campylobacter jejuni*. Applied and Environmental Microbiology. 2001;2325-2331.
4. Jones N, Ray B, Ranjit KT, Manna AC. Antibacterial activity of ZnO nanoparticle suspensions on a broad spectrum of microorganisms. FEMS Microbiology Letters. 2008;279:71-76
5. AATCC Test Method 100-2012. Antibacterial activity assessment of textile materials. American association of textile chemist and colorist. AATCC technical manual 2013:166-167.
6. Pinho E, Magalhaes L, Henriques M, Oliveira R. Antimicrobial activity assessment of textiles: standard methods comparison. Annals of Microbiology. 2011;61:493-498.
7. AATCC Test Method 30-2013. Antifungal Activity, Assessment on Textile Materials: Mildew and Rot Resistance of Textile Materials. American association of textile chemist and colorist, AATCC technical manual 2014:98-100.
8. Jain A, Bhargava R, Podda P. Probing interaction of Gram-positive and Gram-negative bacterial cells with ZnO nanorods. Materials Science and Engineering. 2013;33;1247-1253.
9. Alekish M, Ismail ZB, Albiss B, Nawasrah S. In vitro antibacterial effects of zinc oxide nanoparticles on multiple drug-resistant strains of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*: An alternative approach for antibacterial therapy of mastitis in sheep. Veterinary World. 2018:11(10):1428–1432.
10. Yusof NAA, Zain NM, Pauzi N. Synthesis of ZnO nanoparticles with chitosan as stabilizing agent and their antibacterial properties against Gram-positive and Gram-negative bacteria. International Journal of Biological Macromolecules. 2019;124:1132-1136.
11. Ficociello G, De Caris MG, Trillò G, Cavallini D, Sarto MS, Uccelletti D, Mancini P. Anti-Candidal Activity and In Vitro Cytotoxicity Assessment of Graphene Nanoplatelets Decorated with Zinc Oxide Nanorods. Nanomaterials. 2018;8:752

[HS-O08] การศึกษาลักษณะทางพยาธิสภาพและความหนาของผนังหลอดเลือดแดง common carotid, brachial และ femoral จากร่างอาจารย์ใหญ่

Study of pathological characteristics and the thickness of common carotid, brachial and femoral arterial walls from the embalmed cadavers

กฤตญาวีร์ มากนุ้ย, วรรณภา ฉัตรกระโทก, กาญจนาวดี บุญกระจาย, รุ่งทิวา จิระเกษมนุกูล,
วัลวิภา เสืออุดม, และ ระพีพันธุ์ ศิริเดช*

Krittayawi Maknui, Wannapa Chatkratok, Kanchanawadee Boonkrajai, Rungtiva Jirakasemnukul,
Wanvipa Sueudom, and Rapipan Siridet*

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การแพทย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

Division of Medical Science, Faculty of Science and Technology, Huachiew Chalermprakiet University

**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: lj_psr@hotmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาหลอดเลือดแดง common carotid, brachial และ femoral จากร่างอาจารย์ใหญ่ จำนวน 10 ร่าง อายุ 52 -101 ปี โดยศึกษาลักษณะพยาธิสภาพของหลอดเลือดจากการย้อม Hematoxylin and Eosin และศึกษาความหนาของผนังหลอดเลือดจากการย้อม Verhoeff Elastic Stain ทำการวัดความหนาของผนังหลอดเลือดด้วยโปรแกรม Image J และวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม GraphPad Prism พบว่า มีการเกิดพยาธิสภาพภายในผนังหลอดเลือดทั้ง 3 หลอดเลือด มีลักษณะดังนี้คือ atherosclerotic plaque, calcification, cholesterol cleft และ fibrous cap และผลจากการวัดความหนาของผนังหลอดเลือดจากการย้อม Verhoeff Elastic Stain พบว่าส่วนใหญ่ผนังชั้น tunica intima และ tunica media ของทั้ง 3 หลอดเลือด มีความหนามากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม control อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่จากการเปรียบเทียบความหนาของผนังหลอดเลือดทั้ง 3 หลอดเลือดระหว่างเพศชายและเพศหญิงพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าอายุตั้งแต่ 50 ปีขึ้นไปทั้งเพศชายและเพศหญิง พบการเกิดพยาธิสภาพได้ภายในผนังหลอดเลือด โดยลักษณะพยาธิสภาพที่พบส่วนใหญ่ คือ atherosclerotic plaque และผนังหลอดเลือดหนาตัว ซึ่งลักษณะดังกล่าวถือเป็นสาเหตุส่วนใหญ่ของโรคหัวใจและหลอดเลือด (cardiovascular disease)

คำสำคัญ: *Common carotid artery, Brachial artery, Femorol artery, Pathology, Thickness*

Abstract

This research was to study the pathological of common carotid artery, brachial artery and femoral artery in 10 embalmed cadavers, ranging from 52 to 101 years. Histology slides were made the following standard protocol, with Hematoxylin and Eosin and studied the thickness of the arterial wall from Verhoeff Elastic Stain and measured by using Image J and analyzed by GraphPad Prism. The histopathological characteristics of common carotid, femoral and brachial artery were studied. This study showed the presence of atherosclerotic plaque, calcification, cholesterol cleft and fibrous cap in all arteries. The thickness of arterial wall of three arteries were thicker than normal control in statistically significant ($p<0.05$), but no significant difference in a vessel thickness between male and female. From this study found that the most arterial wall of 50 male and female cadavers in the age of 50 year-old and above had pathological characteristics in atherosclerotic plaque and other abnormalities of arterial wall. These pathologic changes are considered to be the most common cause of cardiovascular disease.

Keywords: *Common carotid artery, Brachial artery, Femoral artery, Pathology, Thickness*

บทนำ

สถานการณ์ปัจจุบันโรคหัวใจและหลอดเลือดยังเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ประชากรไทยเสียชีวิตในอันดับต้นๆ จากสถิติองค์กรอนามัยโลกปี พ.ศ.2555 พบว่ามีผู้เสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดหัวใจ 7.4 ล้านคน จากข้อมูลของกระทรวงสาธารณสุข ในช่วงปี พ.ศ.2555 - 2558 พบว่ามีอัตราการเสียชีวิตด้วยโรคหลอดเลือดหัวใจต่อประชากร 100,000 คนมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น พบอัตราการตายเท่ากับ 22.88 ต่อแสนประชากร หรือเท่ากับ 18,922 คน เฉลี่ยชั่วโมงละ 2 คน[1] และในช่วงปี พ.ศ.2557 - 2559 พบว่าอัตราการตายด้วยโรคหลอดเลือดสมองต่อประชากร 100,000 คนมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เท่ากับ 38.63, 43.28 และ 43.54 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า อัตราการเสียชีวิตด้วยโรคหลอดเลือดสมองนั้นเพิ่มขึ้นทุกปี คิดเป็นอันดับ 2 ในเพศชาย และเป็นอันดับ 1 ในเพศหญิง[2]

หลอดเลือดประกอบไปด้วยผนัง 3 ชั้นด้วยกัน คือ ชั้นในสุด (Tunica intima), ชั้นกลาง (Tunica media) และ ชั้นนอกสุด (Tunica adventitia) [3] ซึ่งการเกิดโรคหลอดเลือดอุดตันมักเกิดความผิดปกติที่บริเวณผนังชั้นในสุดและชั้นกลาง[4] โดยพบว่าเกิดจากมีการสะสมไขมันภายในเซลล์ มีแคลเซียมมาสะสม ทำให้ plaque เพิ่มขนาด จนผนังของหลอดเลือดแดงตีบแคบลง ซึ่งปัจจัยบางประการที่ทำให้เกิดโรคหลอดเลือดอุดตัน ได้แก่ อายุ เพศ พฤติกรรมการรับประทานอาหาร ความเครียด การออกกำลังกาย การมีบุคคลในครอบครัวเป็นโรคหัวใจและหลอดเลือด โรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง การสูบบุหรี่ รวมทั้งภาวะหมดประจำเดือน[5]

จากสถานการณ์ดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าโรคหัวใจและหลอดเลือดเป็นภัยที่กำลังคุกคามประชากรทั่วโลกรวมถึงประเทศไทย ทั้งนี้เพราะโรคหัวใจและหลอดเลือดเป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับต้นๆ และยังเป็นโรคที่สามารถเกิดได้กับประชากรทุกเพศทุกวัย มีการศึกษาก่อนหน้านี้ถึงการเกิดพยาธิสภาพของหลอดเลือดภายในร่างกายอย่างแพร่หลาย แต่ทั้งนี้ในประเทศไทยยังมีข้อมูลการศึกษาลักษณะความผิดปกติของผนังหลอดเลือดภายใต้กล้องจุลทรรศน์ไม่มากนัก จึงเป็นที่มาของการศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางพยาธิสภาพและความหนาของหลอดเลือดแดงจากร่างอาจารย์ใหญ่ ประกอบไปด้วย common carotid artery, brachial artery และ femoral artery ด้วยวิธีการย้อม Hematoxylin and Eosin และ Verhoeff Elastic stain เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาไปประยุกต์ใช้ในด้านการแพทย์และสาธารณสุข เพื่อพยากรณ์การเกิดโรคเกี่ยวกับหลอดเลือดและสามารถวางแผนป้องกันได้ และสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในด้านการเรียนการสอน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมชิ้นเนื้อ (Tissue preparation)

เก็บตัวอย่างหลอดเลือดจากร่างอาจารย์ใหญ่ทั้ง 10 ร่าง ที่ผ่านการดองด้วย formalin แบ่งออกเป็นเพศชาย 6 ร่าง เพศหญิง 4 ร่าง โดยใช้มีดผ่าตัด (Scalpel) ผ่าตัดหลอดเลือดทั้ง 3 ส่วน ได้แก่ common carotid artery, brachial artery และ femoral artery ทั้งด้านซ้ายและด้านขวา ดังนี้

1. หลอดเลือด common carotid เริ่มเก็บตั้งแต่บริเวณจุดที่แตกออกเป็น internal และ external carotid artery ยาวลงมา 6 เซนติเมตร

2. หลอดเลือด brachial เริ่มเก็บตั้งแต่บริเวณข้อพับที่แตกแขนงออกเป็น ulnar และ radial artery ขึ้นมา 5 เซนติเมตร

3. หลอดเลือด femoral เริ่มเก็บตั้งแต่บริเวณ inguinal ligament ยาวลงมาจนถึงจุดที่แตกออกเป็น deep femoral arteries และ superficial femoral arteries

2. การเตรียมชิ้นเนื้อด้วยน้ำยาเคมี (Tissue Processing)

นำหลอดเลือดทั้ง 3 หลอดเลือด ที่ตัดออกจากร่างอาจารย์ใหญ่ไปผ่านกระบวนการ tissue processing โดยประกอบไปด้วยขั้นตอน ต่อไปนี้

1. Dehydration โดยใช้ ethyl alcohol จากความเข้มข้นต่ำไปสูง ได้แก่ 70% ethyl alcohol, 80% ethyl alcohol, 90% ethyl alcohol, 95% ethyl alcohol, absolute I และ absolute II อย่างละ 30 นาที

2. Clearing โดยใช้ xylene I และ xylene II อย่างละ 30 นาที
3. Infiltration โดยใช้ paraplast I และ paraplast II อย่างละ 30 นาที

3. การฝังชิ้นเนื้อลงพาราฟินเหลว (Embedding)

ขั้นตอนการนำตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการต่างๆที่กล่าวมาข้างต้นฝังลงใน embedding media ที่เหลว เช่น paraffin, paraplast โดยใช้แม่พิมพ์ (Mold) หล่อให้เป็น block

4. การตัดบล็อกชิ้นเนื้อ (Sectioning)

การตัดตัวอย่างชิ้นเนื้อที่ฝังอยู่ในบล็อกพาพราฟินด้วยเครื่องตัดชิ้นเนื้อ (Microtome)

5. การย้อมสี Hematoxylin and Eosin (H&E)

1. นำสไลด์จุ่มลงไปใน xylene I, xylene II, xylene III ครั้งละ 5 นาที
2. ล้าง xylene ออกใน absolute alcohol โดยการจุ่มแช่ลงไป 10 วินาที
3. นำสไลด์จุ่มลงไปใน 95% ethyl alcohol เป็นเวลา 10 วินาที
4. นำไปล้างในน้ำประปาโดยให้น้ำไหลผ่านตลอดเวลาเป็นเวลา 10 วินาที
5. ย้อมนิวเคลียสด้วย Hematoxylin เป็นเวลา 5 นาที
6. นำไปล้างในน้ำประปาโดยให้น้ำไหลผ่านตลอดเวลาเป็นเวลา 3 นาที
7. จุ่มลงใน 1% acid alcohol 3 ครั้ง โดยการจุ่มขึ้นลง
8. นำไปล้างในน้ำประปาโดยให้น้ำไหลผ่านตลอดเวลาเป็นเวลา 2 นาที
9. จุ่มลงใน ammonia water เป็นเวลา 5 นาที
10. นำไปล้างในน้ำประปาโดยให้น้ำไหลผ่านตลอดเวลาเป็นเวลา 2 นาที
11. ย้อมไซโตพลาสซึมด้วย Eosin 1 นาที
12. ปรับสี Eosin ด้วย 95% ethyl alcohol I, 95% ethyl alcohol II โดยการจุ่มขึ้นลงอย่างละ 10 ครั้ง
13. Dehydrate ใน absolute alcohol I, absolute alcohol II โดยการจุ่มขึ้นลงอย่างละ10 ครั้ง
14. Clearing ด้วย xylene I, xylene II และ xylene III โดยการจุ่มลงไปอย่างละ 1 นาที
15. นำสไลด์มา mount ด้วย permount และปิดด้วย cover glass

6. การย้อมสี Verhoeff Elastic Stain (VES)

1. นำสไลด์จุ่มลงไปใน xylene I, xylene II, xylene III ครั้งละ 5 นาที
2. ครั้งละเวลา 5 นาที
3. ล้าง xylene ออกใน absolute alcohol โดยการจุ่มแช่ลงไป 5 นาที
4. นำสไลด์จุ่มลงไปใน 95% ethyl alcohol เป็นเวลา 5 นาที
5. นำไปล้างในน้ำประปาโดยให้น้ำไหลผ่านตลอดเวลาเป็นเวลา 2 นาที
6. ย้อมด้วย Verhoeff’s solution นาน 10 นาที
7. จุ่มล้างในน้ำประปา 3 นาที
8. Differentiate ด้วยการล้างสไลด์ด้วยน้ำประปาแล้วส่องดู elastic fiber ควรมีสีดำ และ background มีสีเทา ถ้าไม่ได้ผลดังกล่าวให้ differentiate ด้วย 2% ferric chloride อีกครั้ง
9. ล้างด้วยน้ำประปา
10. Counterstain ด้วย Eosin เป็นเวลา 30 วินาที
11. Dehydrate ใน absolute alcohol I, absolute alcohol II โดยการจุ่มลงไป ครั้งละ 2 นาที
12. Clearing ด้วย xylene I, xylene II และ xylene III โดยการจุ่มลงไป ครั้งละ 3 นาที
13. นำสไลด์มา mount ด้วย permount และปิดด้วย cover glass

7. การเก็บรวบรวม และการวิเคราะห์ข้อมูล

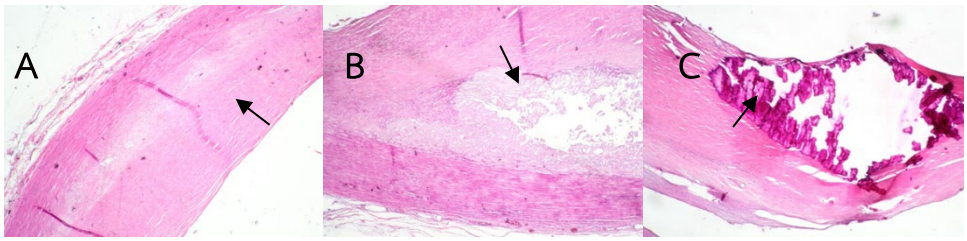
จากการย้อม Hematoxylin and Eosin (H&E) ทำการศึกษาลักษณะพยาธิสภาพของหลอดเลือดจากอาจารย์ใหญ่แต่ละร่าง โดยนำสไลด์มาศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Light microscope) โดยตรวจสอบลักษณะต่างๆ ขององค์ประกอบของหลอดเลือดที่กำลังขยาย 10X และ 40X ตามลำดับ

จากการย้อม Verhoeff Elastic Stain (VES) ทำการวัดความหนาของผนังหลอดเลือดตั้งแต่ชั้น tunica intima จนถึงชั้น tunica media ด้วยโปรแกรม Image J และข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติด้วย One-way ANOVA และทดสอบความแตกต่างระหว่างตัวอย่างด้วย Tukey's multiple comparisons test ด้วยโปรแกรม GraphPad Prism

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลจากการศึกษาลักษณะทางพยาธิสภาพของหลอดเลือดจากการย้อม Hematoxylin and Eosin

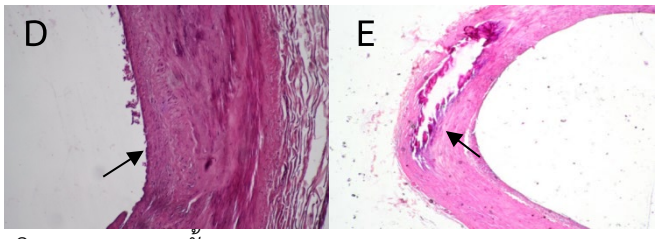
1.1 ลักษณะทางพยาธิสภาพที่พบภายในหลอดเลือด common carotid มีลักษณะดังต่อไปนี้



ภาพ B แสดงการเกิด cholesterol cleft ที่ชั้น tunica intima และ tunica media

ภาพ C แสดงการเกิด calcification plaque ที่ชั้น tunica intima

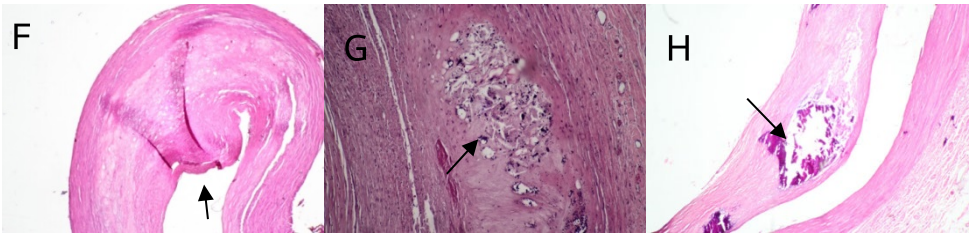
1.2 ลักษณะทางพยาธิสภาพที่พบภายในหลอดเลือด brachial มีลักษณะดังต่อไปนี้



ภาพ D แสดงการเกิด fibrous cap ชั้น tunica intima

ภาพ E แสดงการเกิด calcification plaque ที่ชั้น tunica intima

1.3 ลักษณะทางพยาธิสภาพที่พบภายในหลอดเลือด femoral มีลักษณะดังต่อไปนี้



ภาพ F แสดงการเกิด fibrous cap ที่ชั้น tunica intima

ภาพ G แสดงการเกิด cholesterol cleft ที่ชั้น tunica intima และ tunica media

ภาพ H แสดงการเกิด calcification plaque ที่ชั้น tunica intima

ผลจากการศึกษาลักษณะทางพยาธิสภาพของหลอดเลือดภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยการย้อมพื้นฐาน Hematoxylin and Eosin จากร่างอาจารย์ใหญ่ทั้ง 10 ร่าง พบการเกิด atherosclerotic plaque, calcification, cholesterol cleft และ fibrous cap ของหลอดเลือด common carotid, brachial และ femoral

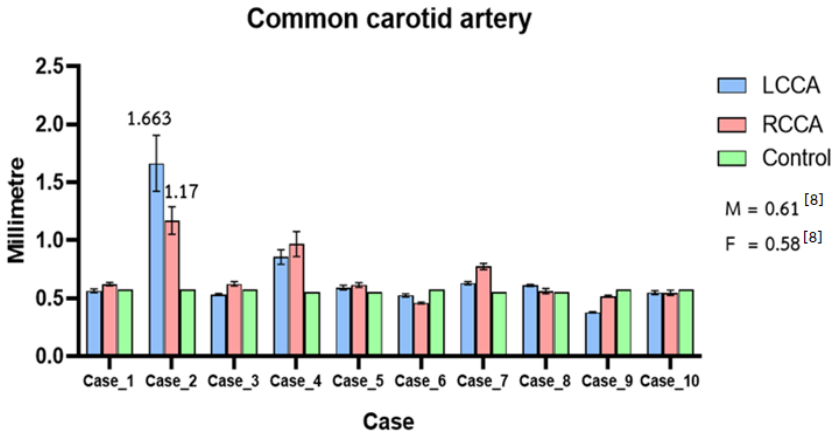
จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าอาจารย์ใหญ่มีอายุอยู่ในช่วงระหว่าง 52-101 ปี โดยมีอายุเฉลี่ยอยู่ที่ 69.5 ปี ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Soren Dalager (2015) ที่ศึกษาผลกระทบต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด โดยทำการตรวจสอบที่หลอดเลือด common carotid เปรียบเทียบระหว่างอายุ ซึ่งพบว่ามีการเกิด atherosclerotic plaques เกาะตามบริเวณผนังหลอดเลือดของผู้ป่วยที่มีอายุ 50 ปีขึ้นไป ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอายุที่มากขึ้นเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด[6]

จากการศึกษาการเกิดพยาธิสภาพ ในหลอดเลือดอาจารย์ใหญ่ โดยทำการวิเคราะห์อาจารย์ใหญ่จำนวน 10 ร่าง อายุ 50 ปีขึ้นไป ทำการตรวจสอบประเมินความผิดปกติ พบว่ามีการตรวจพบ calcification, cholesterol cleft ได้ในทั้งเพศหญิง และเพศชาย และพบการหนาตัวผิดปกติของผนังหลอดเลือดในชั้น tunica intima และ tunica media ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Negin Abedinzadeh (2015) ที่ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงทางจุลพยาธิของโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ โดยทำการตรวจสอบจากศพของผู้ป่วย อายุ 50 ปีขึ้นไป พบการเกิด atherosclerosis ซึ่งเกิดจากการเกาะตัวของคอเลสเตอรอลในผนังหลอดเลือดชั้น tunica intima และมีการสะสมของไขมันจนผนังหนาตัวขึ้น เกิดการแข็งตัวและตีบตันของหลอดเลือด ซึ่งพบได้ทั้งในเพศหญิงและเพศชาย[7]

จากการพบการหนาตัวของผนังชั้น tunica intima ซึ่งเกิดจาก มีการสร้างไนตริกออกไซด์ลดลง ส่งผลให้เซลล์กล้ามเนื้อเรียบที่อยู่ในสภาวะปกติ (Quiescent state) กลายเป็นสภาวะที่ถูกกระตุ้น (Synthetic state) ทำให้เซลล์กล้ามเนื้อเรียบมีการเพิ่มจำนวนและการเคลื่อนที่ (Smooth muscle cells proliferation and migration) ไปยังผนังหลอดเลือดชั้นในสุด ทำให้เกิดการหนาตัวของผนังหลอดเลือดและปิดกั้นทางเดินเลือด[7]

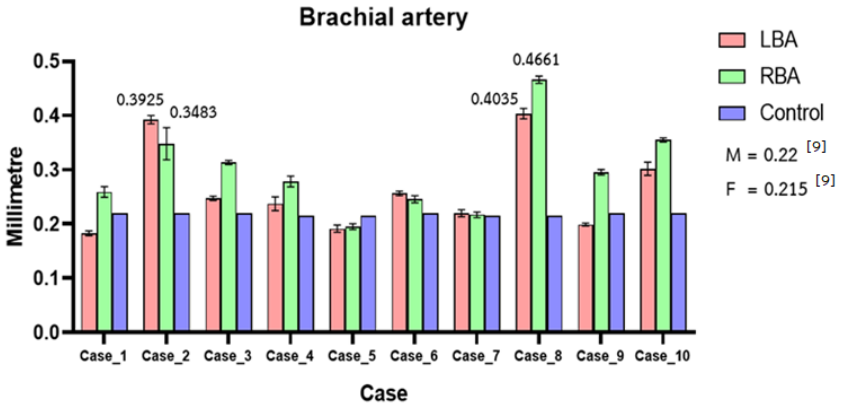
2. ผลจากการศึกษาความหนาของผนังหลอดเลือดจากการย้อม Verhoeff Elastic Stain และทำการวัดความหนาของผนังหลอดเลือดด้วยโปรแกรม Image J

จากการวัดความหนาของผนังหลอดเลือดชั้น tunica intima และ tunica media ด้วยโปรแกรม Image J พบว่า ผนังหลอดเลือดจากร่างอาจารย์ใหญ่ ส่วนใหญ่มีความหนามากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความหนาปกติ แสดงผลดังกราฟต่อไปนี้



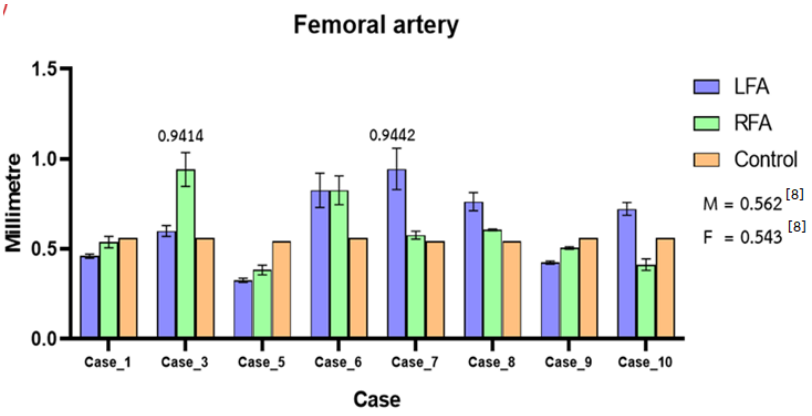
กราฟที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบความหนาของผนังหลอดเลือด common carotid จากร่างอาจารย์ใหญ่แต่ละร่าง กับ control

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า อาจารย์ใหญ่ร่างที่ 2 มีความหนาของผนังหลอดเลือด common carotid (ซ้าย 1.663 mm., ขวา 1.17 mm.) สูงที่สุดเมื่อเทียบกับอาจารย์ใหญ่ร่างอื่นๆ และมีค่าความหนามากว่า control อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



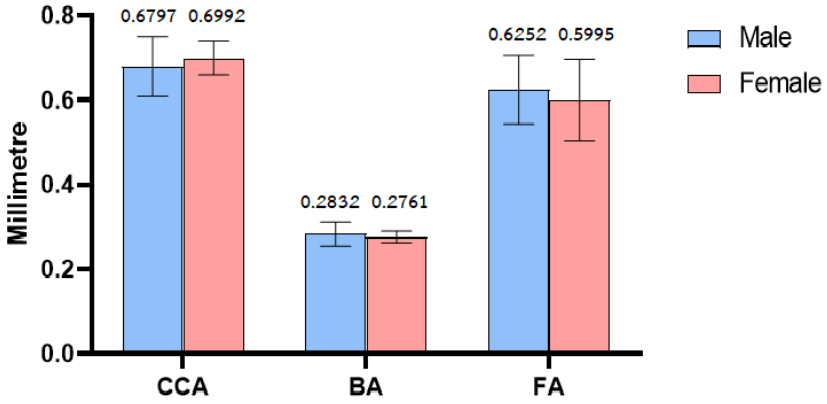
กราฟที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบความหนาของผนังหลอดเลือด brachial จากร่างอาจารย์ใหญ่แต่ละร่าง กับ control

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า อาจารย์ใหญ่ร่างที่ 2 (ซ้าย 0.3925 mm., ขวา 0.3483 mm.) และร่างที่ 8 (ซ้าย 0.4035 mm., ขวา 0.4661 mm.) มีความหนาของผนังหลอดเลือด brachial สูงที่สุดเทียบกับ control อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



กราฟที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบความหนาของผนังหลอดเลือด femoral จากร่างอาจารย์ใหญ่แต่ละร่าง กับ control

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า อาจารย์ใหญ่ร่างที่ 3 (ขวา 0.9414 mm.) มีความหนาของผนังหลอดเลือด femoral ข้างขวาสูงที่สุดเทียบกับ control และอาจารย์ใหญ่ร่างอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และยังพบว่าอาจารย์ใหญ่ร่างที่ 7 (ซ้าย 0.9442 mm.) มีความหนาของหลอดเลือด femoral ข้างซ้ายสูงที่สุดเมื่อเทียบกับ control



กราฟที่ 4 แสดงความหนาของผนังหลอดเลือดจากร่างอาจารย์ใหญ่โดยเปรียบเทียบระหว่างเพศชายและเพศหญิง

จากกราฟแสดงให้เห็นว่า จากการเปรียบเทียบความหนาของผนังหลอดเลือดในแต่ละเส้นโดยแยกเพศ พบว่า หลอดเลือด common carotid ในเพศชายมีความหนาของผนังหลอดเลือด 0.6791 mm. เพศหญิงมีความหนาของผนังหลอดเลือด 0.6992

mm., หลอดเลือด brachial ในเพศชายมีความหนาของผนังหลอดเลือด 0.2832 mm. เพศหญิงมีความหนาของผนังหลอดเลือด 0.2761 mm. และ หลอดเลือด femoral ในเพศชายมีความหนาของผนังหลอดเลือด 0.6252 mm. เพศหญิงมีความหนาของผนังหลอดเลือด 0.5995 mm. เมื่อเปรียบเทียบความหนาของผนังหลอดเลือดในแต่ละเส้นโดยแยกเพศ พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

จากการวัดความหนาผนังหลอดเลือดด้วยโปรแกรม Image J และการวิเคราะห์ทางสถิติ พบความหนาของผนังหลอดเลือด ซึ่งเป็นความผิดปกติจำนวน 7 ร่าง ซึ่งตรงกับการดูพยาธิสภาพภายใต้กล้องจุลทรรศน์จากการย้อม Hematoxylin and Eosin ที่พบ calcification plaque ซึ่งเกิดจากการตกผลึกและสะสมแคลเซียมในผนังหลอดเลือด สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Armelle Meershoek (2016) ที่วัดความหนาของผนังหลอดเลือด และตรวดวัดระดับแคลเซียมในหลอดเลือดเพื่อประเมินความสัมพันธ์ของการเกิด atherosclerosis จากการทำ Intima Media thickness และวัดค่า calcium score ซึ่งได้ผลว่าเมื่อหลอดเลือดมีความหนาของผนังมากขึ้นก็จะมีการสะสมของแคลเซียมที่เพิ่มมากขึ้นด้วย[10]

สรุป

จากการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นลักษณะทางพยาธิสภาพภายในหลอดเลือดทั้ง 3 หลอดเลือด มีลักษณะดังนี้ คือ atherosclerotic plaque, calcification, cholesterol cleft และ fibrous cap ซึ่งผลดังกล่าวพบในผู้ที่มีอายุระหว่าง 52 – 101 ปี จึงกล่าวได้ว่าอายุตั้งแต่ 50 ปีขึ้นไปมีโอกาสพบความผิดปกติของผนังหลอดเลือดได้ ทั้งในเพศชายและเพศหญิง

เอกสารอ้างอิง

1. กลุ่มพัฒนาระบบสาธารณสุข, สำนักงานโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค. ประเด็นสารรณรงค์วันอัมพาตโลก ปี 2559 [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 สิงหาคม 2561]. เข้าถึงไดจาก: https://bit.ly/2EMo5qK.
2. อุมาพร แซ่กอ และชนกพร จิตปัญญา. การศึกษาความตระหนักรู้เกี่ยวกับโรคหลอดเลือดสมองของผู้ป่วยกลุ่มเสี่ยงในเขตกรุงเทพมหานคร : วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์. 2557.
3. บังอร ฉางทรัพย์, ภาสินี สงวนสิทธิ์, สำอาง วณิชชาพลอย. กายวิภาคศาสตร์เชิงระบบ (Systemic anatomy) เล่ม 2. เอกสารประกอบการสอน วิชา กายวิภาคศาสตร์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ; 2552.
4. Abedinzadeh N, Pedram B, Sadeghian Y, Nodushan SM, Gilasgar M, Darvish M, et al. A histopathological analysis of the epidemiology of coronary atherosclerosis: an autopsy study. Diagnostic Pathology 2015; 10:87.
5. สุรจิต สุนธรรม และคณะ. รายงานโครงการปรับปรุงแนวทางเวชปฏิบัติอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ แนวทางการตรวจและการสร้างเสริมสุขภาะในประเทศไทย; 2552.
6. Dalager S, Paaske WP, Kristensen IB, Laurberg JM, Falk E. Artery-Related Differences in Atherosclerosis Expression Implications for Atherogenesis and Dynamics in Intima-Media Thickness. 2016; 2698-2705.
7. รุ่งรัตน์ นิลธเสน. ไนตริกออกไซด์กับโรคหลอดเลือดตีบแข็ง. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2559;71-79.
8. Godoi ET, Brandt CT, Lacerda HR, Godoi JT, Oliveira DC, Costa GF, et al. Intima-Media Thickness in the Carotid and Femoral Arteries for Detection of Arteriosclerosis in Human Immunodeficiency Virus-Positive Individuals. 2017; 108(1): 3–11.
9. Waseem AlT, Dereje GR, Roger S. Morphological feature of brachial artery and its clinical significance. J Morphological Sci. 2015; 129-134.

10. Meershoek A, van Dijk RA, Verhage S, Hamming JF, van den Bogaerdt AJ, Bogers AJ, et al. Histological evaluation disqualifies IMT and calcification scores as surrogates for grading coronary and aortic atherosclerosis. International Journal of Cardiology. 2016; 328–334.

[HS-O09] การศึกษาลักษณะทางจุลกายวิภาคของหลอดเลือด vertebral จากร่างอาจารย์ใหญ่

Histological Study of Vertebral Artery in Embalmed Cadavers

เกษกนกวรรณ เกสรจรุง*, วราภรณ์ ตาแสง, กานดา แน่นหนา, อภิษฎา นุ้ยเมือง, และ ภาสินี สงวนสิทธิ์
Ketkanokwan Kesornjarung*, Waraporn tasang, Kanda naenna, Apisada nuimuang, and Pasinee sanguansit
ภาควิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: Kedyuy2008@hotmail.com*

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อศึกษาโครงสร้างของ vertebral artery จากร่างอาจารย์ใหญ่และเพื่อเปรียบเทียบ vertebral artery ข้างซ้ายและข้างขวา นำ prevertebral segments (V1) และcervical segments (V2) จากร่างอาจารย์ใหญ่ 8 ร่างที่อายุอยู่ในช่วง 52 ถึง 101 ปี มาตัดตามแนวขวาง จากนั้นนำมาเข้ากระบวนการเตรียมชิ้นเนื้อและย้อมด้วย Hematoxylin and Eosin สไลด์ที่ย้อมของ prevertebral segment (V1) พบ plaque 3 ร่าง และพบความผิดปกติของความหนาผนังชั้น tunica media 4 ร่าง และพบความผิดปกติของความหนาของผนังหลอดเลือดชั้น tunica intima 2 ร่าง ส่วน cervical segment (V2) พบ plaque 3 ร่าง พบความผิดปกติของความหนาผนังหลอดเลือดชั้น tunica media 5 ร่าง และพบความผิดปกติของความหนาผนังหลอดเลือดชั้น tunica intima 1 ร่าง สไลด์ที่ย้อมด้วย Verhoeff's elastic stain ศึกษาและวิเคราะห์ความหนาของชั้นผนังหลอดเลือดด้วยโปรแกรม Image J. โดยพบว่าความหนาที่ผิดปกติของชั้น tunica intima และ tunica media ทั้งข้างซ้ายและข้างขวาของ V1 และมีค่าเฉลี่ยความหนาของชั้นผนังหลอดเลือดคือ 0.113 มิลลิเมตร และ 0.111 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนความหนาของผนังหลอดเลือดข้างซ้ายและขวาของ V2 มีค่าเฉลี่ยคือ 0.115 มิลลิเมตร และ 0.103 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยค่าความหนาที่ปกติควรจะมีค่าเท่ากับ 0.04 มิลลิเมตร ตามข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าความหนาของหลอดเลือดไม่แตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value<0.05) ข้อมูลของการศึกษานี้สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพยากรณ์โรค

คำสำคัญ: *vertebral artery, ความหนาของผนังหลอดเลือด, ร่างอาจารย์ใหญ่, กระบวนการเตรียมชิ้นเนื้อ*

Abstract

The objective of the study was to study the structure of the vertebral arteries from embalmed cadavers and to compare left and right vertebral arteries. Transverse section of prevertebral segments (V1) and cervical segments (V2) of vertebral arteries were studied from 8 embalmed cadavers whose age ranging between 52-101 year-old. Transverse section of each segment was histologically processed and stained with Hematoxylin and Eosin. Stained slides of the prevertebral segment (V) results found a plaque in 3 cases, the abnormal wall thickness of tunica media in 4 cases and an abnormal wall thickness of tunica intima in 2 cases. Cervical segment (V2) results found plaque in 3 cases, an abnormal wall thickness of tunica media in 5 cases and abnormal wall thickness of tunica intima only 1 case. The Verhoeff's elastic stained slides were studied and imaged analysis of arterial wall by Image J program. Wall thickness of tunica intima and tunica media were found on both sides. The mean arterial wall thickness of Left V1 and Right V1 were 0.113 mm. and 0.111 mm, respectively. The mean arterial wall thickness of Left V2 and Right V2 were 0.115 mm and 0.103 mm, respectively. As the data above demonstrated there was no statistically significant difference at p-value < 0.05. The data of this study can be used as a basis for predicting vascular disease.

Keyword*: vertebral artery, artery wall thickness, embalmed cadaver, tissue processing*

บทนำ

โรคหลอดเลือดตีบแข็ง (Atherosclerosis) เป็นสาเหตุของโรคหัวใจและหลอดเลือด มักพบการเกิดโรคที่หลอดเลือดแดงขนาดกลางและขนาดใหญ่ มีสาเหตุมาจากการบาดเจ็บและอักเสบของผนังหลอดเลือดแดง โดยอาจเกิดจากภาวะไขมันชนิดไม่ดี (LDL : Low density lipoprotein) ในเลือดสูงส่งผลให้ผนังหลอดเลือดแดงอักเสบ เกิดกล้ามเนื้อหลอดเลือดเจริญผิดปกติและเซลล์เม็ดเลือดขาวเข้าไปเกาะในตำแหน่งที่อักเสบร่วมกับการอักเสบของผนังหลอดเลือด[1] การเกิดพยาธิสภาพนี้เรียกว่าพลาค (plaque) ส่งผลให้ผนังหลอดเลือดแข็งและท่อภายในหลอดเลือดตีบ ส่งผลให้เนื้อเยื่อหรืออวัยวะที่หล่อเลี้ยงด้วยหลอดเลือดผิดปกติ หลอดเลือดที่ผิดปกติเหล่านี้เกิดการขาดเลือดจึงก่ออาการผิดปกติหรือโรคต่าง ๆ ตามมา[2] ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการขาดเลือดไปเลี้ยงสมอง โดยอาจเกิดได้จากความผิดปกติของ Vertebral artery ที่มีหน้าที่ส่งเลือดไปเลี้ยงสมองส่วนหลัง ก้านสมอง สมองน้อย โดย Vertebral artery ถูกแบ่งออกเป็น prevertebral segment (V1) **:** เริ่มจากแขนงที่ออกมาจาก subclavian artery จนถึงก่อนเข้ากระดูกสันหลังส่วนคอระดับ C6 ส่วน cervical segment (V2) **:** เริ่มตั้งแต่กระดูกสันหลังส่วนคอระดับ C6 จนถึง กระดูกสันหลังส่วนคอระดับ C2 ส่วน atlantal segment (V3) **:** เริ่มตั้งแต่ กระดูกสันหลังส่วนคอระดับ C2 จนถึง foramen magnum และส่วน intracranial segment (V4) **:** ตั้งแต่ medulla ผ่านไปยัง pontomedullary junction[3] ก่อนหน้านี้มีผู้วิจัยเกี่ยวกับความหนาของผนังหลอดเลือด vertebral (V4) ชั้น tunica intima และ tunica media ทั้งข้างซ้ายและข้างขวา ในกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุ 20 - 40 ปี จากผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยความหนาของหลอดเลือด vertebral ชั้น tunica intima ข้างขวาและซ้ายมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.02 มิลลิเมตร และ 0.017 มิลลิเมตร ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยความหนาของหลอดเลือด vertebral ชั้น tunica media ข้างขวาและซ้ายมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.10 มิลลิเมตร และ 0.11 มิลลิเมตร ตามลำดับ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันพบว่าหลอดเลือด vertebral ข้างซ้าย มีค่าเฉลี่ยความหนามากกว่าหลอดเลือดvertebral ข้างขวา[5] ในการศึกษานี้ต้องการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับความหนาของผนังหลอดเลือด vertebral เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการประยุกต์ใช้ประโยชน์ทางคลินิกต่อไป โดยงานวิจัยนี้เน้นศึกษา prevertebral segments (V1) และ cervical segments (V2) เนื่องจากการเกิดโรคหลอดเลือดสมองจะเกิดพยาธิสภาพบริเวณหลอดเลือดส่วนต้นก่อนบริเวณอื่นและเป็นหลอดเลือดที่อยู่ภายนอกสมอง

วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อศึกษาโครงสร้างของ vertebral artery จากร่างอาจารย์ใหญ่และเพื่อเปรียบเทียบ vertebral artery ข้างซ้ายและข้างขวา

วิธีการดำเนินการวิจัย

นำหลอดเลือด vertebral artery (VA) ส่วนที่ 1 prevertebral segments (V1) และส่วนที่ 2 cervical segments (V2) ทั้งข้างขวาและข้างซ้ายจากร่างอาจารย์ใหญ่ จำนวน 8 ร่าง มีช่วงอายุระหว่าง 52 ถึง 101 ปี มีสาเหตุการเสียชีวิตตามธรรมชาติและจากโรค หลังจากนั้นนำมาเข้ากระบวนการเตรียมชิ้นเนื้อ ดังนี้ 1). Fixation นำหลอดเลือดแช่ 10% formalin 2). Dehydration นำ หลอดเลือดแช่ 75% ethanol, 85%ethanol, 90% ethanol และ95% ethanol ที่ปริมาตร 200 มิลลิลิตร นานโถละ 30 นาที ตามลำดับ จากนั้นนำไปแช่ absolute ethanol (I) และ absolute ethanol (II) ที่ปริมาตร 200 มิลลิลิตร นาน 30 นาที ตามลำดับ เพื่อดึงน้ำออกจากหลอดเลือด 3). Clearing นำหลอดเลือดไปแช่ xylene (I) และ xylene (II) ที่ปริมาตร 200 มิลลิลิตร นานโถละ 30 นาที 4). Infiltration หลังจากนั้นนำหลอดเลือดแช่ paraffin (I) และ paraffin (II) ที่ปริมาตร 200 มิลลิลิตร นานโถละ 30 นาที ตามลำดับ หลังจากนั้นฝังชิ้นเนื้อใน paraffin block นำชิ้นเนื้อเก็บไว้ใน slotted cassette วางที่แท่นร้อนของเครื่อง embedding และเติม embedding media จากนั้นนำไปวางที่แท่นทำความเย็นรอให้ paraffin เริ่มแข็งตัวแล้วแกะบล็อกชิ้นเนื้อและนำบล็อกชิ้นเนื้อที่ได้มา

ตัดด้วยเครื่อง rotary microtome ; RM ที่ความหนา 5 ไมครอน ลอยลงใน water bath ที่อุณหภูมิ 45 °C และนำสไลด์มาช้อน ribbon แล้วผึ่งสไลด์ให้แห้งก่อนนำไปอบด้วยเครื่อง hot air oven ที่ 56 °C เป็นเวลา 45 นาที และนำสไลด์ที่ได้เข้ากระบวนการย้อมสีหลอดเลือดด้วยวิธี Hematoxylin & Eosin (H&E) ซึ่งการย้อมสี Hematoxylin and Eosin สีของ Hematoxylin ส่วนของ nuclei ติดสีน้ำเงินของ Hematoxylin ส่วนสีชมพูของ eosin ติดที่ cytoplasm และยังย้อมด้วยกระบวนการย้อมสีหลอดเลือดด้วยวิธี Verhoeff's elastic stain ซึ่งการย้อมติดสี Verhoeff's elastic stain โดยที่ elastic fiber จะติดสีน้ำเงินเข้มจนถึงดำ และส่วนของ nuclei จะติดสีนำเงินจนถึงดำ

การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการจัดเก็บข้อมูลของร่างอาจารย์ใหญ่ เช่น อายุ เพศ โค้ดร่างอาจารย์ใหญ่ และสาเหตุการ เสียชีวิต ดูลักษณะทาง histologyและวัด ความหนาของผนังหลอดเลือดแต่ละชั้น จากภาพถ่ายของสไลด์หลอดเลือดที่ผ่านการย้อม Hematoxylin and Eosin และการย้อม Verhoeff ' s elastic stain จากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงชนิดบันทึกภาพดิจิตอลมาคำนวณหาความหนาของผนังหลอดเลือดแต่ละชั้นด้วยโปรแกรม Image J

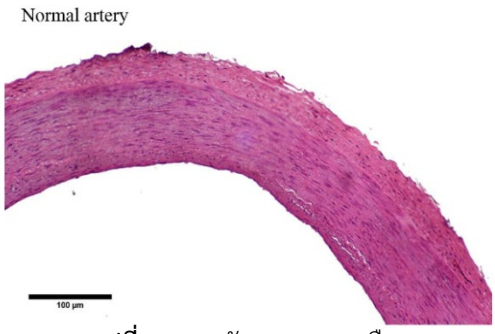
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

การศึกษาลักษณะจุลกายวิภาคของหลอดเลือดแดง vertebral ในร่างอาจารย์ใหญ่จากวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาโครงสร้างของผนังหลอดเลือดแดง vertebral และการศึกษาความแตกต่างของหลอดเลือดแดง vertebral ข้างซ้ายและข้างขวาของร่างอาจารย์ใหญ่

ผลการศึกษาสามารถแบ่งตามวัตถุประสงค์ได้ดังนี้

ศึกษาโครงสร้างของผนังหลอดเลือดแดง vertebral จากร่างอาจารย์ใหญ่

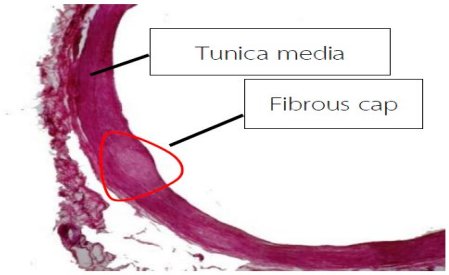
การย้อมด้วยเทคนิค Hematoxylin and Eosin และ เทคนิคพิเศษ Verhoeff ' s elastic stain (VES) เมื่อนำหลอดเลือด vertebral มาตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงด้วยกำลังขยาย 10x พบว่าสามารถดูลักษณะของการเรียงตัวของผนังหลอดเลือดแต่ละชั้นและสามารถดูลักษณะพยาธิสภาพได้ จากการศึกษาพบลักษณะความผิดปกติของหลอดเลือดสรุปดังตารางที่ 1 พบ vertebral artery ที่ปกติ 1 ร่าง (รูปที่ 1) พยาธิสภาพที่เป็น plaque ที่ร่างอาจารย์ใหญ่จำนวน 3 ร่าง, ผนังหลอดเลือดชั้น tunica media ที่หนากว่าปกติจำนวน 7 ร่าง และผนังหลอดเลือดชั้น tunica intima ที่หนากว่าปกติจำนวน 3 ร่าง (รูปที่ 2) ความหนาที่ผิดปกติของผนังหลอดเลือดนี้น่าจะเกิดจากการสะสมของ cholesterol ในปริมาณที่มากเกินไปทำให้เกิดการตอบสนองของร่างกายโดยทำให้ smooth muscle cell มีการเรียงตัวที่ผิดปกติไป แล้วทำให้เกิดการเคลื่อนตัวของ smooth muscle cell จากชั้น tunica media ไปยังชั้น tunica intima จึงทำให้ผนังของหลอดเลือดเกิดการหนาตัวขึ้นจนเกิดเป็น plaque ขึ้นจนส่งผลให้ผนังหลอดเลือดแข็งและท่อภายในหลอดเลือดตีบทำให้เนื้อเยื่อหรืออวัยวะที่หล่อเลี้ยงด้วยหลอดเลือดเหล่านี้มีปริมาณเลือดไปเลี้ยงไม่เพียงพอ เกิดการขาดเลือดจึงทำให้เกิดโรคต่าง ๆ ตามมา เช่น โรคหลอดเลือดสมองตีบและอุดตันและภาวะสมองขาดเลือด[7] โดยการเกิด plaque จะส่งผลให้เกิด fibrous cap (รูปที่ 3) ซึ่งเกิดเป็นพังผืดที่หุ้ม plaque ไว้ทำให้ผนังหลอดเลือดหนาตัวขึ้นส่งผลให้ elastic fiber ของผนังหนังหลอดเลือดเกิดการเสียสภาพ โดยมีลักษณะการขาดของ elastic fiber[6] (รูปที่ 4) ผลที่ได้ดังกล่าว สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wang ที่ทำการวิจัยในหลอดเลือดได้ผลว่าผนังหลอดเลือดมีการหนาตัวขึ้น เนื่องจากการเรียงตัวของ smooth muscle cell ที่ผิดปกติ ซึ่ง smooth muscle cell มีการเคลื่อนตัวจากชั้น tunica media ยังไปชั้น tunica intima[7] และงานวิจัยของ Ferruzzi ที่ทำการวิจัยในหลอดเลือด common carotid ของหนูผลพบว่าการเกิดพยาธิสภาพของหลอดเลือดมักเกิดบริเวณหลอดเลือดแดงส่วนต้นก่อนบริเวณอื่น เนื่องจากหลอดเลือดแดงส่วนต้นจะมีแรงดันเลือดมากกระทำต่อผนังหลอดเลือดมากกว่า[8]



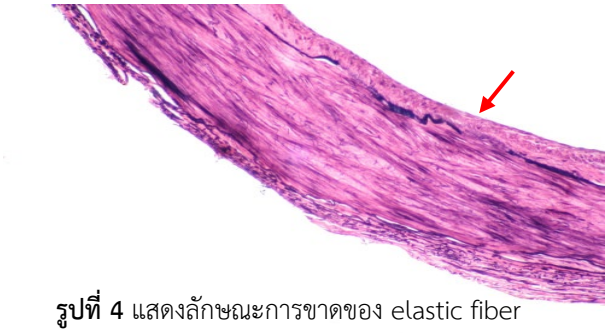
รูปที่ 1 แสดงลักษณะหลอดเลือด



รูปที่ 2 แสดงลักษณะความหนาของชั้นหลอดเลือด



รูปที่ 3 แสดงลักษณะ fibrous cap



รูปที่ 4 แสดงลักษณะการขาดของ elastic fiber

ตารางที่ 1 แสดงตารางผลการทดลอง

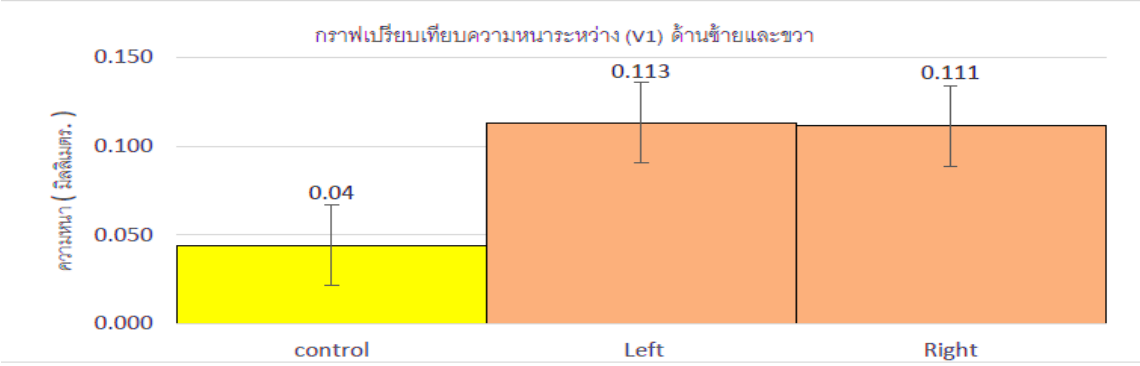
อาจารย์ใหญ่ร่างที่	Hematoxylin and Eosin (H&E)			
	V1		V2	
	ข้างซ้าย	ข้างขวา	ข้างซ้าย	ข้างขวา
1	Media หนา Fibrous cap	Media หนา	Intima หนา	-
2	Plaque	Plaque หนา	Media หนา Plaque	Media หนา และ Plaque
3	Intima หนา	Media หนา	-	Media หนา
4	Media หนา	Plaque	Plaque	Plaque
5	-	-	-	Media หนา
6	Media หนา	Media หนา	ปกติ	Media หนา
7	ปกติ	Intima หนา	Media หนา	-
8	ปกติ	ปกติ	-	ปกติ

*V1 (ซ้าย + ขวา)
plaque พบ 3 ร่าง : ร่างที่ 1,2,4
ความหนา TM พบ 4 ร่าง : ร่างที่ 1,3,4,6
ความหนา TI พบ 2 ร่าง : ร่างที่ 3,7

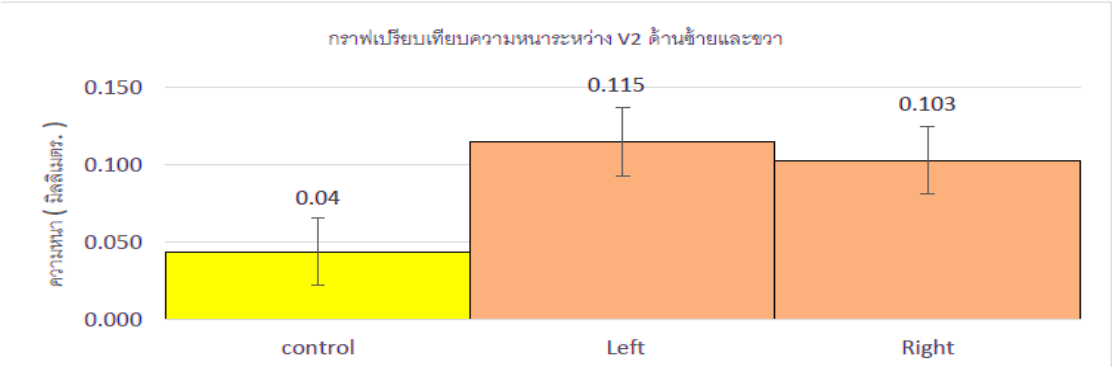
*V2 (ซ้าย + ขวา)
plaque พบ 2 ร่าง : ร่างที่ 2,4
ความหนา TM พบ 5 ร่าง : ร่างที่ 2,3,5,6,7
ความหนา TI พบ 1 ร่าง : ร่างที่ 1

การศึกษาความแตกต่างของหลอดเลือด vertebral บริเวณข้างซ้ายและข้างขวาของร่างอาจารย์ใหญ่

จากการศึกษาความหนาแต่ละชั้นของผนังหลอดเลือด vertebral บริเวณหลอดเลือดข้างซ้ายและข้างขวาจากร่างอาจารย์ใหญ่ทั้งหมด 8 ร่าง โดยศึกษาจากการย้อมด้วยเทคนิคพิเศษ Verhoeff ' s elastic stain (VES) และตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงชนิดบันทึกภาพดิจิตอล จากการวิจัยพบ vertebral artery ส่วน (V1) ใช้การเปรียบเทียบผลรวมของความหนาของชั้นผนังหลอดเลือดชั้น tunica intima และ tunica media ข้างซ้ายและขวากับ control (control มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.04 มิลลิเมตร) เป็นค่าเฉลี่ยรวมของทั้ง[9] ส่วน (V1) ข้างซ้ายและข้างขวาเมื่อเทียบกับ control พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่ถ้าเปรียบเทียบระหว่างซ้ายกับขวาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (รูปที่ 3) และส่วน (V2) ใช้เปรียบเทียบผลรวมของความหนาของชั้นผนังหลอดเลือดชั้น tunica intima และ tunica media ข้างซ้ายและข้างขวากับ control (control มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.04 มิลลิเมตร)[9] ส่วน (V2) ข้างซ้ายและข้างขวาเมื่อเทียบกับ control พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่ถ้าเปรียบเทียบระหว่างซ้ายกับขวาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (รูปที่ 4) ผลที่ได้ดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jitendra D. Rawal ที่ทำการวิจัยในการเปรียบเทียบหลอดเลือด vertebral artery ส่วน (V1) และ vertebral artery ส่วน (V4) ได้ผลว่า vertebral artery ชั้น tunica intima ส่วน (V1) และ vertebral artery ชั้น tunica intima ส่วน (V4) ความหนาของชั้นผนังหลอดเลือดไม่มีความต่างกัน ส่วน vertebral artery ชั้น tunica media ส่วน (V1) มีความหนาของชั้นผนังหลอดเลือดมากกว่า vertebral artery ชั้น tunica media ส่วน (V4)[6] งานวิจัยของ Rustagi Shaifaly ที่ทำการวิจัยในหลอดเลือด vertebral ส่วน (V4) ชั้น tunica intima และ tunica media ทั้งข้างซ้ายและข้างขวา ในกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุ 20 - 40 ปีได้ผลว่าค่าเฉลี่ยความหนาของชั้นผนังหลอดเลือด vertebral ชั้น tunica intima ข้างขวาและข้างซ้ายมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.02 มิลลิเมตร และ 0.017 มิลลิเมตร ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยความหนาของชั้นผนังหลอดเลือด vertebral ชั้น tunica media ข้างขวาและข้างซ้ายมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.10 มิลลิเมตร และ 0.11 มิลลิเมตร ตามลำดับ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันพบว่าหลอดเลือด vertebral ข้างซ้ายมีค่าเฉลี่ยความหนาของ ชั้นผนังหลอดเลือดมากกว่าหลอดเลือด vertebral ข้างขวา[3]



รูปที่ 3 เปรียบเทียบ ผลรวมของความหนาของชั้นผนังหลอดเลือด ชั้น tunica intima และ tunica media ส่วน (V1) ข้างซ้ายและขวากับ control



รูปที่ 4 เปรียบเทียบผลรวมของความหนาของผนังหลอดเลือดชั้น tunica intima และ tunica media ส่วน (V2) ข้างซ้ายและขวากับ control

สรุป

จากการศึกษาหลอดเลือดแดง vertebral ส่วน V1, V2 จากร่างอาจารย์ใหญ่ 8 ร่าง ที่มีช่วงอายุ 52-101ปี พบความผิดปกติเกิดplaque ที่ผนังหลอดเลือดชั้น tunica media และผนังหลอดเลือดชั้น tunica intima ทำให้ smooth muscle cell มีการเรียงตัวที่ผิดปกติไปส่งผลให้เกิด fibrous cap ซึ่ง V1 พบ plaque ทั้งหมด 3 ร่าง ได้แก่ อาจารย์ใหญ่ร่างที่ 1, 2 และ4 พบความหนาของชั้นผนังหลอดเลือดชั้น TM ทั้งหมด 4 ร่าง ได้แก่ อาจารย์ใหญ่ร่างที่ 1, 3, 4 และ 6 พบความหนาของชั้นผนังหลอดเลือดชั้น TI ทั้งหมด 2 ร่าง ได้แก่ อาจารย์ใหญ่ร่างที่ 3, 7 ส่วน V2 พบ plaque ทั้งหมด 2 ร่าง ได้แก่ อาจารย์ใหญ่ร่างที่ 2, 4 พบความหนาของชั้นผนังหลอดเลือดชั้น TM ทั้งหมด 5 ร่าง ได้แก่ อาจารย์ใหญ่ร่างที่ 2, 3, 5, 6 และ 7 พบความหนาของชั้นผนังหลอดเลือดชั้นTI ทั้งหมด 1 ร่าง ได้แก่ อาจารย์ใหญ่ร่างที่ 1 และจากการเปรียบเทียบหลอดเลือดข้างซ้ายและข้างขวา พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เอกสารอ้างอิง

1. Alexey VK, Iraklis IP, Jeffrey SC, Jason N. Mac T, Baxter BT. Age and disease-related geometric and structural remodeling of the carotid artery. Journal of vascular surgery, 2015; 1521-1528.
2. Hiroki T, Juniti U, Yoshiki Y, et al. Plaque Characteristics of Patients with Symptomatic Mild Carotid Artery Stenosis. Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases, 2018; 27(7) . DOI: https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2018.02.032.
3. Jitendra DR, Bhavik DD, Maulik DP, Dhaval VP, Jadav HR. Histomorphometric comparison of first and fourth part of vertebral artery in Indian Cadaver. Indian Journal of Clinical Anatomy and Physiology, October December 2017; 4(4): 517-520. DOI:10.18231/2394-2126.2017.0128.
4. Rustagi SM, Bharihoke V. Intracranial human vertebral artery, a histomorphologycal study. International Journal of Current Research and Review, 2013; 5(12).
5. พญ.กนกวรรณ วัชระศักดิ์ศิลป์. Cervical artery dissection. Journal of Thai Stroke Society, 2016; 15: 19-31.

6. รุจิรา เลิศพร้อม. โรคหัวใจและหลอดเลือด (CARDIOVASCULAR DISEASES) [อินเตอร์เน็ต].;2557 [เข้าถึงเมื่อ 10 ธันวาคม 2561]. เข้าถึงได้จาก: http://rujiralerdprom30041973.blogspot.com/2014/10/13-world-thrombosis-day-cardiovascular.html
7. Guo-Liang W, Li-Yi W, Shao-Xiong Y, Ping Z, Xiao-Hu C, Qing-Ping Y, et al. Arterial wall remodeling under sustained axial twisting in rats. Journal of Biomechanics; 60 2017; 124–133. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2017.06.013.
8. Ferruzzi J, Bersi MR, Mecham R, Yanagisawa TG, Humphrey JD. Loss of elastic fiber integrity compromises common carotid artery function: Implications for vascular aging. Artery Research, 2016; 14: 41e52. DOI: https://doi.org/10.1016/j.artres.2016.04.001.

[HS-O10] การศึกษาแนวคิดทฤษฎีการใช้ตำรับยาฟื้นฟูผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองในตำราแพทย์แผนไทย

A Study on Concepts and Theory on Using's of Thai Herbal Medicines Recipes for Stroke Rehabilitation Patients in Thai Traditional Medicine Textbooks

ปุณยนุช อมรดลใจ*
วิทยาลัยการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล:krucat09@yahoo.co.th*

บทคัดย่อ

โรคหลอดเลือดสมองเป็นสาเหตุสำคัญของการเสียชีวิตทั่วโลก มีจำนวนผู้ป่วยด้วยโรคหลอดเลือดสมอง จำนวน 80 ล้านคน และพิการจากโรคหลอดเลือดสมอง จำนวน 50 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 62.5 สำหรับประเทศไทย จากรายงานสถิติสาธารณสุข กระทรวงสาธารณสุขพบว่าอัตราตายจากโรคหลอดเลือดสมอง I60-I69 ต่อประชากรแสนคน เพิ่มขึ้นจาก 31.7ในปี 2555 เป็น 48.7 ในปี 2559 ซึ่งยังคงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี โรคหลอดเลือดสมองเป็นภาวะของหลอดเลือดที่ไปเลี้ยงที่สมองเกิดการตีบตันหรือแตกทำให้ปริมาณเลือดที่ไปเลี้ยงสมองลดลง สมองขาดออกซิเจนและอาหาร ทำให้เซลล์สมองตาย หากการอุดตันของหลอดเลือดที่เกิดขึ้นเป็นเพียงชั่วคราว ไม่ยาวนานเกิน 24 ชั่วโมง อาการของผู้ป่วยดีขึ้น ในกรณีมีการแตกของหลอดเลือดในสมองอาการอ่อนแรงแบบถาวร และอาจมีอาการเกร็ง ร่วมด้วย เรียกว่า อัมพาต หรือถ้าอ่อนแรงชั่วคราว มีการฟื้นตัวบางส่วน เรียกว่า อัมพฤกษ์ ซึ่งศาสตร์การแพทย์แผนไทยนั้นอัมพาตและอัมพฤกษ์ หมายถึง อาการที่อวัยวะหรือกล้ามเนื้อเสียหน้าที่ไปเนื่องจากลมเบื้องสูงกับลมเบื้องต่ำ พัดไม่สมดุลกัน (ลมอโธคมาวาตา และลมอุธังคมาวาตา ระคนกัน) ถ้าหัวต่อกระดูกไม่เคลื่อนไม่หลุดจะเรียกว่า อัมพฤกษ์ ส่วนอัมพาตจะมีการเคลื่อนหลุดของหัวต่อกระดูกจากเบ้าเสมอ เห็นได้ที่หัวไหล่และสะโพก ความพิการส่งผลกระทบต่อร่างกายในการทำกิจวัตรประจำวันแล้วยังส่งผลต่อสภาพจิตใจ วิตกกังวล และภาวะซึมเศร้า การรักษาปัจจุบันการทำกายภาพบำบัดมีค่าใช้จ่ายการเดินทาง ดังนั้นการเลือกใช้ตำรับยาสมุนไพรจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการดูแลฟื้นฟูผู้ป่วย วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อเลือกใช้ตำรับยาในผู้ป่วยโรคลมอัมพฤกษ์- ลมอัมพาต ถูกต้องตามองค์ความรู้ดั้งเดิมที่มีการบันทึกไว้ โดยวิธีการวิจัยเอกสารชั้นต้นและชั้นรองวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหาและสรุปประเด็นหลักเชื่อมโยงตำรับยาที่บันทึก ผลการศึกษาพบว่า ตำราแพทย์แผนไทยทั้งหมด 5 เล่ม สมุนไพรส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มรสร้อน เช่น เจตมูลเพลิงแดง พริกไทยล่อน ดีปลี ขิง ซึ่งสอดคล้องกับหลักการที่กล่าวว่า อัมพฤกษ์ อัมพาตตามศาสตร์การแพทย์แผนไทย เกิดจากการเคลื่อนของลมไม่สมดุลกัน เกิดการติดขัดของลมในเส้นเอ็น ข้อต่อ จึงใช้ยารสร้อนในการฟื้นฟูผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง (Stroke Rehabilitation)

คำสำคัญ: *แพทย์แผนไทย, โรคหลอดเลือดสมอง, การฟื้นฟู, คัมภีร์*

Abstract

Stroke is the leading cause of death in worldwide. The number of patients with stroke is 80 million, and 50 million people with disabilities from cerebrovascular diseases, 62.5 percent for Thailand. According to the Ministry of Public Health's statistics, the I60-I69 stroke mortality rate per hundred thousand people increased from 31.7 in 2012 to 48.7 in 2016, which is still increasing every year. A cerebral vascular disease (stroke) is occurred by the blood supply which part of the brain is interrupted or reduced. The brain is lacking of oxygen and nutrients within minutes, making brain cells die. The occlusion of the blood vessels that occurs is just for temporary, no longer than 24 hours, the patient can recovery. In the case of breakage of the blood vessels in the brain, symptoms of permanent weakness and may include convulsions, paralysis, or with a

temporary weakness is recovering some of the paralysis. In the Thai theory, paralysis and paresis mean symptoms or organ function, muscle wasting due to high winds on the lower winds. Water due to high winds, low wind behind blows is not balanced (Lom Atho Ka Ma Wa Ta la Lom Uthang Ka Ma Wa Ta together) if the connector does not fall off the moving bones is called the moving parts there will be paralysis, paresis, fall off of the bone from the socket connector, always. There have seen at the shoulders and hips. Disability affects the body in daily activities and also affects mental state, anxiety, and depression. Nowadays, treatment is physical therapy but has travel expenses. Therefore, herbs recipes is an alternative way to care for patients. The aims of this research are to select the drug recipes of stroke rehabilitation patients correctly according to the Thai Traditional Medicine Textbooks. The documentary research is used to content and theme analysis linking recorded drugs recipes. The study shows the herbs used to collect texts from the medicine all 5 books found in the hot medicine, such as fire plant, black pepper, long pepper, ginger, which is consistent with the principle that said paralysis by the concept of Thai Traditional Medicine, was born. A leading analyst of the Vata moving is unbalanced. The interference of Vata in the tendons, joints, and medicine is hot in the rehabilitation of patients with cerebrovascular disease (Stroke Rehabilitation).

Keywords: *Thai Traditional Medicine, stroke, recovering*

บทนำ

โรคหลอดเลือดสมอง หมายถึง ภาวะของหลอดเลือดที่ไปเลี้ยงที่สมองเกิดการตีบ ตัน หรือมีภาวะของหลอดเลือดในสมองแตก (Burst) ส่งผลให้มีการคั่งของเลือดรอบเนื้อเยื่อสมอง ทำให้ปริมาณเลือดที่ไปเลี้ยงสมองลดลง สมองขาดออกซิเจนและอาหาร ทำให้เซลล์สมองตาย[1] ประเภทของหลอดเลือดสมองแบ่งออกได้ เป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1) ประเภทที่มีการตีบ หรือเกิด การอุดตันของหลอดเลือดที่ไปเลี้ยงสมองโดยเกิดขึ้น นานกว่า 24 ชั่วโมง ซึ่งเรียกว่า Ischemic stroke มี ประมาณ 80% ของโรคหลอดเลือดสมอง ในกรณีที่เกิด การอุดตันของหลอดเลือดที่ไปเลี้ยงที่สมองภายใน 24 ชั่วโมง และอาการของผู้ป่วยดีขึ้นหลังจากนั้น การอุดตันของหลอดเลือดที่เกิดขึ้นเป็นเพียงชั่วคราว หรือทางการแพทย์ เรียกว่า Transient ischemic attack 2) ประเภทที่มี การแตกของหลอดเลือดในสมองและทำให้มีการคั่งของเลือดรอบ ๆ เซลล์สมอง ซึ่งเรียกว่า Hemorrhagic stroke มีประมาณ 20% ของโรคหลอดเลือดสมอง หากมีอาการอ่อนแรงแบบถาวร ไม่มีการฟื้นตัว และอาจมีอาการเกร็ง ร่วมด้วย เรียกว่า อัมพาต หรือถ้า อ่อนแรงชั่วคราว มีการฟื้นตัวบางส่วน เรียกว่า อัมพฤกษ์[2]

นิยามของโรคอัมพาตและอัมพฤกษ์ตามแนวคิดทฤษฎีแพทย์แผน ซึ่งได้กล่าวไว้ใน บัญชีรหัสกลุ่มโรค อาการและหัตถการด้านการแพทย์แผนไทย (ICD-10-TM) หมายถึง อาการที่อวัยวะหรือกล้ามเนื้อเสียหน้าที่ไปเนื่องจากลมเบื้องสูงกับลมเบื้องต่ำ พัดไม่สมดุลกัน[3] (ลมอโธคมาวาตา และลมอุธังคมาวาตา ระคนกัน) ถ้าหัวต่อกระดูกไม่เคลื่อนไม่หลุดจะเรียกว่า **อัมพฤกษ์** ส่วน**อัมพาต** จะมีการเคลื่อนหลุดของหัวต่อกระดูกจากเบ้าเสมอ เห็นได้ที่หัวไหล่และสะโพก ได้แก่ อัมพาตครึ่งซีก อัมพาตครึ่งท่อนล่าง อัมพาตทั้งตัว อัมพาตเฉพาะแขน อัมพาตเฉพาะขา[4,5] ทฤษฎีการแพทย์แผนไทยนั้นภูมิปัญญาดั้งเดิมได้มีการรักษาโรคนี้มาก่อนการค้นพบโรคหลอดเลือดสมอง ความดันโลหิต พบได้จากร่องรอยตำราแพทย์ศาสตร์สงเคราะห์ ในคัมภีร์ชวดารที่กล่าวถึงลมอโธคมาวาตาและลมอุธังคมาวาตา ระคนกันเป็นเหตุให้เกิดลมอันมีพิษร้ายแรง เช่น ลมชิวหาสดมภ์จับให้แน่นิ่งปลุกมิตื่น ลิ้นกระด้าง ขากรรไกรแข็ง[6] ซึ่งอาการเหล่านี้สอดคล้องกับอาการโรคหลอดเลือดสมองในระดับรุนแรง (Hemorrhagic stroke) แนวทางในการฟื้นฟูตามทฤษฎีการแพทย์แผนไทยจะเน้นการดูแลในระยะฟื้นฟู กระตุ้นการไหลเวียนของเลือดและลมในร่างกาย ทำให้เกิดความผ่อนคลาย ช่วยยืดเหยียดกล้ามเนื้อและข้อต่อ ลดหรือบรรเทาการยึดติดของข้อ ฟื้นฟูการควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกา[7] นอกจากนี้ภูมิปัญญาการแพทย์แผนไทยได้มีการบันทึกตำรับยาในการรักษาโรคลมอัมพฤกษ์- ลมอัมพาต อยู่ในตำราดั้งเดิมซึ่งไม่ใช่เพียงสมุนไพรที่ใช้อบและประคบภายนอกเท่านั้น ตำราดั้งเดิมได้กล่าวถึงตำรับยาที่มีอาการรุนแรง เช่น ลมอันบังเกิดแต่โลหิต พัด

โลหิตให้เป็นฟอง ดุจปืนที่ประจุดินประสิว แล่นจากลำกล้องประหารชีวิตสรรพสัตว์ โบราณท่านใช้ปล่อยปลิงดูดพิษโลหิต ส่วนอาการในระดับน้อยหรือปานกลาง ใช้คำว่าลมอันบังเกิดในเส้นเอ็นให้กินยาผายลม[6] เป็นต้น ตำรับยาที่ใช้ในระยะฟื้นฟูนั้นเน้นการกระตุ้นการไหลเวียนของเลือดและลมซึ่งสูตรตำรับยาจะแตกต่างจากระยะแรกที่เน้นลดการกำเริบของปิตตะ(ไฟ) ที่จะเป็นสมุนไพรในกลุ่มรสสุขุม หรือตำรับยาหอมนั้นเอง จะเห็นว่าศาสตร์การแพทย์แผนไทยมีศิลปะวิธีในการดูแลผู้ป่วยในแต่ละระยะโรคอย่างแยบยล

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง “แนวคิดทฤษฎีการใช้ตำรับยาฟื้นฟูผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองในตำราแพทย์แผนไทย” เพื่อสามารถเลือกใช้ตำรับยาในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองถูกต้องตามองค์ความรู้ดั้งเดิมที่มีการบันทึกไว้ ซึ่งกำลังขาดหายไป นำไปสู่การประยุกต์ใช้ตำรับยาดังกล่าวเหล่านี้สืบต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบเป็นการวิจัยเอกสาร (documentary research) ขอบเขตการวิจัยครั้งนี้ ศึกษาจากแหล่งที่มาของข้อมูลที่จัดเก็บรวบรวมเฉพาะหนังสือ คัมภีร์ ตำรา แพทย์แผนไทยเท่านั้น โดยจัดลำดับเอกสารดั้งนี้

เอกสารชั้นต้น ประกอบด้วย

1) ตำราแพทย์ศาสตร์สงเคราะห์[7]
2) ตำราพระโอสถพระนารายณ์[8]
3) คัมภีร์แพทย์ไทยแผนโบราณ ขุนโสภิตบรรณลักษณ์ เล่ม 2[9]

เอกสารชั้นรอง ประกอบด้วย

1) ตำราอายุรเวทศึกษา ขุนนิเทสสุขกิจ[10]
2) ตำราการบำบัดโรคด้วยยาแผนโบราณ คู่มือนักทำยา เล่ม 2[11]

การกำหนดคำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับโรคหลอดเลือดสมองในตำราแพทย์แผนไทย โรคลมอัมพฤกษ์- ลมอัมพาต โรคลมพัดขึ้นเบื้องสูง โดยตำราแพทย์ทั้ง 5 เล่มนี้ จะประกอบด้วยภูมิปัญญาดั้งเดิมที่มีการบันทึกมาหลายร้อยปี เช่น ตำราพระโอสถพระนารายณ์ ตำราแพทย์ศาสตร์สงเคราะห์ คัมภีร์แพทย์ไทยแผนโบราณ ขุนโสภิตบรรณลักษณ์ และตำราที่รวบรวมโดยขุนนิเทสสุขกิจ ใช้ชื่อว่า “ ตำราอายุรเวทศึกษา” ซึ่งกล่าวถึงองค์ความรู้แพทย์แผนโบราณ กับ “ตำราแพทย์ศาสตร์นิเทส”ซึ่งกล่าวถึงความรู้แพทย์แผนปัจจุบัน เขียนไว้ในปี 2516 และตำราที่ได้รวบรวมประสบการณ์แพทย์แผนโบราณ หมอสุนทร ทองนพคุณ ตั้งแต่วัยหนุ่มจนถึงอายุ 80 ปี รวบรวมโดยหมอทอง ทองนพคุณ ซึ่งเป็นเหลน จัดพิมพ์เผยแพร่เมื่อปี 2550 คือ ตำราการบำบัดโรคด้วยยาแผนโบราณ คู่มือนักทำยา เล่ม 2

เกณฑ์ในการคัดเลือกข้อมูล[12]

1) เอกสารและแหล่งข้อมูลต่างๆต้องเป็นเอกสารที่ให้ข้อมูลแท้จริง (origin)
2) เอกสารและแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ต้องมีความน่าเชื่อถือ (credibility)
3) เอกสารและแหล่งข้อมูลต่างๆจะต้องเป็นตัวแทน (representativeness)
4) เอกสารและแหล่งข้อมูลต่างๆจะต้องมีความหมาย (meaning)

เครื่องมือหลัก (ผู้วิจัย)

การวิจัยครั้งนี้นักวิจัยถือเป็นเครื่องมือหลักในการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) ที่เป็นปัจจัยสำคัญที่สุด เพราะงานวิจัยจะสำเร็จสมความมุ่งหมายหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับนักวิจัยเป็นสำคัญ นักวิจัยจะต้องเตรียมความพร้อมในเรื่องระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ จรรยาบรรณของนักวิจัย วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล และวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลจากตำรา และการขอคำปรึกษาจากผู้ทรงคุณวุฒิด้านการวิจัยเชิงคุณภาพ เพื่อให้เข้าใจในระเบียบวิธีการวิจัย อันจะนำไปสู่การศึกษาที่ถูกต้อง และครอบคลุมประเด็นที่ต้องการจะศึกษาให้มากที่สุด

การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล[12]

การวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยจะเก็บข้อมูลควบคู่กับการวิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินผล และใช้ระบบตรวจสอบคุณภาพข้อมูลตามโครงสร้างของประเด็นคำตอบที่ได้สร้างเป็นเครื่องมือช่วยไว้แล้ว เครื่องมือใช้เก็บข้อมูล ดังนี้

1) การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำแหล่งข้อมูลที่ได้จากการค้นคว้าทั้งหมดมาเก็บข้อมูลโดยวิธีการอ่านพร้อมกับวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) ตามประเด็นของคำตอบที่ต้องการ

2) การสังเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำประเด็นที่วิเคราะห์มาจำแนกย่อย ให้แต่ละประเด็นอยู่ในกลุ่มหมวดหมู่เดียวกันซึ่งเรียกว่าการสรุปประเด็นหลัก (Theme) ตามที่ได้สร้างไว้เป็นเครื่องมือช่วย

การตรวจสอบคุณภาพข้อมูล

ระบบการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลโดยนักวิจัย (ผู้วิจัย) ผู้วิจัยนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้ผ่านขบวนการ วิเคราะห์สังเคราะห์และประเมินผลนำมาเข้าสู่ขบวนการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลในเชิงเหตุผลทางข้อเท็จจริง ดังนี้

ตรวจสอบเชิงข้อเท็จจริง

1) ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้มาตรวจสอบข้อเท็จจริงตามทฤษฎีแพทย์แผนไทย โดยข้อมูลที่ได้จะต้องไม่มีความขัดแย้งในทฤษฎีการแพทย์แผนไทย

2) ตรวจสอบความสมเหตุสมผลความเชื่อมโยงภายใน

3) ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้มาตรวจสอบความสมเหตุสมผล และความสอดคล้องของข้อมูลทั้งหมด ต้องไม่ขัดแย้งกันสามารถเชื่อมโยงกันได้

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ข้อมูลทั่วไป

จากการรวบรวมตำรับยาที่ใช้ในการรักษาโรคหลอดเลือดสมอง (ลมอัมพฤกษ์-ลมอัมพาต ลมพัดขึ้นเบื้องสูง) ในตำราการแพทย์แผนไทย จำนวน 5 ตำรา คือตำราพระโอสถพระนารายณ์ ตำราแพทย์ศาสตร์สงเคราะห์ คัมภีร์แพทย์ไทยแผนโบราณ ขุนโสภิตบรรณลักษณ์ เล่ม 2 ตำราอายุรเวทศึกษา ขุนนิเทสสุขกิจ ตำราการบำบัดโรคด้วยยาแผนโบราณ คู่มือนักทำยา เล่ม 2 พบว่า มีตำรับรักษาโรคลมอัมพฤกษ์- ลมอัมพาต จำนวน 25 ตำรับ เป็นตำรับที่ใช้กิน 20 ตำรับ เป็นตำรับใช้ภายนอก คือยานวดและยาประคบ 5 ตำรับ มีเภสัชวัตถุ ซึ่งประกอบด้วย พืชวัตถุ จำนวน 135 ชนิด สัตว์วัตถุ จำนวน 4 ชนิด แร่ธาตุวัตถุ จำนวน 14 ชนิด สรุปแสดงไว้ในตารางที่ 1 2 และ 3

2. รายละเอียดตำรับยาที่ใช้ในการรักษาโรคลมอัมพฤกษ์-ลมอัมพาต ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่1 จำนวนตำรับยาโรคลมอัมพฤกษ์-ลมอัมพาต ในตำราการแพทย์แผนไทย

ลำดับ	คัมภีร์แพทย์แผนไทย	จำนวนตำรับยา (n=25)	ร้อยละ
1.	ตำราพระโอสถพระนารายณ์	2	8
2.	ตำราแพทย์ศาสตร์สงเคราะห์	3	12
3.	คัมภีร์แพทย์ไทยแผนโบราณ ขุนโสภิตบรรณลักษณ์ เล่ม 2	6	24
4.	ตำราอายุรเวทศึกษาขุนนิเทสสุขกิจ	4	16
5.	ตำราการบำบัดโรคด้วยยาแผนโบราณ คู่มือนักทำยา เล่ม 2	10	40

ตารางที่ 2 รายชื่อตำรับยาและส่วนประกอบยารักษาโรคลมอัมพฤกษ์- ลมอัมพาตในคัมภีร์แพทย์แผนไทย

ที่	ชื่อตำรา	ชื่อตำรับ	ส่วนประกอบยา
1.	ตำราพระโอสถพระนารายณ์	1. ยาจิตรการิยพิจรูญ ตำรับที่ 50	โกฐศอ โกฐก้านพร้าวราก ไคร้เครือ กระวาน ลูกเอ็น ลูกจันทน์ อบเชย สมุลแว้ง สะค้าน เกสรบุนนาค น้ำประสานทอง **เทียนทั้ง 5** สัตบุษเทศ กานพลู เกลือสินเธาว์ ว่านน้ำ ขิงแห้ง มหาหิงค์ เจตมูลเพลิง ดีปลี(10 ส่วน) พริกไทยล่อน (28 ส่วน) ทั้งหมด 25 สิ่ง
		2. ยามหากทัศใหญ่ ตำรับที่ 53	โกฐศอ **เทียนทั้ง 5** ผลกระวาน ใบกระวานว่านน้ำ ขิงแห้ง กานพลูน้ำประสานทอง รากเจตมูลเพลิง ผลเอ็น ลูกจันทน์ ดอกจันทน์
2.	ตำราแพทย์ศาสตร์สงเคราะห์, คัมภีร์ชวดาร	3. ลมอัมพฤกษ์ ลมอัมพาต	น้ำมะนาว น้ำมะงั่ว น้ำมะกรูด เปลือกทองหลางใบมน ไพล ข่า ขมิ้นอ้อย กุ่มทั้ง2 กระเทียม รากเจตมูลเพลิง พริกไทย ผักเสี้ยนผี เกลือ การบูร ผลจันทน์ ดอกจันทน์ ตัวยาทั้งหมด 16 สิ่ง
		4. ยาวาตาพินาศ	เบญจกูล ผลคนทีสอ ตรีผลา ลำพัน เทียนทั้ง 5 มหาหิงคุ์ ยาดำ ใบมะตูม ใบสหัศคุณ ใบกระวาน ใบสลอด ผักชี้ล้อม ผักชีลา ผลโหระพาเทศ กระเทียม ผิวมะกรูด ดีเกลือ สมอไทย ผลสลอด ตัวยาทั้งหมด 29 สิ่ง
		5. ยาเบญจขันธ์	ขี้เหล็กทั้งห้า เทียนทั้งห้า โกฐทั้งห้า สมอทั้งห้า เกลือทั้งห้า ตัวยาทั้งหมด 21 สิ่ง
3.	คัมภีร์แพทย์ไทยแผนโบราณขุนโสภิตบรรณลักษณ์ เล่ม 2	6.ยามหาไชยวาต ตำรับที่ 76	มหาหิงคุ์ ยาดำ เทียนดำ กานพลู กระลำพัก เจตมูลเพลิง หัศคุณ ลูกสมอเทศ พริกไทยล่อน ว่านน้ำ ใบหนาด ขิงแห้ง เมล็ดโหระพา ลูกกระวาน เกลือกะตังมูตร เปลือกมะรุม โกฐสอ เกลือสินเธาว์ รากจิงจ้อใหญ่
		7.ยามหาจุล ตำรับที่ 84	มหาหิงคุ์ เทียนทั้ง 5 โกฐก้านพร้าว โกฐเขมา โกฐเชียง ลูกจันทน์ ดอกจันทน์ ลูกกระวาน กานพลู โกฐสอ ดีปลี พริกไทย เจตมูลเพลิง ลูกสมอไทย 7 หัสคุณเทศรากตองแตก รากจิงจ้อใหญ่
		8.ยาแก้ลมขึ้นเบื้องสูง	ใบทองหลางใบมน ใบสวาด ลูกสมอไทย รากเปล้าทั้ง 2 สารส้ม เบี้ยตัวผู้ หอยขม พริกไทยใบทองหลางใบมน ใบสวาด
		9.ยานารายณ์ทิพจุณ ตำรับที่ 132	โกฐสอ โกฐก้านพร้าว ไคร้เครือ ลูกกระวาน ลูกเอ็น ลูกจันทน์เทศ สมุลแว้ง สะค้าน เกสรดอกบุนนาค ชะเอมเทศ น้ำประสานทอง เทียนทั้ง 5 เทียนสัตตบุษย์ กานพลู เกลือ สินเธาว์ ว่านน้ำ ขิงแห้ง มหาหิงคุ์ รากเจตมูลเพลิง ดีปลี พริกไทยล่อน
		10.ยาประสะข่า ตำรับที่ 155	เถาวัลย์กรด เถาวัลย์ปูน สะค้าน รากช้าพลู เจตมูลเพลิง ดีปลี พริกไทย พริกหอม พริกหาง แก่นแสมทั้ง 2 ส้มกุ้งทั้ง 2 เปล้าทั้ง 2 ปูนขาว กระชาย กะทือ ไพล หัสคุณเทศ เปลือกกุ่มทั้ง 2 แก่นลั่นทม เถาวัลย์เปรียง เถาคันแดง ข่าตาแดงเถาวัลย์เหล็ก พริกขี้ฟ้า พริกขี้หนู
		11. ยาแก้ลมอัมพฤกษ์ ลมอัมพาต	พริกไทย ดีปลี เจตมูลเพลิง หัวดองดึง ขิง เปลือกมะรุม เปลือกทองหลาง เปลือกกุ่มน้ำ เปลือกกุ่มบก กะทือ ไพล พริกขี้หนู หัวปลาไหลแห้ง
4.	ตำราการบำบัดโรค	12.ยาแก้ลม	เบญจกูล พริกไทยดำ แก่นสน แสมทั้ง2 แก่นขี้เหล็ก แก่นลั่นทม ยาดำ

ที่	ชื่อตำรา	ชื่อตำรับ	ส่วนประกอบยา
	ด้วยยาแผนโบราณ คู่มือนักทำยา เล่ม 2	อัมพฤกษ์ ลมอัมพาต 1 หน้า 208	แก่นประดู่ แก่นปรู แก่นมะหาด แก่นพรหม ดอกบุนนาค แก่นขนุน แก่นฝาง สักขี โคคลาน กำแพงเจ็ดชั้น กระดูกงูเหลื่อม โพกพาย ลูกมะขามป้อม สมอเทศ สมอไทย หัวยาเข้าเย็น
		13.ยาแก้ลม อัมพฤกษ์ ลมอัมพาต 2 หน้า 209	เกลือสมุทร ขิงแห้ง พริกไทยดำ รากทรงบาดาล สักขี โคกกระออม จุกกระเทียม ส้มกุ้งใหญ่ แก่นปรู แสมทั้ง 2 แก่นมะเกลือ ผักเสี้ยนผี ช้าพลู ขี้เหล็กทั้ง 5 หัวยาเข้าเย็น เจตมูลเพลิงแดง
		14. ยาแก้ลม อัมพฤกษ์ ลมอัมพาต **1** หน้า 210	ข่าแห้ง ไพลแห้ง กระชายแห้ง พริกไทยดำ ดีปลี เจตมูลเพลิงแดง ขอนดอก โกฐสอจีน โกฐเขมา โกฐเชียง โกฐกระดูก เกสรทั้ง 4 เทียนทั้ง 4 อบเชยญวน จันทน์แดง จันทน์เทศ แก่นสน ก้านสะเดา แก่นขนุน ขิงแห้ง กำแพงเจ็ดชั้น แก่นลั่นทม เถาวัลย์เปรียง แก่นขี้เหล็ก
		15. ยาแก้ลมอัมพฤกษ์ลมอัมพาต2 หน้า 211	ชลูด อบเชยเทศ โกฐกระดูก ใบมะกา สมอเทศ สมอไทย ดีเกลือ เถาวัลย์เปรียง หัวยาข้าวเย็น
		16.ยาแก้อัมพาต ระยะปากเบี้ยว หน้า 212	โกฐกระดูก โกฐหัวบัว เทียนทั้ง 5 จันทน์เทศ อบเชยเทศ เปราะหอม แก่นสน เทียนทั้ง 4 การบูร ลูกพิลังกาสา ขิงแห้ง ดีปลี เจตมูลเพลิงแดง ไพลแห้ง กระชายแห้ง แห้วหมู โกฐสอจีน โกฐจุฬาลัมภา ระย่อม เกสรทั้ง 4 คำฝอย ดีเกลือ ใบมะกา ใบมะคำไก่ สมอไทย กำแพงเจ็ดชั้น ผักหนอก แก่นขี้เหล็ก เถาวัลย์เปรียง หัวยาข้าวเย็น
		17.ยาบำรุงคนเป็น อัมพาต 1 หน้า 213	การบูร พิมเสนเกล็ด เกสรทั้ง 5 โคคลาน เถาเอ็นอ่อน เถาวัลย์เปรียง จันทน์เทศ อบเชยเทศ โกฐหัวบัว ชะเอมเทศ สมอไทย หัวยาข้าวเย็น เปลือกมะรุม เปราะหอม ชะลูด ชะเอมไทย
		18. ยาบำรุงคน เป็นอัมพาต 2 หน้า 214	โกฐสอจีน จันทน์แดง จันทน์เทศ ลูกกระดอม เกสรทั้ง 5 เปราะหอม แฝกหอม แห้วหมู โกฐหัวบัวคำฝอย อบเชยเทศ เปลือกสมุลแว้ง ชะลูด ชะเอมไทย ชะเอมเทศ ตรีผลา โกฐน้ำเต้า เนื้อฝักคูน เถาวัลย์เปรียง
		19.ยาบำรุงคน เป็นอัมพาต 3 หน้า 215	พิมเสนเกล็ด โกฐพุงปลา โกฐจุฬาลัมภา โกฐสอจีน เกสรทั้ง 5 โกฐน้ำเต้า โกฐหัวบัว โกฐกระดูก จันทน์เทศ อบเชยเทศ เปลือกสมุลแว้ง ชะลูด รากหญ้าคา ตรีผลา ใบมะกา เถาวัลย์เปรียง เถารางแดง เถาเอ็นอ่อน
		20.ยาประคบแก้ อัมพาต หน้า 216	พิมเสนเกล็ด โกฐพุงปลา โกฐจุฬาลัมภา โกฐสอจีน เทียนข้าวเปลือก เทียนตาตั๊กแตน ใบส้มป่อย ไพลสด
		21.น้ำมันนวดแก้ ลมอัมพฤกษ์ ลมอัมพาต	กานพลู หอมแดง เทียนทั้ง5 มหาหิงค์ ยาดำ พริกไทยดำ ดีปลี พิมเสนเกล็ด ว่านน้ำ การบูร เปลือกสมุลแว้ง ขิงสด ไพลสด หัวกระเทียมสด ผักเสี้ยนผี เปราะหอม ใบพลับพลึง น้ำมันมะพร้าว
5	ตำราอายุรเวทศึกษา	22.ยาแก้ลมอัมพาต	เปลือกทองหลาวใบมน ไพล ข่า ขมิ้นอ้อย กุ่มทั้ง2 กระเทียม ราก

ที่	ชื่อตำรา	ชื่อตำรับ	ส่วนประกอบยา
	ขุนนิเทสสุขกิจ	ตำรับที่ 965	เจตมูลเพลิง พริกไทย ผักเสี้ยนผี เกลือ การบูร ลูกจันทน์ ดอกจันทน์
		23.ยาทาเส้น ตำรับที่ 1411	พริกไทย ข่า กระชาย หอม กระเทียม มหาหิงค์ ยาดำ ตะไคร้หอม ใบขี้เหล็ก ใบตองแตก ใบมะขาม ใบเลี่ยน ใบมะคำไก่
		24.น้ำมัน ตำรับที่ 1417	ใบลำโพง ใบผักบุ้งขัน ใบขมิ้น หัวขมิ้น หุงใส่ น้ำมะนาว น้ำกระเทียม น้ำมันงา
		25.น้ำมันภาราธิไกร	รากขัดมอน รากขี้เหล็ก รากประคำไก่ รากประคำดีควาย รากเลี่ยน รากรักขาว รากลำโพงทั้งสอง รากชุมเห็ดเทศ รากส้มป่อย ขมิ้นอ้อย ขิง ข่า หุงน้ำมันเม็ดพันธุ์ผักกาด น้ำมันละหุ่ง น้ำมันงา ใส่ดีตะพาบน้ำ ดีงูเหลื่อม พริกหอม พริกหาง พริกล่อน ฝิ่น เทียนทั้ง 5 การบูร

ตารางที่ 3 แสดงความถี่ของสมุนไพรในตำรับยารักษาโรคลมอัมพฤกษ์-ลมอัมพาต

ลำดับ	ชื่อสมุนไพรในตำรับ	ความถี่ของตำรับ (n=25)	ร้อยละ
1.	เจตมูลเพลิง, โกฐสอ	12	48
2.	พริกไทยล่อน	11	44
3.	ดีปลี, บุนนาค, เทียนตาตั๊กแตน	10	40
4.	ขิง, สมอไทย	9	36
5.	เทียนดำ,เทียนแดง,เทียนขาว	8	32
6.	โกฐหัวบัว	7	28
7	จันทน์เทศ, กระวาน	6	24
8.	กานพลู,เทียนข้าวเปลือก, ไพล, เถาวัลย์เปรียง	5	20
9.	เกสรมะลิ,พิกุล,สารภี, บัวหลวง,อบเชย สมุลแว้ง, กานพลู,สมอพิเภก, มะขามป้อม สหัสคุณ, ข้าวเย็น	4	16
10.	ดอกจันทน์,ชะลูด, กระชาย, เปลือกมะรุม ,สะค้าน, ช้าพลู, เปลือกทองหลางใบมน,โกฐเชียง โกฐเขมา	3	12

3. ผลการเชื่อมโยงแนวคิดทฤษฎีการใช้ตำรับยาฟื้นฟูผู้ป่วยโรคลมอัมพฤกษ์-ลมอัมพาตในตำราแพทย์แผนไทย

ตำรับยาที่ใช้รักษาโรคลมอัมพฤกษ์-ลมอัมพาตในตำราแพทย์แผนไทยได้กล่าวถึงอาการโรคมีข้อมูลตามเนื้อความในคัมภีร์ดังนี้

3.1 ลมอัมพฤกษ์อัมพาตกับแนวคิดการใช้ตำรับยา

ในคัมภีร์ชวดาร[6] มีข้อความตอนหนึ่งกล่าวว่า

“อันว่าลมเกิดในทิศเบื้องต่ำ คือลมอัมพฤก อัมพาธ ลมทั้ง 2 นี้บังเกิดปลายแม่เท้าไปตราบเท่าเบื้องบนหวาดหวั่นไหวทั้ง 6 สรีรกายย่อมถึงแก่พินาศเปนอันมาก โดยอธิบายในคัมภีร์ทั้งหลายต่างๆ ในคัมภีร์ชวดารว่าจะได้สมควรหามิได้ อัมพฤกษ์ อัมพาธ ทั้ง 2 นั้นเปนที่ตั้งเปนฐานแห่งลมทั้งหลาย อันบังเกิดจรได้ละ 100 ละ 1000 แพทย์จะได้หยั่งรู้หามิได้ กำหนดได้แต่อัมพฤกษ์อัมพาธ ก็เรียกว่าอัมพฤกษ์อัมพาธ มีครุวรรณาดุจปืนเปนที่ตั้งแห่งดินประสิวลูกกระสุนแลเพลิง จึงแล่นออกจากลำกล้อง ประหารชีวิตสรรพสัตว์ทั้งปวงให้วินาศฉิบหาย อัมพฤกษ์อัมพาธเหมือนลำกล้อง สิ่งอันประกอบเหมือนลมอันจรนั้นแล”

โดยให้ยาแก้ลมอัมพฤกษ์อัมพาต มีทั้งสิ้น 3 ขนาน นอกจากนี้บันทึกดังที่ได้กล่าวไว้ในคัมภีร์ชวดารยังกล่าวถึงสาเหตุสำคัญที่ทำให้ ลมทั้ง2 คือลมอโธคมาวาตาและลมอุธังคมาวาตา ระคนกัน คือการบริโภคอาหารให้โทษ เช่น หวานมาก มันมาก เค็มมาก เปรี้ยวมาก ทำให้ความร้อนจากอาหารหรือการเผาผลาญเกินประมาณทำให้โลหิตร้อนขึ้น ลมไหลเวียนพัดไม่ปกติแปรปรวน

หากวิเคราะห์ลำดับอาการของโรคร่วมกับองค์ประกอบของตำรับยาทั้ง 25 ขนาน จะแบ่งระยะของโรคและอาการเป็น 2 ระยะคือ

ระยะที่1 ระยะรุนแรง ปิตตะกำเริบ องค์ความรู้ดั้งเดิม ใช้วิธีการปล่อยปลิง (leech Therapy) ซึ่งปัจจุบันการแพทย์แผนไทยแทบไม่พบข้อมูลการใช้ มีกล่าวไว้ในคัมภีร์ 2 คัมภีร์คือ คัมภีร์ชวดาร และอภัยสันตา ซึ่ง 2 คัมภีร์นี้จะพูดถึงเรื่องการนำปลิงมาเกาะตามตำแหน่งต่าง ๆ เพื่อรักษาโรค[6]

ตำรับยาที่ใช้ในระยะนี้ จะเป็นกลุ่มยาที่ใช้ลดความร้อนของปิตตะ/ไฟ ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสมุนไพรที่ใช้ลดปิตตะจะเป็น สมุนไพรรสขม รสเย็น และรสจืด ยกตัวอย่างเช่น เกสรมะลิ พิกุล สารภี ชะลูด เป็นต้น

ระยะที่2 ระยะฟื้นฟู มีหลักการรักษาสำคัญคือ การกระจายวาตะ/ลมที่กำเริบขึ้น ทำให้ทางเดินของวาตะ/ลมเคลื่อนที่ได้สะดวกขึ้น การการจายวาตะ ณ ที่นี้กล่าวถึงใน2 นัยคือ การกระจายลมในเส้นแลผิวหนัง เคลื่อนลมที่ติดขัดให้สะดวกซึ่งจะพบในคัมภีร์ชวดาร ตำรับยาจะเป็นยากิน ยาทา ยารม[6] สมุนไพรส่วนใหญ่รสร้อน เช่น ตำรับยาวาตาพินาศ ประกอบด้วยสมุนไพรหลักรสร้อน คือ เบญจกูล พริกไทย ตำรับแก้ลมอัมพฤกษ์อัมพาต ประกอบด้วย ข่า ไพล พริกไทย กระชายแห้ง เป็นต้น ซึ่งการกระจายลมตามนัยนี้เป็นลมที่คัมภีร์ไว้ว่าเป็นลมกองหยาบ เช่น ลมอโธคมาวาตาและลมอุธังคมาวาตา ซึ่งจากงานวิจัยสมุนไพรในเรื่องระบบไหลเวียนเลือด เช่น พริกไทย พบกลไกสำคัญคือ กลไกของ Ca^{2+} movement ซึ่งจะมีผลต่อการยืดหรือหดตัวของหลอดเลือด ในภาวะปกติ Ca^{2+} ภายนอกเซลล์จะเข้าสู่ภายในเซลล์โดยผ่านทาง L-type Ca^{2+} channels ที่อยู่บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ และ Ca^{2+} ที่เข้าสู่เซลล์จะไปกระตุ้นให้มีการหลั่ง Ca^{2+} จากภายในเซลล์ (intracellular Ca^{2+}) ซึ่งจะถูกหลั่งออกมาจาก sarcoplasmic reticulum (SR) ในปริมาณที่เหมาะสม เมื่อมีตัวกระตุ้นต่าง ๆ มารบกวน Ca^{2+} movement ของเซลล์ อาจส่งผลให้ปริมาณของ Ca^{2+} ภายในเซลล์ ทำให้เกิดการยืดหรือหดตัวของเซลล์กล้ามเนื้อเรียบที่หลอดเลือด จึงเกิดการยืดหรือหดตัวของหลอดเลือด[13] ส่งผลต่อระบบไหลเวียนเลือดได้ ทั้งนี้แพทย์แผนไทยแนะนำข้อควรระวังการจ่ายยารสร้อน จะจ่ายในระยะที่มีอาการปิตตะกำเริบนั้นลดลงแล้ว หากปิตตะยังมีกำลังกล้าอยู่ จะใช้ยารสร้อนมิได้ซึ่งขัดต่อทฤษฎีการแพทย์แผนไทยและการใช้การนวดรักษา ยาทา ยานวด ร่วมด้วย

ดังนั้นการกระจายลมในอีกนัยหนึ่งคือ การกระจายลมกองละเอียด เช่น หทัยวาตะ สัตถกวาตะ สุมนาวาตะ ซึ่งกล่าวไว้ในคัมภีร์มหาโชตรัตว่าด้วยเรื่อง โลหิตตีขึ้น[6] ซึ่งตำรับยาที่ใช้เป็นกลุ่มยารสสุขุม ยาหอม ประกอบด้วยสมุนไพรหลัก โกฐ เทียน เกสรมะลิ พิกุล สารภี บัวหลวง อบเชย เป็นข้อสังเกตว่าระยะนี้อาการปิตตะที่กำเริบนั้นลดลงแล้ว หากปิตตะยังมีกำลังกล้าอยู่ จะใช้ยารสร้อนมิได้ซึ่งขัดต่อทฤษฎีการแพทย์แผนไทยและการใช้การนวดรักษา ยาทา ยานวด ร่วมด้วย

สรุป

แนวคิดทฤษฎีการใช้ตำรับยาฟื้นฟูผู้ป่วยโรคลมอัมพฤกษ์-ลมอัมพาตในตำราแพทย์แผนไทย ภูมิปัญญาดั้งเดิมมีการใช้สมุนไพรตำรับต่างๆมากมาย จากบันทึกในตำราแพทย์แผนไทยพบว่า สมุนไพรที่ใช้มากที่สุด 5 ลำดับแรก ได้แก่ เจตมูลเพลิงแดง โกฐสอ พริกไทยล่อน ดีปลี บุนนาค เทียนตาตั๊กแตน ขิง สมอไทย เทียนดำ เทียนแดง เทียนขาว หากพิจารณารสยาจะพบว่าส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มยารสร้อน เช่น เจตมูลเพลิงแดง พริกไทยล่อน ดีปลี ขิง ซึ่งสอดคล้องกับหลักการที่กล่าวว่า อัมพฤกษ์ อัมพาต ในระยะฟื้นฟู ปัญหาสำคัญเกิดจากการเคลื่อนของลมไม่สมดุลกัน เกิดการติดขัดของลมในเส้นเอ็น ข้อต่อ อย่างไรก็ตามการจ่ายยารสร้อนมีข้อควรระวังระยะที่ปิตตะกำเริบ ปวดศีรษะ ความดันโลหิตสูง ไม่ควรจ่ายยาดังกล่าว

เอกสารอ้างอิง

1. กลุ่มยุทธศาสตร์และแผนงานสำนักโรคไม่ติดต่อ. รายงานประจำปีสำนักโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. กรุงเทพ: สำนักงานกิจการโรงพิมพ์ องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2559
2. สำนักงานพัฒนานโยบายสุขภาพระหว่างประเทศ.รายงานภาระโรคและการบาดเจ็บของประชากรไทย พ.ศ. 2557. นนทบุรี: บริษัท เดอะกราฟิโกซิสเต็มส์ จำกัด, 2560
3. สถาบันการแพทย์แผนไทย กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก,กระทรวงสาธารณสุข บัญชีรหัสกลุ่มโรค อาการและหัตถการด้านการแพทย์แผนไทย ฉบับที่ 2715 หน้า 26
4. อารีรัตน์ สุพุทธิธาดา, เสก อักษรานุเคราะห์. การประเมินผู้ป่วยทางเวชศาสตร์ฟื้นฟู. ใน: เสกอักษรานุเคราะห์. ตำราเวชศาสตร์ฟื้นฟู, พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์เทคนิค, 2539:
5. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ในเอกสารการสอนชุดวิชาเวชกรรมแผนไทย. นนทบุรี สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2547.
6. มูลนิธิฟื้นฟูส่งเสริมการแพทย์ไทยเดิมฯ อายุรเวทวิทยาลัย (ชีวกโกมารภัจจ์). ตำราการแพทย์ไทยเดิม (แพทย์ศาสตร์สงเคราะห์) ฉบับอนุรักษ์. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์สามเจริญพานิช, 2535.
7. สำนักการแพทย์ทางเลือก กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก.คู่มือการดูแลผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงด้วยการแพทย์ผสมผสาน.บริษัท วีอินดี้ ดีไซน์ จำกัด, 2557
8. ชยันต์ พิเชียรสุนทร, แม้นมาส ชวลิตและวิเชียร จีรวงส์. คำอธิบายตำราพระโอสถพระนารายณ์.กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์อัมรินทร์, 2548.
9. ขุนนิเทสสุขกิจ. อายุรเวทศึกษา. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์พร้อมจักรการพิมพ์, 2516.
10. ขุนโสภิตบรรณลักษณ์ (อำพัน กิตติขจร).คัมภีร์แพทย์ไทยแผนโบราณ. พระนคร :พิมพ์ที่ 2: โรงพิมพ์สำนักทำเนียบนายกรัฐมนตรี, 2513
11. สุนทร ทองนพคุณ (โกมารภักดิ์) ตำราการบำบัดโรคด้วยยาแผนโบราณ คู่มือนักทำยา เล่ม 2, สำนักพิมพ์บ้านหัวแหลม จังหวัดพระนครศรีอยุธยา,2550
12. สุภางค์ จันทวานิช. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย 2553.
13. Taqvi SIH, Shah, AJ, Gilani AH. Blood pressure lowering and vaso modulator effects of piperine. J Cardiovasc Pharmacol. 2008; 52, 452-458.

[HS-P01] ภูมิปัญญาของหมอพื้นบ้านภาคใต้ในการรักษาแผลจากพิษงูและแผลติดเชื้อ

Wisdom of the Southern Folk Healer for Treating Wounds due to Snake Venom and Infectious Wounds

สิริรัตน์ เลาหประภานนท์*[1], ศรินทร์รัตน์ จิตจำ[1], กัญทร ยินเจริญ[1], สิริญาณ์กร สกุลแก้ว[1], ณัฐติยา นกแก้ว[2], และ สุพัตรา ทองบ้านนา[1]

Sirirat Loahaprapanon*[1], Sarinrat Jitjum[1], Kanyatorn Yincharoen[1], Siriyakorn Sakulkaew[1], Nattiya Nokkaew[2], and Supattra Tongbanna[1]

[1]สาขาการแพทย์แผนไทย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช (ไสใหญ่)

[2]รพ.สต.บ้านควนร่อน ม.4 ต.ทุ่งหลวง อ.เวียงสระ จ.สุราษฎร์ธานี

**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: Si-susu@hotmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยการสัมภาษณ์หมอพื้นบ้านร่วมกับการสังเกต จำนวน 4 ท่าน แบ่งเป็นหมอรักษาแผลเนื่องจากพิษงู จำนวน 3 คน หมอรักษาแผลติดเชื้อ จำนวน 1 คน ผลการศึกษาพบว่าการรักษาแผลเนื่องจากพิษงู ประเมินจากลักษณะและการบวมของแผลร่วมกับการสอบถามอาการ รักษาด้วยตำรับยาสมุนไพรร่วมกับท่องคาถา รูปแบบตำรับยาที่ใช้คือ ยาแช่ ยาพอก และยาต้ม ขึ้นอยู่กับการรักษาของหมอแต่ละคน รวบรวมสมุนไพรที่หมอใช้รักษาได้ 31 ชนิด เช่น เถาเกล็ดนาคราช ฟ้าทะลายโจร โกฐกะกลิ้ง ลำโพงกาสลัก มะนาว เป็นต้น สำหรับการรักษาแผลเนื่องจากติดเชื้อ ประเมินจากการสอบถามอาการร่วมกับการจับชีพจร สังเกตสีผิวบริเวณฝ่ามือ ดูลักษณะและการบวมของแผล รักษาด้วยตำรับยาสมุนไพรโดยพิจารณาจากรสยา ซึ่งหมอใช้รสยา 3 รส ได้แก่ รสฝาด รสเมาเบื่อ และรสเผ็ดร้อน นำมาปรุงเป็นยาต้มรับประทาน รวบรวมสมุนไพรที่หมอใช้รักษาได้ 5 ชนิดคือ ไข่เน่า กระเพรา เล็บมือนาง หนอนตายหยาก และทองพันชั่ง โดยส่วนใหญ่แล้วพืชสมุนไพรในตำรับยาที่หมอทั้ง 4 ท่านใช้มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาในการรักษาแผล ต้านแบคทีเรีย และต้านการอักเสบ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าภูมิปัญญาของหมอพื้นบ้านมีผลในในการรักษาแผลเนื่องจากพิษงูและแผลติดเชื้อ

คำสำคัญ: *หมอพื้นบ้าน, พิษงู, แผลติดเชื้อ, ภาคใต้*

Abstract

This is qualitative research. The method was interview and participant observation. There were 4 folk healers, divided into 3 folk healers for treating the wound due to snake venom and 1 folk healer for treating the wound due to infection. The wound healing due to snake venom by evaluated from the appearance and swelling together with the symptom, treated with herbal recipes together with surfing spells, The herbal recipes were used by infusion, paste, and decoction which depending on the treatment of each folk healer. The herbal that can be used 31 species, such as *Dischidia imbricata* Blume, *Andrographis paniculata* (Burm.f.) Wall.ex Nees., *Strychnos nux-vomica* L., *Datura metel* L., *Citrus aurantifolia* (Christm & Panz), etc. The wound healing due to infection by evaluated from the symptoms together with the pulse observe, the skin color on the palms and look the appearance and swelling. Folk healer treated with herbal recipes which based on medicinal taste, divided into 3 tastes including to astringent taste, drunken taste, and spicy taste. The herbal recipes were used by decoction. The herbal that can be used 5 species were *Vitex glabrata* R. Br., *Ocimum sanctum* Linn., *Quisqualis indica* Linn., *Stemona tuberosa* Lour. and *Rhinacanthus nasutus* Linn. Folk healer's herbal recipes had

pharmacological effects were wound healing, antibacterial, and anti-inflammatory which shows that the wisdom of folk healers is effective in treating wounds due to snake venom and wound infections.

Keywords: *folk healer, snake venom, infectious wounds, Southern*

บทนำ

งูพิษกัดคนยังคงเป็นปัญหาสำคัญทางระบบสาธารณสุขของประเทศไทย อันเนื่องมาจากประเทศไทยตั้งอยู่บนพื้นที่เขตร้อน มีลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศที่เหมาะต่อการดำรงชีวิตและขยายเผ่าพันธุ์ของงูพิษนานาชนิด[1] สำนักระบาดวิทยาได้รับรายงานจากผู้ที่ถูกงูพิษกัดรวม 4,618 ราย อัตราป่วย 7.06 ต่อประชาการ หนึ่งแสนคน โดยพบผู้ถูกงูกัดมากในช่วงฤดูฝนเข้าฤดูหนาวพบสูงสุดในเดือนตุลาคม 731 ราย กลุ่มอาชีพที่ถูกงูกัดมากที่สุด 3 ลำดับแรกคือ อาชีพรับจ้าง ร้อยละ 37.8 รองลงมาคือ เกษตรกรรม ร้อยละ 26.94 และอื่นๆ ร้อยละ 16.69 [2]

ในการรักษาผู้ป่วยที่ถูกงูกัดนั้น ต้องยอมรับว่าศาสตร์การแพทย์แผนปัจจุบันมักถูกเลือกให้มีบทบาทในการรักษาเป็นลำดับแรกๆ จากผู้ป่วย ซึ่งสามารถแบ่งวิธีการดูแลได้ดังนี้ 1. ปฐมพยาบาลผู้ป่วยที่ถูกงูพิษกัด ณ จุดเกิดเหตุ ด้วยการประเมินสภาพ จัดการดามอวัยวะที่ถูกงูพิษกัดให้อยู่นิ่ง และรีบนำผู้ป่วยส่งโรงพยาบาลทันที 2. การจำแนกระดับความรุนแรงตามอาการและอาการแสดง 3. การให้การบำบัดทางพยาบาลตามอาการที่วิกฤตชีวิต เช่น ภาวะหัวใจล้มเหลวเฉียบพลัน ภาวะกล้ามเนื้อลายสลายเฉียบพลัน ภาวะไตวายเฉียบพลัน และการบำบัดทางพยาบาลด้วยการให้เซรุ่มต้านพิษงู 4. การดูแลผู้ป่วยในระยะต่อเนื่องตามพยาธิสรีวิทยาของพิษงูแต่ละชนิด และการฟื้นฟูสุขภาพของผู้ป่วย 5. การให้คำแนะนำเพื่อป้องกันการถูกงูพิษกัดและการปฐมพยาบาลเบื้องต้น [3] ซึ่งสำหรับบทบาทของศาสตร์การรักษาทางแพทย์แผนไทยนั้น มักถูกจัดให้อยู่ในขอบเขตของกระบวนการในข้อที่ 4 คือ การดูแลผู้ป่วยในระยะต่อเนื่องตามพยาธิวิทยาของพิษงูแต่ละชนิด และการฟื้นฟูสุขภาพของผู้ป่วย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความรู้ความเชี่ยวชาญพิเศษของหมอพื้นบ้านแต่ละท่าน ซึ่งโดยส่วนใหญ่พบว่ามีการรักษาด้วยสมุนไพรหลายชนิดประกอบเข้ากันเป็นตำรับยา และอาจมีการใช้หรือไม่ใช้คาถาอาคมเข้าร่วมในการรักษา ขึ้นอยู่ทฤษฎีการรักษาของหมอแต่ละท่าน

แผลติดเชื้อ คือ แผลที่มีการอักเสบลุกลามเป็นบริเวณกว้างซึ่งเกิดจากการติดเชื้อที่มีสิ่งแปลกปลอมหรือสิ่งปนเปื้อนมากในแผล ทำให้มีอาการปวด บวม แดง ร้อน หลังจากนั้นจะเกิดเป็นหนองหรือช้ำเลือดช้ำหนอง ซึ่งจะส่งผลให้เนื้อเยื่อบริเวณนั้นเริ่มตาย [4] ซึ่งเกิดได้จากหลายสาเหตุ แผลจากการถูกงูพิษกัด ก็อาจนำไปสู่การเกิดแผลติดเชื้อได้เช่นเดียวกัน

อย่างไรก็ดีพบว่าการรักษาทางแพทย์แผนปัจจุบันทั้งในปัญหาการถูกงูพิษกัดและอาการแผลติดเชื้อนั้น ยังคงมีข้อจำกัดบางประการ เช่น ผู้ป่วยที่ถูกงูกัดที่ได้รับการฉีดเซรุ่ม อาจมีความเสี่ยงที่จะเกิดการแพ้ได้ หรือปัญหาการดื้อยาในรายที่ต้องใช้ยาปฏิชีวนะเป็นเวลานานๆ ก็เป็นอีกเหตุและปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ปัจจุบันมีการศึกษาค้นคว้าถึงการรักษาด้วยการแพทย์ทางเลือกมากยิ่งขึ้น องค์ความรู้และภูมิปัญญาการแพทย์แผนไทยจึงถือได้ว่าเป็นอีกหนึ่งวิธีที่สามารถเป็นทางเลือกในการรักษาเพื่อเติมช่องว่างของปัญหาดังกล่าวได้

ในงานวิจัยชิ้นนี้มีความประสงค์ที่จะศึกษาและรวบรวมภูมิปัญญาของหมอพื้นบ้านภาคใต้ในการรักษาแผลเนื่องจากพิษงูและแผลติดเชื้อชนิดอื่นๆ ซึ่งประกอบด้วยหมอพื้นบ้านจำนวน 4 ท่าน คือหมอที่รักษาแผลอันเกิดจากพิษงู จำนวน 3 ท่าน ได้แก่ หมอสมบัติ ไชยคชบาล พระอาจารย์บุญช่วย เตชธมโม และหมอชวน ปราบแทน และหมอที่รักษาแผลอันเกิดจากการติดเชื้ออีก 1 ท่าน คือหมอดลอาซีด หวามาก โดยพบว่าหมอทั้ง 4 ท่าน มีประสบการณ์ในการรักษามากกว่า 10 ปี และยังคงมีการรักษาต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน ซึ่งองค์ความรู้ดั้งเดิมของหมอพื้นบ้านเหล่านี้ ยังไม่มีการเรียบเรียงด้วยกระบวนการศึกษาวิจัยอย่างเป็นแบบแผน จึงเป็นที่มาของงานวิจัยชิ้นนี้ ทั้งนี้เพื่อรักษามรดกทางภูมิปัญญานี้ให้คงไว้ซึ่งประโยชน์สืบไป

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ ดำเนินการวิจัยโดยการสำรวจ และสัมภาษณ์เป็นหลัก ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. คัดเลือกพื้นที่ในการศึกษา จะต้องเป็นพื้นที่ที่หมอพื้นบ้านท่านนั้นให้การรักษาผู้ป่วยอย่างต่อเนื่อง และคัดเลือกหมอพื้นบ้านตามเกณฑ์การคัดเลือกหมอพื้นบ้านของระเบียบกรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2555 ที่มีประสบการณ์ในการรักษาผู้ป่วยมากกว่า 10 ปี ยินยอมให้ข้อมูล และเป็นที่ยอมรับของคนในชุมชนนั้นๆ

2. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลทั่วไปของหมอพื้นบ้าน กระบวนการรักษางูกัด ตลอดจนสมุนไพรที่ใช้ในการรักษางูกัด โดยการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างและการสังเกตอย่างมีส่วนร่วม

3. ลงพื้นที่สำรวจสมุนไพรในตำรับยาพร้อมกับหมอพื้นบ้าน และเก็บตัวอย่างสมุนไพรมาศึกษา

4. วิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา ระบุชนิดของสมุนไพรและฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาซึ่งเทียบเคียงจากตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการคัดเลือกพื้นที่และคัดเลือกหมอพื้นบ้าน

จากเกณฑ์ที่กำหนด สามารถคัดเลือกพื้นที่ได้จำนวน 3 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดตรัง และจังหวัดกระบี่ โดยคัดเลือกหมอพื้นบ้านในพื้นที่ดังกล่าวได้จำนวน 4 ท่าน ประกอบด้วยหมอที่รักษาแผลอันเกิดจากพิษงู จำนวน 3 ท่าน คือหมอสมบัติ ไชยคชบาล พระอาจารย์บุญช่วย เตชธมโม และหมอชวน ปราบแทน และหมอที่รักษาแผลอันเกิดจากการติดเชื้อจำนวน 1 ท่าน คือ หมอดลอาซีด หวามาก



ภาพที่ 1 หมอพื้นบ้าน ก. หมอสมบัติ ไชยคชบาล ข. พระอาจารย์บุญช่วย เตชธมโม ค. หมอชวน ปราบแทน ง. หมอดล อาซีด หวามาก

2. ผลการศึกษาข้อมูลของหมอพื้นบ้านที่รักษาแผลอันเกิดจากพิษงู

2.1 ข้อมูลทั่วไปของหมอพื้นบ้าน

หมอสมบัติ ไชยคชบาล อายุ 76 ปี อาศัยอยู่อำเภอนาบอน จังหวัดนครศรีธรรมราช จบการศึกษาชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 อาชีพเกษตรกรร่วมกับรักษาผู้ป่วย และมีใบประกอบโรคศิลปะ พระอาจารย์บุญช่วย เตชธมโม อายุ 43 ปี อาศัยอยู่อำเภอพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช จบการศึกษาระดับปริญญาตรี อาชีพบวชพระร่วมกับรักษาผู้ป่วยอยู่วัดพรหมโลก หมอชวน ปราบแทน อายุ 49 ปี อาศัยอยู่อำเภอนาโยง จังหวัดตรัง จบการศึกษาชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 อาชีพเกษตรกรร่วมกับรักษาผู้ป่วย หมอสมบัติและหมอชวนสืบทอดการรักษามาจากบรรพบุรุษ ส่วนพระอาจารย์บุญช่วยสืบทอดการรักษามาจากอดีตเจ้าอาวาสวัดพรหมโลก หมอทั้ง 3 ท่านศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากตำราและสั่งสมประสบการณ์การรักษามากว่า 20 ปี มีผู้ป่วยเฉลี่ยต่อเดือน 5-10 คน จากข้อมูลทั่วไป พบว่าหมอพื้นบ้านสืบทอดการรักษามาจากบรรพบุรุษและคนใกล้ชิดสอดคล้องกับการศึกษาของเสาวณีย์และรุจินาถ อธิบายว่า หมอพื้นบ้านมีแรงจูงใจและเข้าสู่บทบาทการเป็นหมอพื้นบ้าน เพราะบรรพบุรุษเป็นหมอพื้นบ้าน ตนเองมีประสบการณ์รักษาตนเองหรือญาติใกล้ชิดในครอบครัวจึงมีความสนใจเรียนวิชาแพทย์พื้นบ้านและรักษาผู้ป่วยสืบต่อกันมา[5]

2.2 กระบวนการรักษาของหมอพื้นบ้าน

จากผลการศึกษาพบว่า หมอทั้ง 3 ท่านมีกระบวนการรักษาที่คล้ายคลึงกันคือ เริ่มจากดูลักษณะและการบวมของแผล จากนั้นทำการซักประวัติ สอบถามอาการเจ็บป่วย ดูลักษณะและการบวมของแผลอีกครั้ง แจ้งวิธีการรักษาให้ผู้ป่วยทราบ แล้วจึงเริ่มทำการรักษา กรณีแผลขนาดเล็ก แผลสด ใช้เวลารักษาโดยประมาณ 3 วัน กรณีแผลขนาดใหญ่ แผลเปื่อย ใช้เวลารักษาโดยประมาณ 1 เดือน เมื่อรักษาเสร็จแล้วหมอจะให้คำแนะนำแก่ผู้ป่วยทุกราย กระบวนการรักษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของสุกัญญา และคณะ อธิบายการวินิจฉัยโรคผู้ที่ถูกงูกัดของหมอชาญ หอมกลิ่น โดยจะสอบถามอาการ สังเกต และคลำบริเวณบาดแผล แล้วรักษาด้วยยาสมุนไพร[6]

2.3 รูปแบบการรักษาของหมอพื้นบ้าน

หมอสมบัติใช้สมุนไพร 2 ตำรับในการรักษาแผลที่เกิดจากงูกัดทุกชนิด โดยการนำสมุนไพรมาแช่และตำพอกบริเวณแผลเป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง หรือตามลักษณะอาการของผู้ป่วย ร่วมกับการใช้คาถา พระอาจารย์บุญช่วยใช้สมุนไพรหลายตำรับในการรักษาแผล โดยแยกตำรับยาตามชนิดที่ถูกงูกัด กรณีแผลใหม่จะใช้น้ำมันสมุนไพรทาแผล กรณีแผลเปื่อยจะทำการล้างแผลและจ่ายยาต้ม หมอชวนใช้สมุนไพร 1 ตำรับในการรักษาแผลที่เกิดจากงูกัดทุกชนิด โดยการนำสมุนไพรมาตำพอกบริเวณแผล เป็นเวลา 10-15 นาที แล้วล้างออก ร่วมกับการใช้คาถา จะเห็นได้ว่าหมอสมบัติและหมอชวนมีรูปแบบการรักษาที่คล้ายคลึงกันในเรื่องการใช้สมุนไพรชุดเดียวกับแผลที่เกิดจากงูกัดทุกชนิด และการใช้คาถา สอดคล้องกับการศึกษาของปานวาด อธิบายถึงคาถาและพิธีกรรมในการรักษาโรคของหมอพื้นบ้านช่วงทำการรักษาว่าขั้นตอนของหมอแต่ละคนจะคล้ายคลึงกันคือ เริ่มต้นด้วยการตั้งนะโม 3 จบ ท่องคาถา แล้วลงมือรักษา ทั้งนี้เพื่อสร้างความสบายใจให้แก่ผู้ป่วยและผู้ที่มีความสัมพันธ์ใกล้ชิด[7] สำหรับวิธีการเตรียมยาสอดคล้องกับการรักษาแผลงูกัดของหมอพื้นบ้านท่านอื่นๆ ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะใช้สมุนไพรสดบีบเอาน้ำทาหรือพอก และวิธีการต้มรับประทาน[6, 11, 12]

2.4 ตำรับยาสมุนไพรในการรักษาของหมอพื้นบ้าน

ตำรับยาของหมอสมบัติ 1. ยาแช่ ได้แก่ เถาเกล็ดนาคราช 2. ยาพอก/ยาทา ประกอบด้วยสมุนไพร 15 ชนิด ได้แก่ ขิง ข่า ไพล ขมิ้นอ้อย ว่านมหาเมฆ ช้าพลู ดีปลีเชือก ใบหนาด สะค้าน มะกรูด ใบเสม็ดขาว โกฐสอ มะนาว เจตมูลเพลิงแดง และการบูร ตำรับยาของพระอาจารย์บุญช่วย 1. ตำรับยารักษาแผลงูกะปะกัด ขนานที่ 1 แก้ละลายพิษดับร้อน ประกอบด้วยสมุนไพร 5 ชนิด ได้แก่ ใบรางจืด ผักหวานบ้าน ฟ้าทะลายโจร บัวบก และเสลดพังพอน ขนานที่ 2 แก้เลือดไหลไม่หยุด ประกอบด้วยสมุนไพร 2 ชนิด ได้แก่ ใบรางจืด และหญ้าพันงูแดง 2. ตำรับยารักษาแผลงูเห่ากัด ขนานที่ 1 แก้เหน็บชา ประกอบด้วยสมุนไพร 6 ชนิด ได้แก่ ลำโพงกาสลัก รากอินทนิล หญ้าดอกขาว รากเหมือดคน รากไม้ค้อนตีหมา และโกฐกะกลิ้ง ขนานที่ 2 แก้อาการเจ็บปวด แผลไหม้ ประกอบด้วยสมุนไพร 6 ชนิด ได้แก่ ใบรางจืด ใบผักหวาน ใบฟ้าทะลายโจร ใบบัวบก เสลดพังพอน และใบหญ้าพันงูแดง 3. ตำรับยารักษาแผลงูจงอางกัด แก้พิษ ใช้พืชสมุนไพรเดียวกับตำรับยารักษาแผลงูเห่ากัด ขนานที่ 1 ตำรับยาของหมอชวน 1. ยาพอก ประกอบด้วยสมุนไพร 3 ชนิด ได้แก่ ต้นวาน้ำ ต้นเสม็ดแดง และหญ้าตีนกาทั้ง 5 สำหรับปริมาณการใช้สมุนไพรพบว่าหมอพื้นบ้านทั้ง 3 คน ใช้สมุนไพรสัดส่วนเท่ากันทุกตัว เมื่อวิเคราะห์ผลการศึกษาเบื้องต้นไม่พบสมุนไพรที่ใช้ซ้ำกันของหมอพื้นบ้านทั้ง 3 ท่านที่รักษาแผลจากงูกัด แต่ตำรับยาของพระอาจารย์บุญช่วยจำนวน 5 ขนาน มีการใช้สมุนไพรที่ซ้ำกัน 3 ขนาน จำนวน 1 ชนิด คือ รางจืด สอดคล้องการศึกษาของกรกนก อธิบายว่าชาวกะเหรี่ยงในจังหวัดราชบุรีมีการใช้ใบรางจืดขยี้ปิดแผลเพื่อแก้พิษงู[8] ซึ่งจากการสืบค้นสารสำคัญในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของสมุนไพรดังกล่าวพบว่า มีสารสำคัญกลุ่ม ฟลาโวนอยด์ ได้แก่ อพิจินิน และอพิจินินกลูโคไซด์ โดยอพิจินินสามารถยับยั้งพิษจากสารหนูได้ [9] นองจากนี้มีรายงานการศึกษาสมุนไพรหลายชนิดที่สามารถใช้รักษางูกัดได้ตามการแพทย์ระบบ Siddha ประเทศอินเดีย พบสมุนไพรที่สอดคล้องกับการศึกษานี้คือ โกฐกะกลิ้ง และขมิ้นชัน แก้พิษงูกัด ต้านการติดเชื้อ และรักษาแผลได้ดี [10] ขมิ้นชันเป็นพืชวงศ์เดียวกับขมิ้นอ้อยจึงมีคุณสมบัติที่คล้ายคลึงกันสามารถรักษาแผลงูกัดได้ สำหรับชนเผ่า Paliyar เนินเขา Sathuragiri ประเทศอินเดีย ชนกลุ่มนี้มีการใช้สมุนไพรรักษางูและแมลงป่องกัดกว่า 40 ชนิด สมุนไพรที่สอดคล้องกับการศึกษานี้คือ ลำโพงกาสลัก รักษาแผลจากการโดนพิษงู[11] นอกจากนี้ในชนเผ่า Malayali ประเทศอินเดีย ชนกลุ่มนี้มีการใช้สมุนไพรวงศ์ Acanthaceae รักษางูกัดมากที่สุด สมุนไพรที่สอดคล้องกับการศึกษานี้คือ ฟ้าทะลายโจร[12]

อีกทั้งหมอพื้นบ้านในพื้นที่ป่า Kallar ประเทศอินเดียก็ใช้ฟ้าทะลายโจรในการรักษาพิษงูเช่นเดียวกัน[13] ยิ่งไปกว่านั้นหมอเอียะสายกระสุน หมองูแห่งเทือกเขาพนมดงรัก จังหวัดสุรินทร์ ยังใช้สมุนไพรที่สอดคล้องกับการศึกษานี้คือ มะนาว ซึ่งจะช่วยดูดพิษออกมาที่ปากแผลได้[14] สำหรับพืชสมุนไพรชนิดอื่นมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาในการรักษาแผลได้ดังแสดงในตารางที่ 1

3. ผลการศึกษาข้อมูลของหมอพื้นบ้านที่รักษาแผลอันเกิดจากการติดเชื้อ

3.1 ข้อมูลทั่วไปของหมอพื้นบ้าน

หมอดลอาชีด หวามาก อายุ 56 ปี อาศัยอยู่อำเภอเกาะลันตา จังหวัดกระบี่ จบการศึกษาชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 อาชีพเกษตรกรร่วมกับรักษาผู้ป่วย หมอดลอาชีดรักษาผู้ป่วยด้วยความรู้ที่สืบค้นจากตำรา ลองผิดลองถูกด้วยการต้มยากินเองและรักษาคนในครอบครัวจนอาการดีขึ้น จึงเป็นที่รู้จักของคนในชุมชน หมอดลอาชีดสั่งสมประสบการณ์การรักษามากว่า 20 ปี มีผู้ป่วยเฉลี่ยต่อเดือน 5-10 คน การเรียนรู้ด้วยตนเองของหมอดลอาชีดแตกต่างจากหมอพื้นบ้านทั้ง 3 ท่านที่รักษาแผลอันเกิดจากพิษงูซึ่งสืบทอดการรักษามาจากบรรพบุรุษเป็นรุ่นต่อรุ่น อย่างไรก็ตามหมอพื้นบ้านส่วนใหญ่จะศึกษาความรู้เพิ่มเติมจากตำราเหมือนหมอดลอาชีด ตัวอย่างเช่น หมอชาญ หอมกลิ่น ที่มีแรงจูงใจในการเป็นหมอพื้นบ้านเนื่องจากบิดาถูกงูกัด แล้วไปรักษากับหมอพื้นบ้านท่านหนึ่งจนหายดี จึงได้ปฏิญาณตนว่าจะเป็นหมอพื้นบ้านรักษาผู้ป่วยและศึกษาความรู้เพิ่มเติมจากตำราต่างๆ[6]

3.2 กระบวนการรักษาของหมอพื้นบ้าน

หมอดลอาชีดรักษาผู้ป่วยโดยเน้นการซักประวัติ สอบถามอาการเจ็บป่วยเป็นสำคัญร่วมกับการตรวจร่างกายโดยใช้นิ้วหัวแม่มือจับชีพจรบริเวณข้อมือข้างขวาด้านหัวแม่มือของผู้ป่วย เพราะหมอเชื่อว่ามือขวาอยู่ห่างจากหัวใจมากกว่ามือซ้าย เมื่อเกิดความผิดปกติเลือดจะไหลเวียนไปเลี้ยงได้ยากจึงทำให้เห็นความเจ็บป่วยได้ชัดเจน สังเกตสีผิวบริเวณฝ่ามือ ถ้าฝ่ามือสีแดงเข้มแสดงว่าเป็นโรคร้อน ติดเชื้อ มีไข้ ดูลักษณะและการบวมของแผล อธิบายผลการตรวจและแจ้งวิธีการรักษาให้ผู้ป่วยทราบ แล้วจึงเริ่มทำการรักษา เมื่อรักษาเสร็จแล้วหมอจะให้คำแนะนำแก่ผู้ป่วยทุกราย สิ่งที่แตกต่างจากกระบวนการรักษาทั่วไปคือการจับชีพจรและสังเกตสีผิว มีรายงานการศึกษาของเกศริน และคณะ อธิบายว่าการจับชีพจรทำให้ทราบความหนักเบาของโรคและอาการที่แสดงออก การจับชีพจรจะแตกต่างกันไปในแต่ละหมอ ตัวอย่างเช่น การจับชีพจร 3 ตำแหน่งของหมอท่านหนึ่งที่ได้สืบทอดมาจากบรรพบุรุษคือ บริเวณนิ้วนางข้อที่ 3 บริเวณสร้อยข้อมือเพื่อดูการไหลเวียนโลหิตแดง และบริเวณข้อพับแขนเพื่อนดูการไหลเวียนโลหิตดำ เป็นต้น[15]

3.3 รูปแบบการรักษาของหมอพื้นบ้าน

หมอดลอาชีดใช้พืชสมุนไพรในการรักษาโดยพิจารณาจากรสยาเป็นหลัก เนื่องจากรสยาแต่ละรสมีสรรพคุณรักษาอาการที่แตกต่างกัน ได้แก่ ยารสฝาด ใช้สมานแผล แก้ท้องร่วง แก้บิด ช่วยฆ่าเชื้อโรค ยารสเมาเบื่อ ใช้ทาแก้ปวด ปวดข้อ ปวดกล้ามเนื้อ ยารสเผ็ดร้อน บำรุงธาตุ แก้ปวดท้อง ขับผายลม ท้องอืด โดยการนำสมุนไพรต้มรับประทานครั้งละ 1 ถ้วยกาแฟ ก่อนอาหารเช้า-เย็น อุ่นรับประทานจนกว่าตัวยาจะจืด สอดคล้องกับองค์ความรู้ด้านการแพทย์แผนไทยอธิบายถึงรสยา 9 รส ทั้งนี้มียารสฝาด ชอบสมาน ยารสเมาเบื่อ แก้พิษ ยารสเผ็ดร้อน แก้ลม ตามรูปแบบการรักษาของหมอดลอาชีดด้วย[16]

3.4 ตำรับยาสมุนไพรในการรักษาของหมอพื้นบ้าน

ตำรับยาของหมอดลอาชีด ประกอบด้วยสมุนไพร 5 ชนิด ได้แก่ ไข่เน่า กระเพรา เล็บมือนาง หนอนตายหยาก ทองพันชั่ง หนักสิ่งละ 1 สลึง เมื่อวิเคราะห์ตำรับยาตามหลักการแพทย์แผนไทยพบว่าตัวยาตรงที่ออกฤทธิ์ในการรักษา ได้แก่ รากเล็บมือนาง รากหนอนตายหยาก รากทองพันชั่ง รสเมาเบื่อ แก้โรคผิวหนัง ตัวยารองที่ช่วยเสริมฤทธิ์ตัวยาตรงให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น ได้แก่ เปลือกไข่เน่า รสฝาด บำรุงธาตุ และตัวยาประกอบ ได้แก่ ใบกระเพรา รสเผ็ดร้อน บำรุงผิว ส่งผลให้สรรพคุณของตำรับยาสมุนไพรนี้สามารถรักษาแผล และโรคทางผิวหนังได้ [16] นอกจากนี้ยังมีรายงานทางห้องปฏิบัติการพบว่าทองพันชั่งและเล็บมือนางสามารถต้านเชื้อแบคทีเรียได้ [17-19] รวมถึงหนอนตายหยากสามารถต้านการอักเสบได้ [20] ส่งผลให้สรรพคุณของตำรับยานี้สามารถรักษาแผลติดเชื้อได้ โดยเฉพาะเชื้อแบคทีเรีย สำหรับพืชสมุนไพรชนิดอื่นมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาในการรักษาแผลได้เช่นเดียวกันดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของสมุนไพรในตำรับยาของหมอพื้นบ้านที่รักษาแผลอันเกิดจากพิษงูและแผลติดเชื้อ

ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อวงศ์	ส่วนที่ใช้	ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา
Rhinacanthus nasutus Linn.	Acanthaceae	ใบ และราก	ต้านไวรัส ต้านแบคทีเรีย [17, 18]
Quisqualis indica Linn.	Combretaceae	เมล็ด และใบ	ต้านไวรัส ต้านแบคทีเรีย [19]
Stemona tuberosa Lour.	Stemonaceae	ราก	ต้านการอักเสบ [20]
Zingiber officinale Roscoe	Zingiberaceae	เหง้า	ลดระดับน้ำตาลในเลือด ขับลม [21]
Alpinia galanga (L.) Willd.	Zingiberaceae	เหง้า	ต้านแบคทีเรีย ขับลม [22]
Zingiber cassumunar Roxb.	Zingiberaceae	เหง้า	รักษาบาดแผล แก้บวม [23]
Curcuma zedoaria	Zingiberaceae	เหง้า	เป็นพิษต่อเซลล์มะเร็ง [24]
Piper sarmentosum Roxb.	Piperaceae	ใบ และราก	เป็นพิษต่อเซลล์มะเร็ง [25]
Curcuma aeruginosa Roxb.	Zingiberaceae	เหง้า	ต้านแบคทีเรีย [26]
Blumea balsamifera (L.)	Asteraceae	ราก	ต้านอนุมูลอิสระ ต้านแบคทีเรีย [27]
Melaleuca quinquenervia (Cav.)	Myrtaceae	น้ำมันจากใบ	ต้านแบคทีเรีย [28]
Citrus hystrix DC.	Rutaceae	ใบ ราก และผล	รักษาโรคตับอักเสบ [29]
Citrus aurantifolia Swingle	Rutaceae	ใบ ราก และผล	สารต้านอนุมูลอิสระ ลดไขมัน [30]
Angelica dahurica Benth.	Umbelliferae	หัว	ต้านการอักเสบ [31]
Cinnamomum camphora	Lauraceae	ลำต้น	ต้านเชื้อรา [32]
Plumbago indica (L)	Plumbaginaceae	ราก	สารต้านอนุมูลอิสระ [33]
Piper retrofractum Vahl	Piperaceae	ผล	สารต้านอนุมูลอิสระ [34]
Piper ribesioides Wall	Piperaceae	ผล	ต้านอนุมูลอิสระ ต้านแบคทีเรีย [35]
Sauropus androgynus (L.) Merr.	Euphorbiaceae	ใบ และราก	ต้านแบคทีเรีย ต้านเชื้อรา [36]
Cyathula prostrata (L.) Blume	Amaranthaceae	ใบ	สารต้านอนุมูลอิสระ [37]
Heliciopsis terminalis Sleum	Proteaceae	ผล	ถอนพิษ แก้ไข้ [38]
Centella asiatica	Apiaceae	ใบ	รักษาแผล [39]
Datura metel L.var. fastuosa (Bernh.) Danert.	Solanaceae	ใบ	อุจจาระเป็นมูกเลือด [40]
Lagerstroemia speciosa Pers.	Lythraceae	แก่น	ต้านแบคทีเรีย [41]

ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อวงศ์	ส่วนที่ใช้	ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา
Vernonia cinerea (L) Less.	Compositae	ราก	ต้านแบคทีเรีย ต้านการอักเสบ [42]
Strychnos nux-vomica (L.)	Strychnaceae	เมล็ด	ต้านการอักเสบ [43]
Andrographis paniculata (Burm.f.) Wall. ex Nees	Acanthaceae	ใบ	แก้ไข้ รักษาอาการท้องเสีย [44]
Barleria lupulina Lindl.	Acanthaceae	ใบ	ต้านแบคทีเรีย ต้านอนุมูลอิสระ [45]
Ancistrocladus tectorius (Lour.) Merr.	Ancistrocladaceae	ราก และเถา	ต้านมาลาเรีย [46]
Crotalaria spectabilis Roth.	Fabaceae	ใบ ราก และเถา	ถอนพิษ ต้านการอักเสบ [47]

Cryptocoryne cordata Griff.	Araceae	ใบ	แก้อาการหน้ามืด วิงเวียน [48]
Syzygium gratum (Wight) S.N. Mitra	Myrtaceae	ลำต้น	ต้านการอักเสบ [49]
Eleusine indica (L.) Gaertn	Gramineae	ลำต้น	สารต้านอนุมูลอิสระ [50]
Ocimum sanctum Linn.	Lamiaceae	ใบ	ต้านมะเร็ง [51]
Vitex glabrata R. Br.	Labiatae	เปลือกต้น	รักษาสะเก็ดเงิน [52]
เถาเกล็ดนาคราช	Asclepiadaceae	ลำต้น	ต้านการอักเสบ แก้ปวดบวม [53]

สรุป

งานวิจัยนี้ เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยการสัมภาษณ์หมอพื้นบ้านร่วมกับการสังเกต จำนวน 4 ท่าน แบ่งเป็นหมอรักษาแผลเนื่องจากพิษงู จำนวน 3 ท่าน หมอรักษาแผลติดเชื้อ จำนวน 1 ท่าน ผลการศึกษาพบว่าโดยส่วนใหญ่แล้วหมอจะได้รับการสืบทอดความรู้มาจากบรรพบุรุษหรือคนใกล้ชิด ส่วนการรักษาแผลเนื่องจากพิษงู ประเมินจากลักษณะและการบวมของแผลร่วมกับการสอบถามอาการ รักษาด้วยตำรับยาสมุนไพรร่วมกับท่องคาถา รูปแบบตำรับยาที่ใช้คือ ยาแช่ ยาพอก และยาต้ม ขึ้นอยู่กับการรักษาของหมอแต่ละท่าน โดยรวบรวมสมุนไพรที่หมอใช้รักษาได้ 31 ชนิด ได้แก่ เถาเกล็ดนาคราช ขิง ข่า ไพล ขมิ้นอ้อย ว่านมหาเมฆ ช้าพลู ดีปลีเชือก ใบหนาด สะค้าน มะกรูด ใบเสม็ดขาว โกฐสอ มะนาว เจตมูลเพลิงแดง การบูร ใบรางจืด ผักหวานบ้าน ฟ้าทะลายโจร บัวบก เสลดพังพอน หญ้าพันงูแดง ลำโพงกาสลัก รากอินทนิล หญ้าดอกขาว รากเหมือดคน รากไม้ค้อนตีหมา โกฐกะกลิ้ง ต้นวาน้ำ ต้นเสม็ดแดง และหญ้าตีนกา สำหรับการรักษาแผลเนื่องจากติดเชื้อ ประเมินจากการสอบถามอาการร่วมกับการจับชีพจร สังเกตสีผิวบริเวณฝ่ามือ ดูลักษณะและการบวมของแผล รักษาด้วยตำรับยาสมุนไพรโดยพิจารณาจากรสยา ซึ่งหมอใช้รสยา 3 รส ได้แก่ รสฝาด รสเมาเบื่อ และรสเผ็ดร้อน นำมาปรุงเป็นยาต้มรับประทาน รวบรวมสมุนไพรที่หมอใช้รักษาได้ 5 ชนิดคือ ไข่เน่า กระเพรา เล็บมือนาง หนอนตายหยาก และทองพันชั่ง ซึ่งส่วนใหญ่พืชสมุนไพรในตำรับยาที่หมอทั้ง 4 ท่านใช้มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาในการรักษาแผล ต้านแบคทีเรีย และต้านการอักเสบ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าภูมิปัญญาของหมอพื้นบ้านมีผลในการรักษาแผลเนื่องจากพิษงูและแผลติดเชื้อ

เอกสารอ้างอิง

1. อานุภาพ เลขะกุล. การดูแลรักษาผู้ป่วยถูกงูกะปะกัด. วารสารโลหิตวิทยาและเวชศาสตร์บริการ โลหิต. 2557;24(2):163-73.
2. ชำนาญ ม่วงแดง. งูพิษกัด. สรุปรายงานการเฝ้าระวังโรค ประจำปี 2558 [อินเตอร์เน็ท]. 2558. [เข้าถึงเมื่อ 10 เมษายน 2562] เข้าถึงได้จาก http://www.boe.moph.go.th/Annual/AESR2015/aesr2558/Part%201/09/snake_bite.pdf
3. ชัลวาล วงศ์สารี, จารี ศรีพารัตน์. บทบาทพยาบาลกับการรักษาขั้นต้นและดูแลต่อเนื่องสำหรับผู้ป่วยที่ถูกงูพิษกัด. วารสารมหาวิทยาลัยคริสเตียน. 2561;24(3):467-78.
4. สุรเกียรติ อาชานุภาพ. ตำราการตรวจรักษาโรคทั่วไป 2. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: โฮลิสติก พับลิชชิ่ง; 2553. 916 หน้า.
5. เสาวณีย์ กุลสมบูรณ์ และรุจินาถ อรรถสิษฐ์. สถานภาพและทิศทางการวิจัยภูมิปัญญาพื้นบ้านด้านสุขภาพ. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานการแพทย์พื้นบ้านไทย; 2550. 200 หน้า.
6. สุกัญญา รักไร่กลาง, อรวรรณ วัชรพัฒนกุล, สุวภัทร บุญเรือน. การศึกษาภูมิปัญญาหมอพื้นบ้านด้านการรักษาพิษงูจังหวัดสุพรรณบุรี กรณีศึกษา : หมอชาญ หอมกลิ่น. การประชุมวิชาการระดับชาติ “แพทย์แผนไทยภูมิปัญญาของแผ่นดิน”; 29-30 สิงหาคม 2559; วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดพิษณุโลก. 2559. หน้า 935-45.
7. ปานวาด มากนวล. คาถาและพิธีกรรมในการรักษาโรคของหมอพื้นบ้าน: บทวิเคราะห์และมุมมองในเชิงคติชนวิทยา. Humanities Journal. 2014;21(1):90-123.
8. กรกนก ตั้งจิตมั่น. พฤกศาสตร์พื้นบ้านของชาวกะเหรี่ยง หมู่บ้านห้วยน้ำหนัก ตำบลตะนาวศรี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี. วารสารพฤกษศาสตร์ไทย. 2560;9(2):253-72.

9. ปารัณกุล ตั้งสุขฤทัย. สมุนไพรรางจืด. วารสารการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก. 2558;13(3):261-4.
10. Manonmani S, Madhavan R, Shanmugapriya P, Manjari V, Murugesan S, Banumathi V. A Review of beneficial effects of Siddha medicinal herbs on Snake bite. International Journal of Current Research in Biology and Medicine. 2016;1(7):27-35.
11. Aadhan K and Anand SP. Traditional herbal medicines for the treatment of snake bite and scorpion sting by the Paliyar's tribes of Sathuragiri hills. Journal of Medicinal Plants Studies. 2017;5(2):1-5.
12. Chinnappan A. Ethnomedicinal plants used for the treatment of snake bites by Malayali tribal's and rural people in Salem district, Tamilnadu, India. International Journal of Biosciences. 2013;3(2):42-53.
13. Anaswara KS, Dileepkumar R, Anoop PK, Oommen VO. Ethnomedicinal plants used for snake envenomation by folk traditional practitioners from Kallar forest region of South Western Ghats, Kerala, India. Journal of Intercultural Ethnopharmacology. 2015;4(1):47-51.
14. มุกดา หนุ่ยศรี. สมุนไพรที่ใช้บำบัดภาวะฉุกเฉินทางสุขภาพในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย. บทที่ 4 [อินเตอร์เน็ท]. 2560. [เข้าถึงเมื่อ 10 เมษายน 2562] เข้าถึงได้จากhttp://ird.stou.ac.th/Researchlib/ShowDataResearch.php?AutoID=2560_031
15. เกศริน มณีนูน, บดินทร์ ชาตะเวที, จอมขวัญ ดาคง, นัฐพล เคียนขัน, นงลักษณ์ กุลวรรัตต์. การศึกษาภูมิปัญญาการใช้สมุนไพรรักษาโรคโลหิตระดูสตรีของหมอพื้นบ้านในจังหวัดกระบี่และสงขลา. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 2560;22(3):243-58.
16. กองการประกอบโรคศิลปะ สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข. ตำราแพทย์แผนโบราณทั่วไป สาขาเภสัชกรรม. มปป. 277 หน้า.
17. Ngoc TM, Phuong NTT, Khoi NM, Park S, Kwak HJ, Nhiem NX, et al. A new naphthoquinone analogue and antiviral constituents from the root of *Rhinacanthus nasutus*. Nat Prod Res. 2018;1:1-7.
18. Loahaprapanon S, Yincharoen K, Nukong J, Chanwun T. An Investigation on the Antibacterial and Antibiofilm Efficacy of a Traditional Thai Herbal Recipe (THR 01) against Clinical Isolates of Methicillin Resistant *Staphylococcus Aureus* (MRSA) and *Staphylococcus epidermidis*. International Journal of Agricultural Technology.2018;14(3):325-32.
19. Afify AEMMR, Hassan HMM. Free radical scavenging activity of three different flowers-Hibiscus rosa-sinensis, *Quisqualis indica* and *Senna surattensis*. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine. 2016;6(9):771-7.
20. Lim D, Lee E, Jeong E, Jang YP, Kim J. *Stemona tuberosa* prevented inflammation by suppressing the recruitment and the activation of macrophages in vivo and in vitro. Journal of ethnopharmacology, 2015;160:41-51.
21. Li Y, Tran V H, Kota BP, Nammi S, Duke CC, Roufogalis BD (2014). Preventative effect of *Zingiber officinale* on insulin resistance in a high-fat high-carbohydrate diet-fed rat model and its mechanism of action. Basic & clinical pharmacology & toxicology, 2014;115(2):209-15.
22. Gupta P, Bhatter P, D'souza D, Tolani M, Daswani P, Tetali P, Birdi T. Evaluating the anti-Mycobacterium tuberculosis activity of *Alpinia galanga* (L.) Willd. axenically under reducing oxygen conditions and in intracellular assays. BMC complementary and alternative medicine, 2014;14(1):84.
23. Singh CB, Manglembi N, Swapana N, Chanu SB. Ethnobotany, phytochemistry and pharmacology of *Zingiber cassumunar* Roxb.(Zingiberaceae). Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2015;4(1)

24. Rahman SA, Nur S, Abdul Wahab N, Malek A, Nurestri S. In vitro morphological assessment of apoptosis induced by antiproliferative constituents from the rhizomes of *Curcuma zedoaria*. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. 2013.
25. Ariffin SHZ, Omar WHHW, Ariffin ZZ, Safian MF, Senafi S, Wahab RMA. (2009). Intrinsic anticarcinogenic effects of *Piper sarmentosum* ethanolic extract on a human hepatoma cell line. Cancer Cell International,2009;9(1):6.
26. Jose S, Thomas TD. Comparative phytochemical and anti-bacterial studies of two indigenous medicinal plants *Curcuma caesia* Roxb. and *Curcuma aeruginosa* Roxb. International Journal of Green Pharmacy (IJGP). 2014;8(1)
27. Pang Y, Wang D, Fan Z, Chen X, Yu F, Hu X, Yuan L. *Blumea balsamifera*—A phytochemical and pharmacological review. Molecules, 2014;19(7):9453-77.
28. Jang HN, Park SN. Antimicrobial activity of Niaouli (*Melaleuca quinquenervia*) leaf extracts against skin flora. Journal of the Society of Cosmetic Scientists of Korea. 2014;40(3):313-20.
29. Abirami A, Nagarani G, Siddhuraju P. Hepatoprotective effect of leaf extracts from *Citrus hystrix* and *C. maxima* against paracetamol induced liver injury in rats. Food science and human wellness, 2015;4(1):35-41.
30. Loizzo MR, Tundis R, Bonesi M, Menichini F, De Luca D, Colica C et al. Evaluation of *Citrus aurantifolia* peel and leaves extracts for their chemical composition, antioxidant and anti-cholinesterase activities. Journal of Science of Food and Agriculture. 2012;92(15):2960-67.
31. Wei W, Wu XW, Deng GG, Yang XW. Anti-inflammatory coumarins with short-and long-chain hydrophobic groups from roots of *Angelica dahurica* cv. Hangbaizhi. Phytochemistry, 2016;123:58-68.
32. Pragadheesh VS, Saroj A, Yadav A, Chanotiya CS, Alam M, Samad A. Chemical characterization and antifungal activity of *Cinnamomum camphora* essential oil. Industrial crops and products, 2013;49:628-33.
33. Sukkasem N, Chatuphonprasert W, Tatiya-aphiradee N, Jarukamjorn K. Imbalance of the antioxidative system by plumbagin and *Plumbago indica* L. extract induces hepatotoxicity in mice. Journal of intercultural ethnopharmacology. 2016;5(2):137.
34. Jadid N, Hidayati D, Hartanti SR, Arraniry BA, Rachman RY, Wikanta W. Antioxidant activities of different solvent extracts of *Piper retrofractum* Vahl. using DPPH assay. In AIP Conference Proceedings. 2017;1854(1): 020019.
35. Hakimi Wan SALLEH WMN, Ahmad F, Khong HY. Chemical composition of *Piper stylosum* Miq. and *Piper ribesioides* Wall. essential oils, and their antioxidant, antimicrobial and tyrosinase inhibition activities. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas. 2014;13(5).
36. Wibowo S. Festival kreasi cipta menu olahan pangan berbahan baku daun katuk dan daun kelor. [Internet]. 2014. [Accessed on May 22]. Available from: http://dinkes.probolinggokab.go.id/?mod=posting&id =19.
37. Sonibare MA, Olatubosun OV. Pharmacognostic and free radical scavenging Evaluation of *Cyathula prostata* (Blume) L. Pharmacognosy Journal. 2015;7(2)
38. เหมือดคน.[Internet].[AccessedMay 2019]. Available from: http://www.ayurvedicthai.com/pluginfile.php/57/mod_book/chapter/47.

39. Bylka W, Znajdek-Awizen, P Studzinska-Sroka E, Danczak-Pazdrowska A, Brzezinska M. *Centella asiatica* in dermatology: an overview. Phytotherapy research. 2014;28(8):1117-24.
40. Issaravanich S, Ruangrungsi N, Palanuvej C, Vipunngeun N, Rungsihirunrat K. Microscopic, molecular and scopolamine content evaluations of *Datura metel* L. var. metel and *D. metel* L. var. fastuosa in Thailand. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2013;4(2):1009-21.
41. Laruan LMV, Balangcod T, Balangcod K, Patacsil M, Apostol O, Manuel J, Vallejo V. Phytochemical and antibacterial study of *Lagerstroemia speciosa* (L.) Pers. and its ethnomedicinal importance to indigenous communities of Benguet Province, Philippines. 2013.
42. Dogra NK, Kumar S. A review on ethno-medicinal uses and pharmacology of *Vernonia cinerea* Less. Natural product research. 2015;29(12):1102-17.
43. Chen J, Wang X, Qu Y G, Chen ZP, Cai H, Liu X, Cai BC. Analgesic and anti-inflammatory activity and pharmacokinetics of alkaloids from seeds of *Strychnos nux-vomica* after transdermal administration: Effect of changes in alkaloid composition. Journal of ethnopharmacology. 2012;139(1):181-8.
44. Hossain MD, Urbi Z, Sule A, Rahman KM. *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Wall. ex Nees: a review of ethnobotany, phytochemistry, and pharmacology. The Scientific World Journal. 2014.
45. Kumari R, Kumar S, Kumar A, Goel KK, Dubey RC. Antibacterial, antioxidant and Immuno-modulatory properties in extracts of *Barleria lupulina* Lindl. BMC complementary and alternative medicine. 2017;17(1): 484.
46. Bringmann G, Zhang G, Olschlager T, Stich A, Wu J, Chatterjee M, Brun R. Highly selective antiplasmodial naphthylisoquinoline alkaloids from *Ancistrocladus tectorius*. Phytochemistry. 2013;91:220-8.
47. Suwanchaikasem P, Phadungcharoen T, Sukrong S. Authentication of the Thai medicinal plants sharing the same common name 'Rang Chuet': *Thunbergia laurifolia*, *Crotalaria spectabilis*, and *Curcuma aff*. amada by combined techniques of TLC, PCR-RFLP fingerprints, and antioxidant activities. Science Asia. 2013;39:124-33.
48. วิทย์ เที่ยงบูรณธรรม. วาน้ำ. หนังสือพจนานุกรมสมุนไพรไทย. พิมพ์ครั้งที่ 5. หน้า 720-1.
49. Stewart P, Boonsiri P, Puthong S, Rojpibulstit P. Antioxidant activity and ultrastructural changes in gastric cancer cell lines induced by Northeastern Thai edible folk plant extracts. BMC complementary and alternative medicine. 2013;13(1):60.
50. Sagnia B, Fedeli D, Casetti R, Montesano C, Falcioni G, Colizzi V. Antioxidant and anti-inflammatory activities of extracts from *Cassia alata*, *Eleusine indica*, *Eremomastax speciosa*, *Carica papaya* and *Polyscias fulva* medicinal plants collected in Cameroon. PloS one. 2014;9(8):e103999.
51. Baliga MS, Jimmy R, Thilakchand KR, Sunitha V, Bhat NR, Saldanha E, Palatty PL. *Ocimum sanctum* L (Holy Basil or Tulsi) and its phytochemicals in the prevention and treatment of cancer. Nutrition and cancer. 2013;65(sup1):26-35.
52. Singh SK, Chouhan HS, Sahu AN, Narayan G. Assessment of in vitro antipsoriatic activity of selected Indian medicinal plants. Pharmaceutical biology. 2015;53(9):1295-301.

53. ฐานข้อมูลพันธุ์ไม้ องค์การสวนพฤษศาสตร์ [อินเตอร์เน็ท]. 2556. [เข้าถึงเมื่อ 15 เมษายน 2562] เข้าถึงได้จาก http://www.qsbg.org/database/Botanic_Book%20full%20option/search_detail.asp?botanic_id=2649&fbclid=IwAR04aV4K1MUDonbEVJEsV1zRTaehQjRg1BHgb6Om90M6-LBv7JCP8QKhRaM

[HS-P02] ฤทธิ์ความเป็นพิษของสารสกัดใบย่านางต่อเซลล์มะเร็งตับ

Cytotoxicity Activity of *Tiliacora triandra* Leaf Extract on Hepatocarcinoma Cell

พรทิพย์ เพลินศิลป์*
Pornthip Ploensil*
คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยรังสิต
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: pornthip.pl@rsu.ac.th*

บทคัดย่อ

โรคมะเร็งตับเป็นสาเหตุการเสียชีวิตหนึ่งในสามอันดับแรกของผู้ป่วยโรคมะเร็งรายใหม่ในประชากรไทย การรักษาผู้ป่วยโรคมะเร็งตับด้วยยาเคมีบำบัดเป็นทางเลือกหนึ่งของการรักษาด้วยแผนปัจจุบัน ผลข้างเคียงของยาเคมีบำบัดเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งเซลล์ปกติของร่างกายถูกทำลายไปพร้อมกับเซลล์มะเร็งได้ ย่านาง *(Tiliacora triandra* Diels) เป็นสมุนไพรไทยพื้นบ้านที่มีฤทธิ์เย็น มีสรรพคุณถอนพิษและลดไข้ และมีรายงานวิจัยพบว่าย่านางมีฤทธิ์ต้านเซลล์มะเร็งได้ แต่ยังไม่มีรายงานการศึกษาฤทธิ์ของใบย่านางในการต้านเซลล์มะเร็งตับ ผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์ศึกษาฤทธิ์ความเป็นพิษของสารสกัดหยาบใบย่านางต่อเซลล์มะเร็งตับเพาะเลี้ยงชนิด HepG2 ด้วยวิธี XTT assay ผลการศึกษาพบว่าสารสกัดหยาบใบย่านางเมื่อสกัดตัวทำละลาย 95% เอทานอลที่ระดับความเข้มข้น 0.50 ถึง 4.00 mg/mL มีความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งตับ HepG2 โดยสารสกัดใบย่านางที่ระดับความเข้มข้น 2.37 mg/mL สามารถยับยั้งการรอดชีวิตของเซลล์มะเร็ง HepG2 ได้ร้อยละ 50 (IC_{50}) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าสารสกัดใบย่านางเมื่อสกัดด้วยตัวทำละลาย 95% เอทานอล มีความเป็นพิษในการยับยั้งเซลล์มะเร็งตับเพาะเลี้ยงชนิด HepG2 ได้ จัดเป็นสมุนไพรไทยที่ควรแก่การศึกษาสารออกฤทธิ์และพัฒนาต่อยอดสารสกัดที่ได้จากธรรมชาติมาใช้ร่วมกับการรักษาแพทย์ทางเลือกเพื่อลดอาการข้างเคียงที่เกิดจากยาเคมีบำบัดสังเคราะห์ได้ในอนาคต

คำสำคัญ: *สารสกัดย่านาง, เซลล์มะเร็งตับ, ความเป็นพิษต่อเซลล์*

Abstract

Hepatocarcinoma is one of three cause of death among new cancer patients in Thailand. There are many work up procedures can be used for treatment and chemotherapy is the most usable but the undesired effects, especially normal cells, can be occurred. *Tiliacora triandra* Diels leaves is Thai traditional herb for detoxification and antipyretic. There are some reports on anti-cancer activity of *Tiliacora triandra* leaf extract. However, no study has been examined the effect of *Tiliacora triandra* leaf extract in hepatocellular carcinoma. The aim of this study is to determine the cytotoxic effect of the *Tiliacora triandra* leaves extract against hepatocarcinoma cell line (HepG2) by XTT assay. The results of *Tiliacora triandra* leaves extract using 95% ethanol in varying concentration of 0.50 to 4.00 mg/mL were illustrated the percentage of inhibitory effect. From these result, *Tiliacora triandra* extracts inhibited the HepG2 cell growth with IC50 of 2.37 mg/mL when compared with control ($p<0.05$). In conclusion, the 95% ethanolic *Tiliacora triandra* leaf extracts had inhibitory effect against hepatocarcinoma cell line (HepG2.), it will be the good candidate for further pharmaceutical study as the alternative regimen for reduce the side effects of synthetic drugs.

Keywords: *Tiliacora triandra extract, Hepg2, cell cytotoxicity*

บทนำ

โรคมะเร็งจัดเป็นปัญหาสาธารณสุขของไทยและมีแน้วโน้มผู้ป่วยโรคมะเร็งรายใหม่เพิ่มขึ้นทุกปี โรคมะเร็งมักเป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับต้นของประชากรไทยในปัจจุบัน จากสถิติของสถาบันมะเร็งแห่งชาติในปี พ.ศ. 2560 พบว่าอุบัติการณ์ของโรคมะเร็งที่พบมากเป็น 3 อันดับแรกในประเทศไทย ได้แก่ อันดับ 1 มะเร็งเต้านม อันดับ 2 มะเร็งตับและมะเร็งท่อน้ำดี และอันดับ 3 มะเร็งลำไส้ใหญ่ โดยโรคมะเร็งตับและมะเร็งท่อน้ำดีพบมากเป็นอันดับหนึ่งในผู้ป่วยชายไทย มะเร็งชนิดนี้มีความรุนแรงและมีพยากรณ์โรคไม่ดีหากไม่ได้รับการรักษาตั้งแต่แรก[1] สาเหตุสำคัญของการป่วยเป็นโรคมะเร็งตับในประชากรไทยส่วนใหญ่นั้นเกิดจากการติดเชื้อไวรัสตับอักเสบบีหรือไวรัสตับอักเสบซีแบบเรื้อรัง[2] นอกจากนี้พฤติกรรมการดื่มแอลกอฮอล์ การรับประทานอาหารที่ปนเปื้อนสารอะฟลาทอกซิน (aflatoxin) และยากำจัดศัตรูพืชเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งตับที่พบได้ในประชากรไทยอีกด้วย[3] การรักษามะเร็งตับด้วยยาเคมีบำบัดเป็นทางเลือกการรักษาแผนปัจจุบันที่มีประสิทธิภาพโดยเฉพาะอย่างยิ่งระยะที่มีการแพร่กระจายของมะเร็ง แต่มีผลข้างเคียงต่อผู้ป่วยโดยเฉพาะอย่างยิ่งเซลล์ปกติของร่างกายสามารถถูกทำลายได้จึงส่งผลต่อการทำงานของอวัยวะต่างๆ อาการข้างเคียงที่พบได้แก่ คลื่นไส้อาเจียน ภูมิต้านทานต่ำ ผมร่วง และท้องเสีย[4]

ย่านาง (*Tiliacora triandra* Diels) เป็นสมุนไพรไทยที่พบได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย มีฤทธิ์เป็นยาเย็น มีสรรพคุณตามตำรับยาแพทย์แผนไทยในการถอนพิษและแก้ไข้ เช่น ไข้พิษ ไข้สุกใส ถอนพิษผิดสำแดง และแก้เบื่อเมา[5, 6] จากสรรพคุณของย่านาง จึงทำให้ในปัจจุบันมีผู้สนใจนำใบย่านางมาทำน้ำดื่มสมุนไพรกันอย่างแพร่หลาย อีกทั้งในปัจจุบันมีรายงานวิจัยศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของสมุนไพรย่านาง พบว่ามีฤทธิ์ในการกระตุ้นการทำงานของเซลล์ประสาท[7] ฤทธิ์การยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย (anti-bacterial)[8] ต้านเชื้อมาลาเรีย (anti-malarial)[9] ต้านอนุมูลอิสระ (anti-oxidant)[10] ลดการอักเสบ (anti-inflammation)[11] และฤทธิ์ต้านเซลล์มะเร็ง (anti-cancer) เช่น เซลล์มะเร็งปอด[12, 13] และเซลล์มะเร็งในช่องปาก[13] ทั้งนี้ยังไม่มีรายงานการศึกษาฤทธิ์ย่านางในการต้านเซลล์มะเร็งตับซึ่งเป็นมะเร็งที่พบมากเป็น 3 อันดับแรกในประเทศไทย ดังนั้นผู้วิจัยจึงให้ความสำคัญและสนใจศึกษาฤทธิ์เบื้องต้นของสารสกัดหยาบใบย่านางในการต้านเซลล์มะเร็งตับเพาะเลี้ยง โดยมีวัตถุประสงค์ในศึกษาฤทธิ์ความเป็นพิษของสารสกัดหยาบใบย่านางต่อเซลล์มะเร็งตับเพาะเลี้ยงชนิด human hepatocellular carcinoma cells และเป็นข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้นในการพัฒนาสารสกัดจากธรรมชาติที่ได้จากสมุนไพรไทยเพื่อนำมาใช้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการรักษาด้วยวิธีแพทย์ทางเลือกต่อไปได้ในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัสดุและอุปกรณ์สารเคมี

อุปกรณ์และสารเคมีสำคัญที่ใช้ในการศึกษาวิจัยนี้ ได้แก่ อาหารเลี้ยงเซลล์ เช่น Dulbecco's Modified Eagle Medium (DMEM), Fetal bovine serum (FBS), Non-essential amino acid (NEAA), L-glutamine, Antibiotic-Antimycotic (Gibco, USA) สารเคมี เช่น Dimethy sulfoxide (Sigma, USA.) XTT Cell Proliferation Assay Kit (Applichem, Germany) Trypan blue (British drug Houses, England), และอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น Rotary evaporator (Buchi, Switzerland)

2. การเพาะเลี้ยงเซลล์มะเร็ง

นำเซลล์มะเร็งตับเพาะเลี้ยงชนิด HepG2 (human hepatocellular carcinoma cells) มาเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเซลล์ที่ประกอบด้วยอาหารเลี้ยงเซลล์ DMEM ที่ประกอบด้วย 10% FBS, 1% L-glutamine และ1% Antibiotic-Antimycotic และเพาะเลี้ยงเซลล์ในตู้อบเพาะเลี้ยงที่มี 5% CO_2 ที่อุณหภูมิ 37°C โดยทำการ subculture ทุกๆ 72 ชั่วโมง

3. การสกัดใบย่านาง

นำใบย่านางสดมาล้างน้ำเปล่าให้สะอาดและผึ่งให้แห้ง หลังจากนั้นนำมาปั่นให้เป็นผงละเอียดและนำผงใบย่านางมาสกัดด้วย 95% เอทานอล เป็นเวลา 5 วัน จากนั้น นำมากรองและนำสารสกัดที่ได้ไประเหยตัวทำละลายด้วยเครื่อง Rotary evaporator หลังจากนั้นนำไปอบให้แห้งด้วย Hot air oven ที่อุณหภูมิ 50°C นำมาชั่งน้ำหนักแห้งที่ได้ แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ -20°C และก่อนการทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งตับ HepG2 ทำการเตรียม Stock crude extract solution โดยนำสารสกัดหยาบใบย่านางมาละลายด้วย DMSO ให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 1 g/mL เพื่อนำมาใช้ทดสอบในขั้นตอนต่อไป

4. การทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดใบย่านาง

ก่อนการทดสอบความเป็นพิษทำการนับเซลล์มะเร็งตับเพาะเลี้ยง HepG2 ที่ย้อมด้วยสี 0.4% Trypan blue เป็นเวลา 5-10 นาที โดยนับแยกจำนวนเซลล์ที่มีชีวิตรอด (ไม่ติดสี) และเซลล์ตาย (ติดสีฟ้า) บน Counting Chamber ด้วยกล้องจุลทรรศน์และคำนวณร้อยละการมีชีวิตรอดของเซลล์ โดยเซลล์ที่นำมาทดสอบจะต้องมีร้อยละการมีชีวิตรอดมากกว่าร้อยละ 90

ขั้นตอนการทดสอบความเป็นพิษดัดแปลงจาก Sandeep และคณะ[14] โดยนำเซลล์มะเร็งตับ HepG2 มาเพาะเลี้ยงใน 96 well plate โดยให้มีปริมาณเซลล์ในแต่ละหลุมเท่ากับ $1x10^4$ เซลล์ และนำไปเพาะเลี้ยงในตู้อบเพาะเลี้ยงที่มี 5% CO_2 ที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นเติมสารสกัดหยาบใบย่านางที่ละลายใน DMSO ให้มีความเข้มข้นสุดท้ายเท่ากับ 0.50, 1.00, 1.25, 1.50, 1.75, 2.00, 2.25, 2.50, 2.75, 3.00, 3.25, 3.50, 3.75 และ 4.00 mg/mL ลงในแต่ละหลุม แล้วนำไปเพาะเลี้ยงต่อเป็นเวลา 48 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาเติม XTT working solution 50 µL ในแต่ละหลุม แล้วนำไปเพาะเลี้ยงในตู้อบเพาะเลี้ยงที่มี 5% CO_2 ที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 2-5 ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 nm ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (ELISA reader) คำนวณค่าร้อยละอัตราการมีชีวิตรอด (cell viability percentage) โดยเปรียบเทียบกับ Growth control ซึ่งเป็นหลุมปฏิกิริยาที่ไม่ใส่สารทดสอบใดๆ ต่อเซลล์มะเร็ง HepG2 และการทดสอบนี้ได้ใช้ Standard drug เป็นยา 5-Florouracil ที่ระดับความเข้มข้น 1.00 mg/mL และกลุ่มควบคุม DMSO vehicle ที่ระดับความเข้มข้นเดียวกันในสารละลายสารสกัดใบย่านางเข้มข้น 4.00 mg/mL และคำนวณค่าร้อยละยับยั้งการมีชีวิตรอด (inhibitory effect percentage) โดยทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง รายงานค่า mean $\pm$ SD พร้อมทั้งวิเคราะห์ค่า IC_{50} โดยใช้โปรแกรม Sigma Plot version 10.0

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

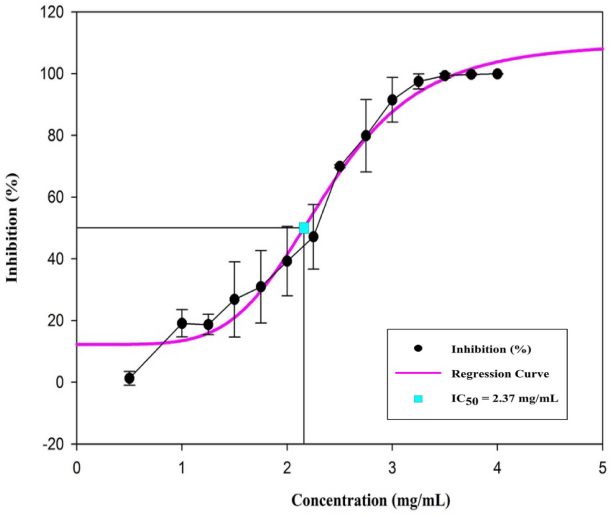
จากการศึกษาความเป็นพิษของสารสกัดหยาบใบย่านางด้วยวิธี XTT assay พบว่าสารสกัดหยาบใบย่านางที่ระดับความเข้มข้น 0.50, 1.00, 1.25, 1.50, 1.75, 2.00, 2.25, 2.50, 2.75, 3.00, 3.25, 3.50, 3.75 และ 4.00 mg/mL มีค่าร้อยละอัตราการยับยั้งการรอดชีวิตของเซลล์มะเร็งตับเพาะเลี้ยงชนิด HepG2 เท่ากับ 1.27 $\pm$ 2.20, 19.12 $\pm$ 4.40, 18.72 $\pm$ 3.30, 26.84 $\pm$ 12.16, 30.92 $\pm$ 11.72, 39.25 $\pm$ 11.21, 47.11 $\pm$ 10.46, 69.94 $\pm$ 0.51, 79.88 $\pm$ 11.71, 91.50 $\pm$ 7.26, 97.44 $\pm$ 2.45, 99.35 $\pm$ 0.75, 99.80 $\pm$ 0.35 และ 99.96 $\pm$ 0.08 ตามลำดับ กล่าวคือเมื่อระดับความเข้มข้นของสารสกัดหยาบใบย่านางมากขึ้นส่งผลให้ฤทธิ์การยับยั้งการรอดชีวิตของเซลล์มะเร็งตับเพาะเลี้ยงชนิด HepG2 มากขึ้น โดยที่ระดับความเข้มข้นของสารสกัดย่านางตั้งแต่ 3.50 ถึง 4.00 mg/mL มีฤทธิ์ยับยั้งการรอดชีวิตของเซลล์มะเร็งตับได้มากกว่าร้อยละ 90 ซึ่งสารสกัดย่านางที่ระดับความเข้มข้นเริ่มตั้งแต่ 1.00 mg/mL สามารถยับยั้งเซลล์มะเร็งตับได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ($p < 0.05$) จากผลการทดสอบยามาตรฐาน 5-FU ที่ระดับความเข้มข้น 1.00 mg/mL พบว่ามีค่าร้อยละอัตราการยับยั้งการรอดชีวิตเท่ากับร้อยละ 87.80 $\pm$ 1.21 ดังตารางที่ 1 ทั้งนี้ความเข้มข้นของ DMSO ในสารสกัดไม่เป็นพิษต่อเซลล์มะเร็ง HepG2 (Data not shown) และเมื่อวิเคราะห์ค่าร้อยละยับยั้งการรอดชีวิตของเซลล์มะเร็งตับเพาะเลี้ยงชนิด HepG2 ด้วยโปรแกรม Sigma plot โดยสารสกัดใบย่านางที่ระดับความเข้มข้น 2.37 mg/mL สามารถยับยั้งการรอดชีวิตของเซลล์มะเร็ง HepG2 ได้ร้อยละ 50 (IC_{50}) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ดังแสดงในภาพที่ 1

ตารางที่ 1 สารสกัดใบย่านางที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ และยามาตรฐาน 5-FU กับร้อยละอัตราการยับยั้งการรอดชีวิตของเซลล์มะเร็งตับเพาะเลี้ยงชนิด HepG2

สารทดสอบ	ร้อยละอัตราการยับยั้งการรอดชีวิต (mean ± SD)[a]
สารสกัดใบย่านาง (mg/mL)	
0.50	1.27 ± 2.20
1.00	19.12 ± 4.40*
1.25	18.72 ± 3.30*
1.50	26.84 ± 12.16*
1.75	30.92 ± 11.72*
2.00	39.25 ± 11.21*
2.25	47.11 ± 10.46*
2.50	69.94 ± 0.51*
2.75	79.88 ± 11.71*
3.00	91.50 ± 7.26*
3.25	97.44 ± 2.45*
3.50	99.35 ± 0.75*
3.75	99.80 ± 0.35*
4.00	99.96 ± 0.08*
ยามาตรฐาน 5-FU (mg/mL)	
1.00	87.80 ± 1.21*

[a] Mean ± standard deviation (N = 3)

*$p < 0.05$ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับ Growth control



ภาพที่ 1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละอัตรายับยั้งการรอดชีวิตของเซลล์มะเร็งตับ HepG2 กับสารสกัดใบย่านางระดับความเข้มข้นต่างๆ (IC_{50} = 2.37 mg/mL)

งานวิจัยทางการแพทย์รายงานฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของสมุนไพรย่านาง โดยพบว่าย่านางมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ต้านเชื้อมาลาเรีย ต้านอนุมูลอิสระ ลดการอักเสบ และต้านเซลล์มะเร็งได้ [7] ทั้งนี้ยังไม่มีรายงานการศึกษาฤทธิ์ย่านางในการต้านเซลล์มะเร็งตับ ผู้วิจัยจึงให้ความสนใจศึกษาฤทธิ์สารสกัดหยาบใบย่านางเมื่อสกัดด้วยตัวทำละลาย 95% เอทานอล ผลการศึกษาพบว่าสารสกัดใบย่านางมีฤทธิ์ยับยั้งเซลล์มะเร็ง HepG2 ได้ จากรายงานวิจัยที่ค้นคว้าสมุนไพรไทยหลากหลายชนิดพบว่าโดยส่วนใหญ่สารออกฤทธิ์ในสมุนไพรไทยประกอบด้วยกลุ่มของสารประกอบฟีนอลิกและสารอัลคาลอยด์ซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ ต้านมะเร็ง และต้านการอักเสบ เป็นต้น[15] สุรพงษ์และคณะได้ศึกษาสารออกฤทธิ์ในใบย่านางเมื่อสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล พบว่าสารสกัดใบย่านางประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ในกลุ่มของสารอัลคาลอยด์ สารฟลาวานอยด์ แทนนิน และซาโปนิน[16] จากรายงานของศศิธรและคณะได้ศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดหยาบใบย่านางเมื่อสกัดด้วยตัวทำละลาย 70% เอทานอลพบว่าสารสกัดที่ได้มีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 150 mg GAE/100 g extract และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยมีค่า Total antioxidant capacity เท่ากับ 45.8 mg TEAC/100 g extract[15] ศศมลและประเสริฐได้ทำการศึกษาสารสกัดใบพญาวานรเมื่อสกัดสารด้วยตัวทำละลายเอทานอล พบว่าสารสกัดที่ได้มีสารออกฤทธิ์ในกลุ่มสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 1.80 mg GAE/ g extract ส่งผลให้มีฤทธิ์ฆ่าเซลล์มะเร็งเต้านมและเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่ได้[17] จากงานวิจัยเบื้องต้นอาจกล่าวได้ว่า สารออกฤทธิ์ที่มีผลเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งตับเพาะเลี้ยงอาจเนื่องมาจากการมีสารประกอบฟีนอลิกและสารอัลคาลอยด์เป็นองค์ประกอบอยู่ในสารสกัดหยาบใบย่านางที่สกัดด้วยวิธี maceration ในตัวทำละลาย 95% เอทานอล ซึ่งผู้วิจัยจะต้องทำการศึกษาต่อไป

จากผลการทดสอบพบว่าสารสกัดใบย่านางที่ระดับความเข้มข้น 2.37 mg/mL สามารถยับยั้งการรอดชีวิตของเซลล์มะเร็ง HepG2 ได้ร้อยละ 50 (IC_{50}) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของจิตรา สิงห์ทอง ได้ทำการศึกษาความเป็นพิษของสารสกัดใบย่านางในตัวทำละลาย น้ำ เอทานอล และ อะซิโตนต่อเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่ Caco-2 พบว่าสารสกัดใบย่านางจากตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด สามารถฆ่าเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่ Caco-2 โดยมีค่า IC_{50} มากกว่า 100 μg/mL[18] และสอดคล้องกับรายงานของรัชฎาพรและคณะได้ศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดใบย่านางเมื่อสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลพบว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและมีความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่ Caco-2 โดยมีค่า IC_{50} มากกว่า 350 μg/mL[6] เมื่อเปรียบเทียบสารสกัดใบย่านางกับยามาตรฐาน 5-FU ที่ระดับความเข้มข้น 1 mg/mL พบว่าสารสกัดใบย่านางยังคงมีฤทธิ์ยับยั้งเซลล์มะเร็ง HepG2 ได้น้อยกว่ายามาตรฐาน 5-FU ซึ่งยับยั้งเซลล์มะเร็ง HepG2 ได้ร้อยละ 87.8 จากงานวิจัยของ Huangและคณะ ได้ทดสอบฤทธิ์ความเป็นพิษของยา 5-FU ต่อเซลล์มะเร็ง HepG2 พบว่ามีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.662 mmol/L (86.1 μg/mL) [7]

สารสกัดหยาบใบย่านางเมื่อสกัดตัวทำละลาย 95% เอทานอลสามารถฆ่าเซลล์มะเร็งได้ โดยมีค่า IC_{50} ของการยับยั้งเซลล์มะเร็งอยู่ในระดับความเข้มข้น mg/mL ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยของจิตรา สิงห์ทองและรัชฎาพรและคณะที่มีค่า IC_{50} ของการยับยั้งเซลล์มะเร็งในระดับ μg/mL อาจเนื่องมาจากชนิดของเซลล์มะเร็งที่ทำการทดสอบต่างชนิดกัน แต่อย่างไรก็ตามยาเคมีบำบัดที่พัฒนามาจากการศึกษาสารสกัดจากธรรมชาติ เช่น สารสกัดจากต้นแพงพวยฝรั่ง (*Catharanthus roseus*) ซึ่งมีสารออกฤทธิ์คือ vinblastine และถูกนำมาพัฒนาเป็นยาเคมีบำบัดในการรักษามะเร็งรังไข่ในปัจจุบันซึ่งใช้ยาในระดับความเข้มข้น 12 mg/m^2/day ยาเคมีสังเคราะห์ เช่น ยามาตรฐาน 5-FU เป็นยาเคมีบำบัดที่ใช้รักษามะเร็งหลายชนิดที่จัดอยู่ในยาบัญชีหลักแห่งชาติ โดยใช้ในการรักษาแบบฉีดเข้าทางเส้นเลือด และถูกนำมาใช้ร่วมกับยาเคมีบำบัดชนิดอื่นๆ เพื่อเสริมฤทธิ์การรักษามะเร็ง ตัวอย่างโรคมะเร็งที่ใช้ยา 5-FU รักษา ได้แก่ มะเร็งตับและมะเร็งท่อน้ำดี มะเร็งเต้านม มะเร็งปากมดลูก มะเร็งลำไส้ใหญ่และมะเร็งลำไส้ตรง มะเร็งหลอดอาหาร และมะเร็งกระเพาะอาหาร โดยการรักษาจะใช้ความเข้มข้นอยู่ที่ระดับตั้งแต่ 400-1,000 mg/m^2/day เมื่อใช้ระดับความเข้มข้นปริมาณมากจึงมีผลข้างเคียงต่อร่างกายมากเช่นกัน[19] ทั้งนี้ในการพัฒนาปรับปรุงให้สารสกัดออกฤทธิ์ยับยั้งเซลล์มะเร็งได้ดีขึ้นให้มีประสิทธิภาพยับยั้งเซลล์มะเร็งโดยให้มีค่า IC_{50} ระดับ μg/mL จะเป็นผลดีต่อเซลล์ปกติ ผู้วิจัยจะต้องพัฒนาวิเคราะห์สารออกฤทธิ์และเพิ่มประสิทธิภาพของการละลายสารสกัดย่านางใน DMSO จากการที่มีตะกอนบางส่วน รวมทั้งระยะเวลาการสกัดสารสกัดหยาบและตัวทำละลายที่เหมาะสมที่จะต้องศึกษาต่อไป

สรุป

เมื่อสกัดใบย่านางด้วยวิธีการ maceration ในสารละลาย 95% เอทานอล พบว่าสารสกัดหยาบใบย่านางสามารถฆ่าเซลล์มะเร็งตับ HepG2 ได้ โดยความเข้มข้นของสารสกัดหยาบใบย่านางที่ระดับความเข้มข้น 2.37 mg/mL สามารถยับยั้งการรอดชีวิตของเซลล์มะเร็งตับ HepG2 ได้ร้อยละ 50 ผลการวิจัยนี้สามารถนำมาต่อยอดทางความคิดในอนาคต โดยวิเคราะห์ตัวทำละลายและระยะเวลาการสกัดที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มฤทธิ์ของสารสกัดหยาบให้สามารถยับยั้งเซลล์มะเร็งได้ดียิ่งขึ้น และวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ที่มีในสารสกัด รวมทั้งศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพและกลไกในการยับยั้งเซลล์มะเร็งของสารสกัดบริสุทธิ์ใบย่านาง ทั้งนี้เพื่อพัฒนาประยุกต์ใช้ในทางคลินิกกับการรักษาด้วยวิธีแพทย์ทางเลือกในผู้ป่วยมะเร็งตับต่อไปได้ในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ดร. พงศกร มาตย์วิเศษ อาจารย์คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่ให้การอนุเคราะห์เซลล์มะเร็งตับเพาะเลี้ยงชนิด HepG2 ในการทดลองนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Hospital-Based Cancer Registry 2017. National Cancer Institute: Information Technology Division; 2017. 94 p.
2. Chonprasertsuk S, Vilaichone R-k. Epidemiology and treatment of hepatocellular carcinoma in Thailand. Japanese Journal of Clinical Oncology. 2017; 47(4):294-7. https://doi.org/10.1093/jjco/hyw197
3. Chitapanarux T, Phornphutkul K. Risk Factors for the Development of Hepatocellular Carcinoma in Thailand. Journal of clinical and translational hepatology. 2015;3(3):182-8. https://doi.org/10.14218/JCTH.2015.00025
4. กระทรวงสาธารณสุข สถาบันมะเร็งแห่งชาติ กรมการแพทย์. แนวทางการตรวจคัดกรอง วินิจฉัยและรักษาโรคมะเร็งตับและท่อน้ำดี. พิมพ์ครั้งที่ 2 บริษัทโฆสิตการพิมพ์จำกัด. หน้า 155
5. มหาวิทยาลัยมหิดล สำนักงานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์. ย่านางอาหารที่เป็นยา10 เมษายน 2562]. Available from: https://www.pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/34/.
6. Aunwilai R. Bioactivity and Functional properties of Yanang, Krueo Manoy and Rang Chuet extracts. Suranaree University of Technology, technology Ioa; 2011.
7. Thong-Asa W, Tumkiratiwong P, Bullangpoti V, Kongnirundonsuk K, Tilokskulchai K. Tiliacora triandra (Colebr.) Diels leaf extract enhances spatial learning and learning flexibility, and prevents dentate gyrus neuronal damage induced by cerebral ischemia/reperfusion injury in mice. Avicenna J Phytomed. 2017; 7(5):389-400.
8. Sureram S, Senadeera SPD, Hongmanee P, Mahidol C, Ruchirawat S, Kittakoop P. Antimycobacterial activity of bisbenzylisoquinoline alkaloids from Tiliacora triandra against multidrug-resistant isolates of Mycobacterium tuberculosis. Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters. 2012;22(8):2902-5. https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2012.02.053
9. Saiin C, Markmee S. Isolation of Anti-malarial Active Compound from Yanang (*Tiliacora triandra* Diels) 2003.
10. Phunchago N, Wattanathorn J, Chaisiwamongkol K. Tiliacora triandra, an Anti-Intoxication Plant, Improves Memory Impairment, Neurodegeneration, Cholinergic Function, and Oxidative Stress in Hippocampus of Ethanol Dependence Rats. Oxidative Medicine and Cellular Longevity. 2015;2015:9. https://doi.org/10.1155/2015/918426

11. Weerawatanakorn M, Rojsuntornkitti K, Pan M-H, Wongwaiwech D. Some Phytochemicals and Anti-inflammation Effect of Juice from Tiliacora triandra Leaves. Journal of Food and Nutrition Research. 2018; 6(1):32-8.
12. Kaewpiboon C, Winayanuwattikun P, Yongvanich T, Phuwapraisirisan P, Assavalapsakul W. Effect of three fatty acids from the leaf extract of Tiliacora triandra on P-glycoprotein function in multidrug-resistant A549RT-eto cell line. Pharmacogn Mag. 2014; 10(Suppl 3):S549-S56.https://doi.org/10.4103/0973-1296.139779
13. Phadungkit M, Rattana S, Cushnie B, Taepongsorat L. Chemical Constituents and In Vitro Anticancer Activity of Tiliacora Triandra Leaves. 2012. https://doi.org/10.5530/pj.2016.1.1
14. Kusuma DS, Tanneeru K, Didla S, Devendra BN, Kiranmayi P. Antineoplastic Activity of Monocrotaline Against Hepatocellular Carcinoma2014. https://doi.org/10.2174/1871520614666140715085907
15. Sirilun S, Kesika P, Chaiyasut K, Sittiyuno P, Peerajan S, Sivamaruthi B. Total phenolic content and free radical scavenging activity of representative medicinal plants of Thailand2017. 137-41 p. https://doi.org/10.22159/ajpcr.2017.v10i11.20741
16. Rattana S, Phadungkit M, Cushnie B. Phytochemical Screening, Flavonoid Content and Antioxidant Activity of Tiliacora Triandra Leaf Extracts. 2010.
17. ผาสุข ศศมบ, ประเสริฐ มีรัตน์. ความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งเต้านมและเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่ของสารสกัดหยาบฮว่านง็อก. Thai Science and Technology Journal. 2014:848-60.
18. Singthong J, Oonsivilai R, Oonmetta-aree J, Ningsanond S. Bioactive Compounds And Encapsulation Of Yanang (Tiliacora Triandra) Leaves2014. 76-84 p. https://doi.org/10.4314/ajtcam.v11i3.11
19. สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ. คู่มือแนวทางการรักษาโรคมะเร็งในผู้ใหญ่ พ.ศ. 2561 เพื่อขอรับค่าบริการสาธารณสุข ในระบบหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ. พิมพ์ครั้งที่ 1 บริษัท สหมิตรพริ้นติ้งแอนด์พับลิสชิ่ง จำกัด 2561. หน้า 192

[HS-P03] การศึกษาโรคเบาหวานตามแนวคิดทฤษฎีแพทย์แผนไทย
A Study on Concepts and Theory for Diabetes (DM) in Thai Traditional Medicine

จักรกริศน์ แสนใจ[1], ญาณินท์ พลดงนอก[1], และ ปุณยนุช อมรดลใจ*[2]
Jakkarit Sangai[1], Yanin Phondongnok[1], and Punyanut Amorndoljai[2]*
[1]*หลักสูตรการแพทย์แผนไทยประยุกต์บัณฑิต วิทยาลัยการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี*
[2]*อาจารย์/วิทยาลัยการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี*
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: krucat09@yahoo.co.th*

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ เพื่อให้ทราบอาการของโรคเบาหวานอย่างถูกต้องตามสมุฏฐานแพทย์แผนไทย และเพื่อจำแนกอาการและการรักษาโรคเบาหวานตามทฤษฎีตรีธาตุ โดยใช้การวิจัยเอกสาร และการประชุมกลุ่มย่อยจากผู้ทรงคุณวุฒิและคณาจารย์ ผลการศึกษาพบว่า ตำราการแพทย์แผนไทยดั้งเดิม ชุดอาการที่สัมพันธ์กับโรคเบาหวาน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มอาการเริ่มเป็นโรคเบาหวาน และกลุ่มอาการแทรกซ้อน สาเหตุสำคัญ คือ อาหาร อิริยาบถ การทำงานหนัก ความโศกเศร้าเสียใจและความโกรธ พบในคัมภีร์เวชศึกษาและคัมภีร์ธาตุวิวรณ์ เรื่องการบริโภคอาหารและอารมณ์โกรธ เป็นเหตุให้พิกัดตัวควบคุมสมุฏฐานเตโชธาตุ (ไฟ) ทำงานเกินกำลัง อาการเริ่มของโรคเบาหวานจากปิตตะกำเริบนำไปสู่เสมหะ (ธาตุน้ำ) กำเริบ เกิดการคั่งของเลือดและน้ำเหลือง ทำให้เกิดอาการแทรกซ้อนของโรคเบาหวาน หลักการรักษาโรคเบาหวานตามทฤษฎีการแพทย์แผนไทยจึงใช้ตำรับยาลดการกำเริบของปิตตะและเสมหะ ใช้ตำรับยาเพิ่มวาตะ ให้การไหลเวียนเลือดดีขึ้น สรุปการศึกษาโรคเบาหวานตามแนวคิดทฤษฎีแพทย์แผนไทยอาการนำและอาการแทรกซ้อนของโรคบ่งบอกถึงความไม่สมดุลของธาตุในร่างกาย แนวคิดสำคัญของแพทย์แผนไทยเน้นที่การป้องกัน การรักษาสมดุล ตามทฤษฎีตรีธาตุปิตตะถือว่าสำคัญเสมือนเป็น “วังหน้า”

คำสำคัญ: *เบาหวาน, ทฤษฎีแพทย์, มธุระเมหะ*

Abstract

This study is qualitative research that aims to know the symptoms of diabetes according to Traditional Thai Medicine (TTM) and to classify the symptoms and treatment of diabetes according to Tridosha (Pitta Vata Kapha) by document research and focus group from experts and lecturers. The results show that TTM textbook a group of symptoms associated with diabetes, divided into 2 groups: the early symptoms and its complications. The main causes of the disease are food, posture, hard work, sadness and anger from Khamphi Wetchasuksa. In addition, the wrong time and a lot of food consumption and anger are found from Khamphi Thatwiphang. As a result, the coordinates of the control fire element are hard work. The symptoms of diabetic start from Pitta, after that leading to Kapha recurrence and Interfering with the normal movement of Vata that carries blood and lymph to nourish various organs. Those are the complications of diabetes. The principles of treating diabetes regarded as the theory of TTM. Therefore, the drug formula is used to reduce the recurrence of Pitta and Kapha. Then the drug formula adds Wata for improving blood circulation. Conclusions, a study on Concepts and Theory for Diabetes (DM) in TTM, the early symptoms and complications of the disease indicate the imbalance of the elements in the body. The important concept of TTM focuses on prevention and balance. According to the theory of the Tridosha, Pitta is considered important as a military leader (Wang Na).

Keywords: diabetes, traditional Thai medicine theory, *Maturamaeha*

บทนำ

โรคเบาหวานเป็นโรคเรื้อรังที่ไม่ติดต่อ ซึ่งกำลังเป็นปัญหาสำคัญทางด้านสาธารณสุขและคุกคามสุขภาพของประชากรอย่างรวดเร็วไปทั่วโลก ส่งผลกระทบต่อการพัฒนาทั้งด้านเศรษฐกิจ- สังคม และทางด้านสาธารณสุขเป็นอย่างมาก จากข้อมูลสมาพันธ์เบาหวานนานาชาติ(International diabetes federation :IDF) ได้รายงานว่าในปัจจุบันทั่วโลกมีผู้เสียชีวิตด้วยโรคเบาหวาน 4 ล้านคนต่อปี เฉลี่ย 8 วินาทีต่อ 1 คน สำหรับผู้เป็นเบาหวานพบมากกว่า 425 ล้านคน[1] และยังพบว่า 1 ใน11 คนของประชากรวัยทำงานเป็นโรคเบาหวาน สิ่งที่ IDF ตั้งข้อสังเกตสำคัญคือ ร้อยละ 50 ของประชากรทั้งโลกไม่ได้รับการตรวจวินิจฉัยโรคเบาหวาน[1] สำหรับประเทศไทยคาดว่าในปี พ.ศ.2583 ประเทศไทยจะมีผู้ป่วยเบาหวานสูงถึง 5.3 ล้านคน ซึ่งกระทรวงสาธารณสุขจะต้องใช้เงินในการดูแลรักษาผู้ป่วยเป็นจำนวนเงินเกือบ 47,596 ล้านบาทต่อปี[2] และในแต่ละปีก็ยังมีผู้ป่วยโรคเบาหวานในอัตราส่วนที่พุ่งสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องสืบเนื่องมาจากพฤติกรรมการปฏิบัติตัวของผู้ป่วยที่ส่งเสริมให้มีความเสี่ยงในการเกิดโรคเบาหวานมากขึ้น เป็นอุปสรรคในการพัฒนาระบบสาธารณะสุขเป็นอย่างมาก

การแพทย์แผนไทยเป็นภูมิปัญญาดั้งเดิมในการรักษาโรคของประเทศที่มีและพัฒนามาก่อนการค้นพบโรคเบาหวาน ซึ่งพบร่องรอยกล่าวถึงว่า เป็นโรคที่มีมาตั้งแต่สมัยพุทธกาลซึ่งระบุไว้ในบทสวดคิริมานนทสูตรหรือที่ชาวพุทธเรียกว่า “อาพาธสูตร” ว่าด้วยการหายอาพาธของพระคิริมานนท์ โดยมีใจความตอนหนึ่งกล่าวถึงโรคเบาหวาน แปลมาจากคำว่า มธุเมโห อาพาโธ ในการรักษาอาการของโรคเบาหวาน ยังไม่มีการระบุชื่อโรคเบาหวานในตำราของการแพทย์แผนไทยอย่างชัดเจนทำให้การเชื่อมต่อขององค์ความรู้ตามแนวคิดทฤษฎีการแพทย์แผนไทยขาดการอธิบาย ขาดความเชื่อมโยงระหว่างการแพทย์แผนไทยกับการแพทย์แผนปัจจุบันจึงทำให้การรักษาโรคเบาหวานเป็นแบบแยกส่วน ขาดมิติขององค์ความรู้ตามศาสตร์การแพทย์แผนไทย

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่องโรคเบาหวานตามแนวคิดทฤษฎีการแพทย์แผนไทยเพื่อศึกษาอาการของผู้ป่วยโรคเบาหวานได้อย่างถูกต้องตามสมุฏฐานแพทย์แผนไทย และเพื่อจำแนกอาการและการรักษาโรคเบาหวานตามทฤษฎีตรีธาตุ เพื่อเป็นการนำร่องในการนำองค์ความรู้ทางแพทย์แผนไทยเข้ามาแก้ปัญหาผู้ป่วยโรคเบาหวานที่เพิ่มสูงขึ้นในปัจจุบันตั้งแต่เริ่มมีอาการ

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) โดยมีการศึกษา 2 วิธี ได้แก่

1. การวิจัยเอกสาร (Documentary research) จากแหล่งที่มาของข้อมูลที่จัดเก็บรวบรวม เอกสารวิชาการ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง หนังสือ คัมภีร์[3] ตำราการแพทย์แผนไทย ประกอบด้วยเอกสารโดยจัดลำดับดังนี้

เอกสารชั้นต้น ประกอบด้วย

คัมภีร์แพทย์แผนไทยดั้งเดิมเป็นตำราการแพทย์แผนไทยที่มีการบันทึกมาหลายร้อยปี ในตำราทางการแพทย์แผนไทยคือคัมภีร์เวชศาสตร์วัณณา,แพทย์ศาสตร์สงเคราะห์ภูมิปัญญาทางการแพทย์และมรดกทางวรรณกรรมของชาติ (พ.ศ.2542) ของกระทรวงศึกษาธิการ และตำราเวชศึกษา แพทย์ศาสตร์สังเขป เล่ม 1-3 ของพระยาพิศนุประสาทเวช (หมอคง) คัมภีร์แพทย์ไทยแผนโบราณ ขุนโสภิตบรรณลักษณ์ ตำราพระโอสถพระนารายณ์

ส่วนตำราที่รวบรวมโดยขุนนิเทสสุขกิจ ใช้ชื่อว่า“ ตำราอายุรเวทศึกษา” ซึ่งกล่าวถึงองค์ความรู้แพทย์แผนโบราณกับ “ตำราแพทย์ศาสตร์นิเทส” ซึ่งกล่าวถึงความรู้แพทย์แผนปัจจุบัน เขียนไว้ในปี 2516 ซึ่งกล่าวถึงตรีธาตุสมุฏฐาน

เอกสารชั้นรอง ประกอบด้วย

เอกสารวิชาการ คู่มือการฝึกปฏิบัติวิชาชีพการแพทย์แผนไทย สื่อการสอนทางไกล กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก

เกณฑ์ในการคัดเลือกข้อมูล[4]

1) เอกสารและแหล่งข้อมูลต่างๆต้องเป็นเอกสารที่ให้ข้อมูลแท้จริง (origin)

2) เอกสารและแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ต้องมีความน่าเชื่อถือ (credibility) 3

3) เอกสารและแหล่งข้อมูลต่างๆจะต้องเป็นตัวแทน (representativeness)

4) เอกสารและแหล่งข้อมูลต่างๆจะต้องมีความหมาย (meaning)

2. การประชุมกลุ่มย่อย (Focus group)

จากผู้ทรงคุณวุฒิและคณาจารย์จากสถาบันการศึกษาการแพทย์แผนไทยที่มีประสบการณ์การเรียน การสอนทางด้านการแพทย์แผนไทย ทั้งหมด 11 ท่าน

การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล[4]

การวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยจะเก็บข้อมูลควบคู่กับการวิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินผล และใช้ระบบตรวจสอบคุณภาพข้อมูลตามโครงสร้างของประเด็นคำตอบที่ได้สร้างเป็นเครื่องมือช่วยไว้แล้ว เครื่องมือใช้เก็บข้อมูล ดังนี้

1) การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำแหล่งข้อมูลที่ได้จากการค้นคว้าทั้งหมดมาเก็บข้อมูลโดยวิธีการอ่านพร้อมกับวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) ตามประเด็นของคำตอบที่ต้องการ

2) การสังเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำประเด็นที่วิเคราะห์มาจำแนกย่อย ให้แต่ละประเด็นอยู่ในกลุ่มหมวดหมู่เดียวกันซึ่งเรียกว่าการสรุปประเด็นหลัก (Theme) ตามที่ได้สร้างไว้เป็นเครื่องมือช่วย

การตรวจสอบคุณภาพข้อมูล

ระบบการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลโดยนักวิจัย (ผู้วิจัย) ผู้วิจัยนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้ผ่านขบวนการ วิเคราะห์สังเคราะห์และประเมินผลนำมาเข้าสู่ขบวนการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลในเชิงเหตุผลทางข้อเท็จจริง ดังนี้

การควบคุมคุณภาพ[4]

การควบคุมคุณภาพและการตรวจสอบคุณภาพข้อมูล ผู้วิจัยนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้ผ่านขบวนการวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินผลนำมาเข้าสู่ขบวนการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลในเชิงเหตุผลทางข้อเท็จจริง ดังนี้

1) ใช้วิธีตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลใช้วิธี Investigator Triangulation โดยการนำข้อมูลไปให้ผู้ให้ข้อมูลอ่านซ้ำอีก เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ตรงกับความเป็นจริงโดยข้อมูลที่ได้จะต้องไม่มีความขัดแย้งในทฤษฎีการแพทย์แผนไทย

2) ใช้วิธีการตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า (Methodological Triangulation) คือการแสวงหาความเชื่อถือได้ของข้อมูลจากแหล่งที่แตกต่างกัน

3) การตรวจสอบสามเส้าด้านทฤษฎี (Theory Triangulation) คือ การตรวจสอบว่าถ้าผู้ศึกษาวิจัยใช้แนวคิดทฤษฎีที่ต่างไปจากเดิม จะให้การตีความข้อมูลแตกต่างกันมากน้อยเพียงใดโดยการสัมภาษณ์กลุ่ม (Focus group) คณาจารย์จากสถาบันการศึกษาการแพทย์แผนไทยที่มีประสบการณ์การเรียน การสอนที่เกี่ยวข้องกับการตรวจวินิจฉัยโรคตามทฤษฎีการแพทย์แผนไทย

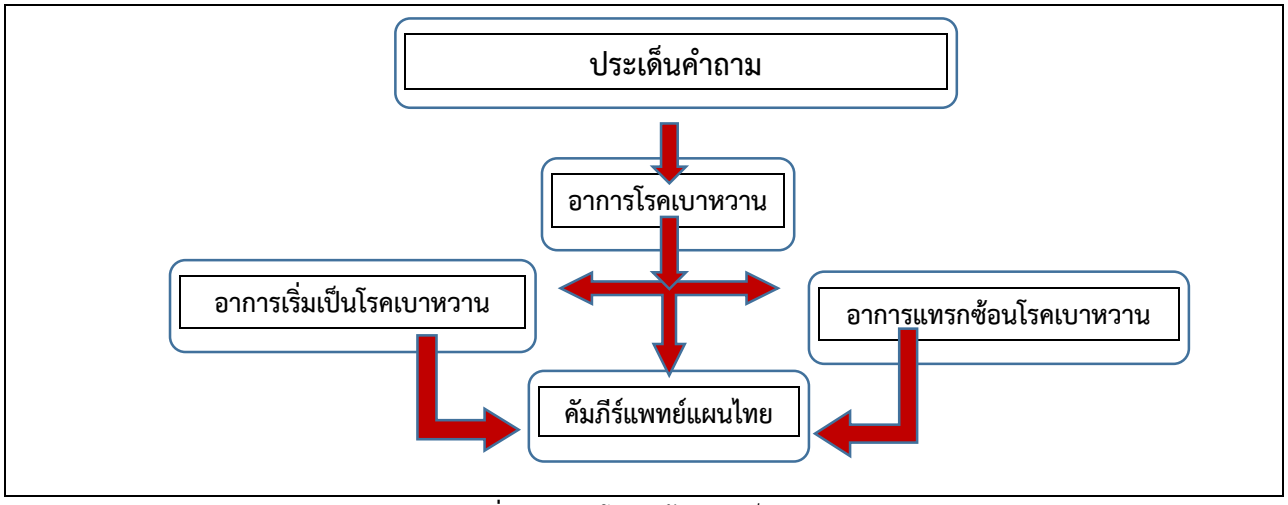
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการศึกษาตำราการแพทย์แผนไทยดั้งเดิมทั้งหมด 6 เล่ม หากค้นจากคำสำคัญ “โรคเบาหวาน”พบว่า ไม่มีคัมภีร์แพทย์แผนไทยดั้งเดิมที่เป็นเอกสารขั้นต้นเล่มไหนเลยกล่าวถึงและหากค้นด้วยคำสำคัญอื่นๆ ไม่สามารถเชื่อมโยงอาการกับโรคเบาหวานได้ เช่น อาการกระหายน้ำมาก ปรากฏในคัมภีร์เวชศึกษา กล่าวว่า “ปัปผาสังพิการ (ปอด) ให้กระหายน้ำ ให้ร้อนในอก ให้หอบหนัก เรียกว่า กาฬขึ้นที่ปอด กิโลมะกังพิการ (พังผืด) ให้อกแห้ง ให้กระหายน้ำ และเป็นโรค เช่นโรคริดสีดวงแห้ง ในขณะที่คัมภีร์ธาตุวิภังค์ กล่าวว่า “ปอดพิการ ให้เจ็บปอด ให้ปอดเป็นพิษ ให้กระหายน้ำมาก กินน้ำจนปอดลอย จึงหายอยาก” เป็นต้น[5]

ดังนั้นจึงใช้ชุดอาการที่สัมพันธ์กับโรคเบาหวาน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มอาการเริ่มเป็นโรคเบาหวาน คือ ปัสสาวะบ่อย กระหายน้ำมาก กินจุ หิวบ่อย เหนื่อยง่าย กำลังเสื่อมถอย หนักเนื้อหนักตัว เกียจคร้าน ง่วงเหงาหาวนอน และกลุ่มอาการ

แทรกซ้อนจากโรคเบาหวาน คือ ชา/ปวดแสบ/ปวดร้อน ตามปลายมือ ผิวหนังสาก คันตามผิวหนัง ตาพร่า หายใจมีกลิ่น หายใจเร็ว เจ็บหน้าอก เชื่อมโยงสมุฏฐานการเกิดโรคนำไปสู่กลไกการเกิดโรคตามทฤษฎีแพทย์แผนไทย พบว่ามีหลายคัมภีร์ที่มีอาการใกล้เคียงสามารถอธิบายกลไกโรคเบาหวานได้ จึงสรุปเป็นแผนผังโครงสร้างประเด็นคำตอบ และแผนผังการเกิดโรคได้ดังนี้

โรคเบาหวานตามแนวคิดทฤษฎีแพทย์แผนไทย



ภาพที่ 1 แผนผังโครงสร้างประเด็นคำตอบ

สมุฏฐานการเกิดโรค(สาเหตุ)

คัมภีร์แพทย์แผนไทยที่กล่าวถึงสาเหตุการเกิดโรคที่สัมพันธ์กับโรคเบาหวาน พบในคัมภีร์เวชศึกษา[5] ที่กล่าวถึง มูลเหตุการเกิดโรค 8 ประการได้แก่ อาหาร อิริยาบถ ความร้อนและเย็น อดนอน อดข้าว อดน้ำ. กลั่นอุจจาระ กลั่นปัสสาวะ การทำงานเกินกำลัง ความโศกเศร้าเสียใจ และโทสะมาก ซึ่งสอดคล้องกับคัมภีร์ธาตุวิวรณ์ ที่กล่าวถึงการบริโภคอาหารผิดเวลา กินอิ่มยิ่งนักและอารมณ์โกรธ คัมภีร์สมุฏฐานวินิจฉัยที่[6] กล่าวถึงสมุฏฐานธาตุพิกัดหรือพิกัดตัวควบคุมที่เกี่ยวข้องสำคัญคือ พิกัดสมุฏฐานเตโชธาตุ (ไฟ) ได้แก่ พัทธะปิตตะ อพัทธะปิตตะ กำเดา จากอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมรวมกับพฤติกรรมการบริโภค การทำงานเกินกำลังส่งผลให้ตัวควบคุมกำเริบขึ้น ซึ่งกล่าวไว้ในคัมภีร์แพทย์ศาสตร์สงเคราะห์ (ฉบับพัฒนา)[7] กล่าวถึงการทำงานของฮอร์โมนของร่างกาย การกำเริบของไฟในที่นี้หมายถึงการหลั่งของอินซูลินที่เพิ่มสูงขึ้นเพิ่มการจับกับน้ำตาลที่มาจากการบริโภคของอาหารที่มีความหนัก เช่น อาหารหวาน อาหารมัน ไฟกำเริบทำให้ผู้ป่วยมีอาการ กระหายน้ำ ปัสสาวะบ่อย ผอมไม่มีไขมัน น้ำหนักลด หิวบ่อยกินจุ ซึ่งเป็นอาการนำของโรคเบาหวาน

นอกจากคัมภีร์ที่ได้กล่าวถึงอาการที่สอดคล้องกับอาการนำของโรคเบาหวานแล้ว ยังพบในคัมภีร์วรโยคสารที่กล่าวถึงตรีสมุฏฐาน สาเหตุการเจ็บป่วย 3 ประการ[8] คือ วาตะสมุฏฐาน หมายถึง ความเจ็บป่วยเกิดจากวาตะ มีอาการสอดคล้องกับโรคเบาหวาน เช่น เป็นตะคริว น้ำหนักลด ซูบผอม นอนไม่หลับ ตึงเครียด อ่อนล้า วิตกกังวล ผิวแห้ง เสมหะสมุฏฐาน มีอาการหนักเนื้อตัว บวม เชื่องซึม ขี้เกียจ นอนมาก เบื่ออาหาร รู้สึกอิ่มทั้งที่ท้องว่าง และปิตตะสมุฏฐาน มีอาการร้อนวูบวาบตามตัว ผื่นคัน ซึ่งปิตตะมีหน้าที่สำคัญ คือ ควบคุมเกี่ยวกับการย่อยอาหาร การเผาผลาญพลังงานในร่างกาย ความร้อนของร่างกาย หากสมุฏฐานทั้ง 3 ทำงานปกติ เรียกว่า ตรีธาตุ หากแต่ทำงานผิดปกติ เรียกว่า ตรีโทษ

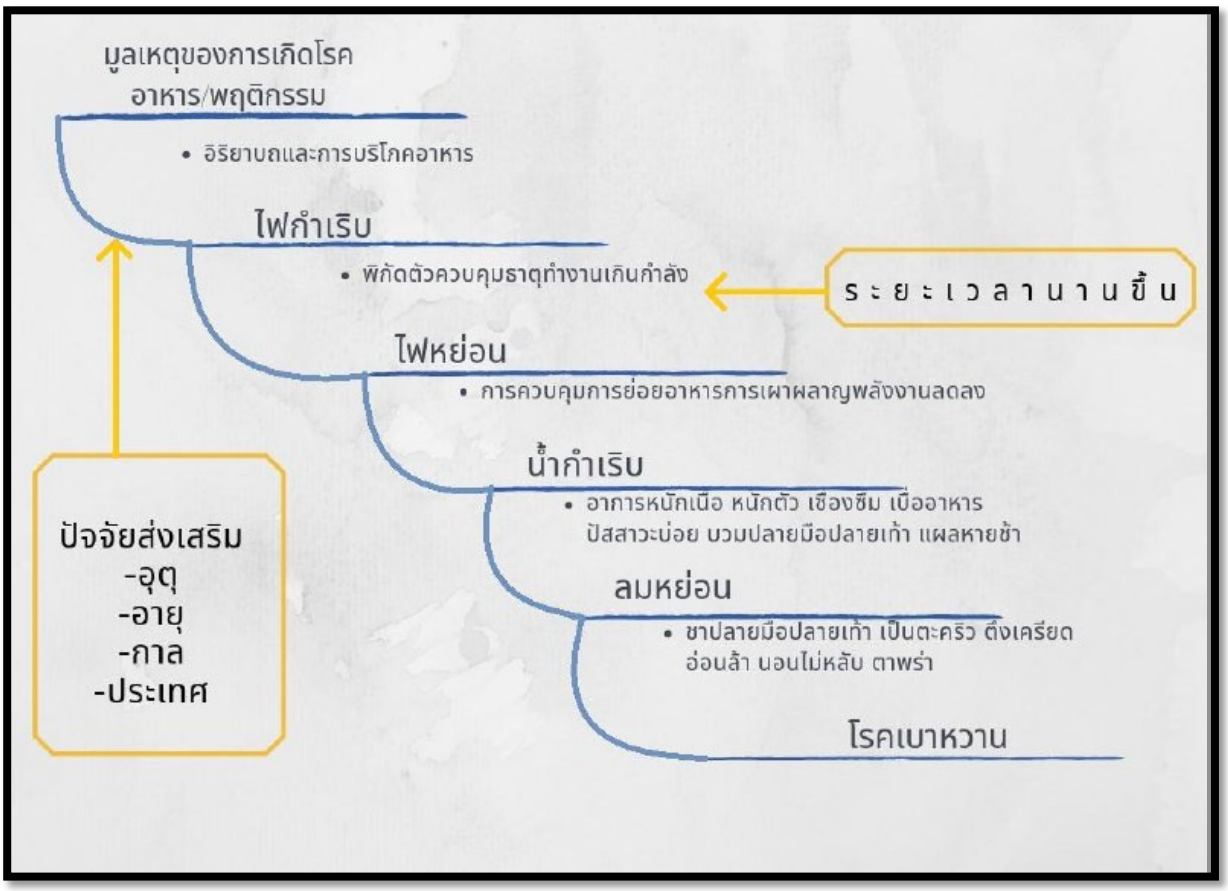
จากคัมภีร์แพทย์แผนไทยกับสมุฏฐานของโรคเบาหวานนั้นสอดคล้องสอดคล้องกับผู้เชี่ยวชาญท่านหนึ่งที่กล่าวว่า การกำเริบ หย่อน และพิการของธาตุนั้นเริ่มเป็น (ชาติ) จะเกิดกับสมุฏฐานใดสมุฏฐานหนึ่ง (เอกโทษ) ซึ่งโรคเบาหวานเริ่มจากปิตตะกำเริบ การกำเริบเป็นระยะหนึ่งผ่านระบบควบคุม พิกัดสมุฏฐานเตโชธาตุ ทำงานเกินกำลังนำไปสู่ธาตุพิการ คือธาตุนั้นไม่ทำหน้าที่ปกติจนกระทบกับอีกสมุฏฐาน (จลนะ) คือเสมหะคั่งค้าง ปิดกั้น ขัดขวางการเคลื่อนไปปกติของวาตะที่พัดพาเลือดและน้ำเหลืองไป

หล่อเลี้ยงอวัยวะต่างๆ และขับถ่ายออก เป็นเหตุให้อวัยวะเสื่อมเสียหาย (ภินนะ)[3] โรคเบาหวานจึงเป็นกลุ่มอาการที่ปรากฏในหลายคัมภีร์ของแพทย์ไทยเจาะจงอาการใดอาการหนึ่งจึงไม่ครอบคลุมซึ่งต้องพิจารณาเป็นชุดอาการประกอบร่วมกับสมุฏฐานเกิดโรค

ความเชื่อมโยงของอาการแทรกซ้อนจากโรคเบาหวานกับทฤษฎีแพทย์แผนไทย

ข้อมูลจากคัมภีร์โรคนิทานและคัมภีร์ธาตุบรรจบ[3] กล่าวถึงกลุ่มโรคที่รักษายากยิ่งนัก (อสาทิยะโรค) ไว้ตรงกันคือ กลุ่มโรคที่รักษายาก กลุ่มโรคเรื้อรัง ประเภทหนึ่ง เรียกว่า อสาทิยะโบราณชวรเป็นโรคที่จากความเสื่อมชราของร่างกาย อีกประเภทหนึ่งเรียกว่า อสาทิยะอชินชวร เป็นโรคที่เกิดจากการบริโภคอาหารไม่ถูกกับธาตุเป็นโรคเรื้อรัง รักษายากเช่นกัน

ดังนั้น อาการชา/ปวดแสบ/ปวดร้อน ตามปลายมือ ผิวหนังสาก คันตามผิวหนัง ตาพร่า หายใจมีกลิ่น หายใจเร็ว เจ็บหน้าอก เป็นตะคริว แผลหายช้า ทรงตัวไม่ดี จึงเป็นอาการที่กล่าวไว้ในคัมภีร์สมุฏฐานวินิจฉัยและคัมภีร์เวชศึกษา ที่กล่าวถึงมหาสันนิบาตคือ การเจ็บป่วยนั้นกระทบธาตุทั้ง 4 เริ่มต้นจากความผิดปกติของธาตุไฟ กระทบกับเสมหะ (ธาตุน้ำ) ซึ่งจะปรากฏอาการให้เห็นได้ เช่น ปัสสาวะผิดปกติ เลือดผิดปกติ ทำให้วาตะที่พัดพาเลือดและน้ำเหลืองไปหล่อเลี้ยงอวัยวะต่างๆ ตลอดจนการขับถ่ายออกเสียไป จนสุดท้ายกระทบต่ออวัยวะ (ธาตุดิน) เช่น ไต ตับ ม้าม ตา หัวใจ สมอง พิการในที่สุด สรุปความเชื่อมโยงกลไกโรคเบาหวาน ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กลไกการเกิดโรคเบาหวานตามทฤษฎีการแพทย์แผนไทย

ความเชื่อมโยงของโรคเบาหวานตามศาสตร์การแพทย์แผนปัจจุบันกับทฤษฎีการแพทย์แผนไทย

ตามศาสตร์การแพทย์แผนปัจจุบันนิยมแบ่งโรคเบาหวานเป็น 4 แบบ คือ เบาหวานชนิดที่ 1 (Type 1 DM) เบาหวานชนิดที่ 2 (Type 2 DM) เบาหวานขณะตั้งครรภ์ (Gestational diabetes mellitus) เบาหวานชนิดอื่นๆ เป็นกลุ่มอาการเบาหวานที่เป็นผลมาจากโรคหรือความผิดปกติอื่น งานวิจัยนี้กล่าวถึงเบาหวานชนิดที่2 ผู้ป่วยในกลุ่มนี้มักมีระดับ insulin ในเลือดปกติแต่ออกฤทธิ์ได้น้อยลงกว่าเดิมเพราะมีภาวะการดื้อ insulin (insulin resistance) ผู้ป่วยจะมีความผิดปกติของขบวนการเมแทบอลิซึม

ของสารต่างๆ ทั้งคาร์โบไฮเดรต ไขมันและโปรตีน ในขณะที่ insulin ออกฤทธิ์น้อยลงมีผลทำให้ฤทธิ์ของ glucagon เพิ่มขึ้น เป็นเหตุให้กลูโคสผ่านเข้าเซลล์ได้น้อยลง (น้ำตาลในเลือดสูงขึ้น) โดยเฉพาะเซลล์กล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อไขมัน ขณะเดียวกันจะมี glycogen สลายตัวออกเป็นกลูโคสมากขึ้น (glycogenolysis) โดยการทำงานของเอนไซม์ phosphorylate และมีการสลายไขมันจากเนื้อเยื่อไขมันเพิ่มขึ้น (lipolysis) จากการทำงานของเอนไซม์ hormone sensitive lipase เป็นผลทำให้มี glycerol และ fatty acids ออกมาในเลือดมากขึ้น fatty acids ที่เพิ่มขึ้นจะถูกดับนำไปสร้างเป็น triacylglycerol มากขึ้น ทำให้เกิดภาวะ hypertriglyceridemia[9]

ความเชื่อมโยงกับทฤษฎีการแพทย์แผนไทยการเผาผลาญอาหารเกิดจากธาตุไฟที่เรียกว่าปาจกาคนีหรือปาจกาปิตตะหรือปริณามัคคี (ไฟย่อย) พฤติกรรมการกินในปริมาณมากหรือมากเกินกำลังไฟธาตุ ไฟย่อยอาหารทำงานหนักก็จะอ่อนกำลังลง อาหารรสหวาน บำรุงธาตุน้ำหรือระบบเสมหะในร่างกาย และซึมซาบบำรุงผิวเนื้อ เมื่อไฟย่อยผิดปกติ การซึมซาบจะไม่สมบูรณ์ เกิดการกำเริบหรือการคั่งของน้ำหรือเสมหะ น้ำเคลื่อนลงสู่ที่ต่ำไปรวมกันบริเวณส่วนล่างของร่างกาย จึงมีอาการแสดงออก คือ ส่วนบนแห้ง (ปากแห้ง คอแห้ง) ส่วนล่างมีน้ำมาก (ปวดตึงขา ขาบวม ปัสสาวะมาก ปัสสาวะบ่อย) จากน้ำที่มีปริมาณมาก ส่งผลต่อธาตุลมและไฟที่อยู่ตามเนื้อ เคลื่อนที่ผ่านเนื้อลำบาก เลือดลมจึงไหลเวียนไม่สะดวก จึงทำให้มีอาการ เหนื่อยง่าย ผิวชาง่าย ปวดเมื่อยเนื้อตัว หรือมีอาหารชา และจากเหตุที่ไฟย่อยอาหารอ่อนกำลังผู้ป่วยจะผอม น้ำหนักตัวลด หิวกินจุ เพราะโอชะหรืออาหารซึมซาบไปตามเนื้อไม่พอ[10] ซึ่งกลไกการเกิดโรคตามทฤษฎีการแพทย์แผนไทยสามารถเชื่อมโยงกับการทำงานของ insulin กับธาตุไฟได้ชัดเจน

หลักการรักษาโรคเบาหวานตามทฤษฎีการแพทย์แผนไทย

จากการทบทวนคัมภีร์แพทย์แผนไทยประกอบกับการสนทนากลุ่มย่อยร่วมกับผู้เชี่ยวชาญ พบว่า หลักการสำคัญในการรักษาโรคเบาหวาน ประกอบด้วย

1) ลดการกำเริบของปิตตะ (ธาตุไฟ) ด้วยตำรับยาสมุนไพร รสขมเย็นและการปรับพฤติกรรม
2) ลดการกำเริบของเสมหะ (ธาตุน้ำ)
   - ให้ยารุ ระบายถ่ายทางเลือด น้ำเหลือง และขับปัสสาวะ
   - การปรับพฤติกรรมการรับประทานอาหาร และออกำลังกาย
3) เพิ่มการไหลเวียนของวาตะ (ธาตุลม) ด้วยตำรับยาสมุนไพร และออกกำลังกาย

ลดการกำเริบของปิตตะ

ตำรับยาสมุนไพร เป็นรสขมเย็น บำรุงน้ำดี (ระบบย่อย) และปรับไฟธาตุในร่างกายให้พอดี ส่วนรสเย็นร่วมกับรสขม จะคุมไม่ให้ไฟธาตุมีกำลังมากจนเกินไป เหมาะกับการใช้ในกรณีที่ผู้ป่วยมีภาวะไฟย่อยอ่อนกำลัง แต่ไฟธาตุตามเนื้อเยื่อหรือหัวใจ (ปริทัยหัคคี) กำเริบ เช่นมีอาการ ผื่นแดง ตัวร้อนรุมๆ คั่นเนื้อคั่นตัว ร้อนง่าย เหงื่อออกง่าย หงุดหงิดระสำระสาย การปรับพฤติกรรมการบริโภคอาหาร งดอาหารจำพวก แป้ง ข้าว น้ำตาล ไขมัน อาหารรสหวาน น้ำคั้นผลไม้

ลดการกำเริบของเสมหะ

ตำรับยาสมุนไพร รสจืด ช่วยขับปัสสาวะขับธาตุน้ำที่เป็นส่วนเกินออกเพื่อให้ร่างกายปรับสมดุล ให้ยาระบายขับคูถเสมหะที่คั่งค้าง ร่วมกับตำรับยารสเมาเบื่อเค็มกร่อยปรับน้ำเหลือง น้ำเหลืองเป็นส่วนหนึ่งของโลหิตที่หล่อเลี้ยงอยู่ตามเนื้อเยื่อ มีลักษณะเป็นธาตุน้ำ แต่มีคุณสมบัติเป็นธาตุไฟ ดังนั้นหากผู้ป่วยโรคเบาหวานที่มีทั้งการกำเริบของน้ำและไฟ จะต้องใช้กลุ่มยารสนี้ปรับส่วนมากกลุ่มยานี้จะใช้กับผู้ป่วยที่มีอาการค่อนข้างรุนแรง

เพิ่มการไหลเวียนของวาตะ

ตำรับยาสมุนไพร รสร้อน กระจายลม แต่จะไม่ใช้ยาที่มีรสร้อนมากเพราะจะกระทบต่อไฟธาตุ ส่วนใหญ่ ยารสร้อนที่ใช้กับโรคเบาหวาน คือ พริกไทยล่อน ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อกระจายลมลงสู่คูถทวาร โดยเฉพาะช่องทางอุจจาระ แต่จะใช้ได้ในกรณีที่ผู้ป่วยไม่ได้มีอาการแสดงของโรคเบาหวานที่รุนแรงมาก ร่วมกับการออกกำลังกายซึ่งช่วยระบบไหลเวียนเลือด นอกจากนี้การจ่าย

ยารสหวานมัน ยังคงจำเป็นในกรณีผู้ป่วยโรคเบาหวานที่มีอาการแสดงให้เห็นถึงความเสื่อมหรือความแห้ง ของเนื้อเยื่อ อาจเกิดจากการที่โรคมีความเรื้อรังมาเป็นเวลานาน ไฟย่อยในร่างกายไม่สามารถย่อยสารอาหารที่มีความชุ่มมันมาเติมเต็มเนื้อเยื่อได้ จึงจำเป็นต้องมียารสหวานมัน โดยพิจารณาแต่ละบุคคล ตัวอย่างสมุนไพรที่ใช้ เช่น ชะเอม มะตูม เถาวัลย์เปรียง แต่ไม่ใช้ยาเหล่านี้ในผู้ป่วยที่มีอาการแสดงถึงธาตุไฟที่กำเริบร่วมด้วย เช่น ผู้ป่วยที่มีแผลเรื้อรัง

สรุป

การศึกษาโรคเบาหวานตามแนวคิดทฤษฎีแพทย์แผนไทย โดยการรวบรวมตำราแพทย์แผนไทย จัดแยกประเด็นสำคัญเกี่ยวกับอาการที่กล่าวถึงในคัมภีร์ดั้งเดิม พบว่า คัมภีร์แพทย์แผนไทยทั้ง 24 คัมภีร์ ที่รวมอยู่ในตำราแพทย์ศาสตร์สงเคราะห์และตำราเวชศาสตร์วัณณา ตลอดทั้งตำราอายุรเวทศึกษาไม่มีกล่าวถึงโรคเบาหวานโดยตรง จากการวิเคราะห์เนื้อหาแยกเป็น 2 ประเด็นหลักคือ อาการนำของโรคและอาการแทรกซ้อนของโรคเบาหวาน โดยวิเคราะห์สมุฏฐานของโรคซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดทฤษฎีแพทย์แผนไทยในหลายคัมภีร์ ที่สำคัญในประเด็นของมูลเหตุ 8 ประการ นำไปสู่การเสียสมดุลของธาตุและอีกสาเหตุคือความเสื่อมชราของร่างกาย เริ่มแสดงอาการให้เห็นตั้งแต่ เป็นตะคริว น้ำหนักลด ซูบผอม นอนไม่หลับ ตึงเครียด อ่อนล้า วิตกกังวล ผิวแห้ง ปัสสาวะบ่อย การเสียสมดุลของธาตุโดยเฉพาะธาตุไฟในระยะหนึ่งส่งผลต่อธาตุอื่นๆทั้ง 3 สมุฏฐานคือ ปิตตะ วาตะ และเสมหะ กระทบต่ออวัยวะของร่างกายซึ่งเป็นธาตุดิน ที่สำคัญคือตับ ม้าม ไต หัวใจและดวงตา แสดงให้เห็นอาการแทรกซ้อนในหลายระบบของร่างกาย

ดังปรากฏในแนวคิดทฤษฎีแพทย์แผนไทยที่กล่าวไว้ในคัมภีร์ฉันทศาสตร์ กล่าวว่า “ปิตตังคือ วังหน้า เร่งรักษาเขม้นหมาย อาหารอยู่ในกาย คือเสบียงเลี้ยงโยธา หนทางทั้งสามแห่ง (ปิตตะ/วาตะ/เสมหะ) เร่งจัดแจงอยู่รักษา ห้ามอย่าให้ข้าศึกมาปิดทางได้ จะเสียที” คำกล่าวนี้มีนัยกับแพทย์แผนไทยที่สำคัญคือ การรักษาสมดุลของร่างกายตั้งแต่ยังไม่เกิดโรคโดยเฉพาะการปรับพฤติกรรมอิริยาบถ การบริโภคอาหาร แนวทางการรักษาตามทฤษฎีตรีธาตุ เน้นให้ยาที่ไปลดปิตตะในระยะแรก ให้ยารสจืดช่วยขับปัสสาวะ ตำรับยารสเมาเบื่อเค็มกร่อย ปรับน้ำเหลืองที่เป็นส่วนหนึ่งของโลหิตที่หล่อเลี้ยงอยู่ตามเนื้อเยื่อ พร้อมกับยารสขมเพื่อให้กินได้ นอนหลับ ในรายที่ผอมแห้ง อ่อนเพลียพิจารณาจ่ายยารสหวานมันเป็นรายๆ ไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนส่งเสริมงานวิจัยประจำปี 2562 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิและคณาจารย์วิทยาลัยการแพทย์แผนไทยที่ให้ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

เอกสารอ้างอิง

1. Key message. [online]. [cited2019 April.8] ; Available from : URL http://www.idf.org/IDF Diabetes Atlas 8th editor/2017/key-messages
2. สถิติสาธารณสุข ปี 2560 สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ สำนักปลัดกระทรวงสาธารณสุข. [online].[cited April 12, 2019] ; Available from : URL:http://bps.ops.moph.go.th/index.php?mod=bps&doc=5
3. มูลนิธิฟื้นฟูส่งเสริมการแพทย์ไทยเดิมฯ อายุรเวทวิทยาลัย (ชีวกโกมารภัจจ์) ตำราการแพทย์ไทยเดิม (แพทย์ศาสตร์สงเคราะห์) *ฉบับอนุรักษ์*. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์สามเจริญพานิช, 2535.
4. สุภางค์ จันทวานิช.การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย. 2553.
5. กองประกอบโรคศิลปะ สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข. (ม.ป.ป.). ตำราแพทย์แผนโบราณทั่วไป สาขาเวชกรรมไทย เล่ม 1. ม.ป.ท.

6. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. เอกสารการสอนชุดวิชาเวชกรรมแผนไทย หน่วยที่14. นนทบุรี สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 2547.
7. มูลนิธิฟื้นฟูส่งเสริมการแพทย์แผนไทยเดิม. ตำราการแพทย์แผนไทยเดิม (แพทย์ศาสตร์สงเคราะห์) ฉบับพัฒนา ตอนที่ 1. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สีไทย, 2541.
8. ขุนโสภิตบรรณลักษณ์ (อำพัน กิตติขจร).คัมภีร์แพทย์ไทยแผนโบราณ. พระนคร :พิมพ์ที่ 2: โรงพิมพ์สำนักทำเนียบนายกรัฐมนตรี, 2513
9. Guyton AC, Hall JE. Chapter 78 “Insulin, Glucagon and Diabetes Mellitus” in Textbook of Medical Physiology 11st ed., Elsevier Saunders, 2006: 961-976.
10. นายแพทย์สุรชัย โชคครรชิตชัย.คู่มือแนวทางเวชปฏิบัติการแพทย์แผนไทยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก เขตสุขภาพที่ 3 [cited2019 Mayl.13] ; Available from : URLhttp://www.ppho.go.th/webppho/dl_strat/F20181018140227.

[HS-P04] การศึกษาทางพฤษเคมีและทางโลหิตวิทยาของสารสกัดเอทานอลจากใบย่านางแดงในหนูขาว

Phytochemical and Hematological Studies of Ethanolic Leaves Extract of *Bauhinia Strychnifolia* Craib in Albino Rats.

ภานุชรัตน์ เล็กสูงเนิน[1], ตะวัน งามมี[*1], กุสุมาลย์ ละลี[1], จุฑาภรณ์ ขวัญสังข์[2], และวัชระ ดำจุติ[2]
Panucharat Laksungnern, Tawan Ngammee, Kusuman Lalee,[1] Juthaporn Kwansang[2], and Watchara Dumjuti[2]
Applied Thai Traditional Medicine[1], Thai Traditional Medicine College[2], Rajamangala University of Technology Thanyaburi, 12130, Thailand
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: ws219155@gmail.com*

บทคัดย่อ

การทดลองนี้เป็นการศึกษาทางพฤษเคมีและทางโลหิตวิทยาของสารสกัดเอทานอลจากใบย่านางแดง (*Bauhinia strychnifolia* Craib.) เป็นสมุนไพรที่ใช้ในการแก้พิษ มีการใช้ในอยู่ในตำรับยาบำรุงเลือดสตรีของหมอพื้นบ้าน ทำการตรวจทางพฤษเคมี และทำการทดลองในหนูขาวเพศเมีย 16 ตัว แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ตัว (n=4) กลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับสารสกัดเอทานอลจากใบย่านางแดงที่ความเข้มข้น 150, 250 และ 500 mg/Kg/Bw ติดต่อกันเป็นเวลา 21 วัน เก็บตัวอย่างเลือดที่หัวใจ ส่งตรวจองค์ประกอบทางโลหิตวิทยา และดูความผิดปกติของอวัยวะภายใน ผลการทดลองพบว่าสารสกัดจากใบย่านางแดงมีสารในกลุ่ม Flavonoids, Alkaloid, Tannins และ Cardiac Glycoside เพิ่ม RBC, HB, HCT ที่ความเข้มข้น 500 mg/Kg/Bw เพิ่ม NEU, LYMPH และ EO ที่ความเข้มข้น 125, 250, และ 500 mg/Kg/Bw เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ไม่พบความผิดปกติของอวัยวะภายในร่างกาย

คำสำคัญ: พฤษเคมี, โลหิตวิทยา, ย่านางแดง

Abstract

This experimental study on phytochemical and hematological activities on *Bauhinia Strychnifolia* Craib ethanolic leaves extract in albino rats. This herbal has been used to treat fever, tonics for postmenopausal women in folk medicine. Phytochemical and hematological studies in 16 female rats are separated into 4 groups (n= 4) control group, experimental groups were administered extract 150, 250, and 500 mg/Kg/Bw. After 21 days, blood samples were collected by cardiac puncture for examination. The results showed that the ethanolic leaves extract of *Bauhinia Strychnifolia* Craib presence Flavonoids, Alkaloid, Tannins, and Cardiac Glycoside, increased RBC, HB, HCT at concentration 500 mg/ Kg/ Bw, increased NEU, LYMPH, and EO at concentration 125, 250, and 500 mg/Kg/Bw compared with the control. No evidence of other abnormalities has been observed.

Keywords: phytochemical, hematological, *Bauhinia Strychnifolia* Craib.

บทนำ

ย่านางแดง (*Bauhinia strychnifolia* Craib.) อยู่ในวงศ์ Leguminosea-caesalpiniodeae มีชื่ออื่นว่า เครือขยัน เถาขยัน (ภาคเหนือ) สยาน (ตาก, ลำปาง) หญ้านางแดง (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) เป็นพืชสมุนไพรที่ ที่มีรสฝาดหวานเย็น สรรพคุณ

ใช้ได้เหมือนกับย่านางขาว แต่มีฤทธิ์แรงกว่า[1] ใช้ในการแก้พิษ ถอนพิษยาเมา ถอนพิษผิดสำแดง ถอนพิษและแก้ไข้พิษทั้งปวง ขับพิษโลหิตและน้ำเหลือง แก้ท้องผูก[2] ใบและเถาทำเป็นชาล้างพิษ แก้สารตกค้างจากยาฆ่าแมลง[3]



A) B) C)

ภาพที่ 1 แสดงลักษณะของต้นย่านางแดง A) ต้นย่านางแดง B) ใบย่านางแดง C) ดอกย่านางแดง

การศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาพบว่าสารสกัดเอทานอลจากใบย่านางแดง มีฤทธิ์ต้านเชื้อมาลาเรีย (Antimalarial activity) ในหนู ICR ที่ได้รับเชื้อ *Plasmodium berghi* ANKA เป็นระยะเวลา 4 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และในการทดสอบ Acute toxicity test ของสารสกัดเอทานอลจากใบย่านางแดงที่ความเข้มข้น 500 mg/kg, 1500 mg/kg, 3000 mg/kg ไม่พบหนูเสียชีวิตหรือความผิดปกติตลอดการทดลอง[4] ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity) สารสกัดเอทานอลจากใบและต้นย่านางแดงมาทำการทดสอบด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity assay (DPPH) และวิธี Ferric reducing antioxidant power (FRAP) พบว่าสารสกัดเอทานอลจากต้นย่านางแดงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าในใบชาเขียว[5] ฤทธิ์ต้านพิษ ล้างพิษของใบย่านางแดง ช่วยล้างพิษในร่างกาย ด้วยคุณสมบัติการล้างสารพิษในลำไส้จากย่านางแดงช่วยล้างสารพิษหรือสารตกค้างจากยาฆ่าแมลงในร่างกาย หรือเมื่อร่างกายเกิดอาการแพ้ต่าง ๆ สามารถนำใบหรือเถาของย่านางแดงนำมาต้มดื่มเป็นประจำหรือใช้กินแทนน้ำจะช่วยอาการต่าง ๆข้างต้นได้ ซึ่งหมอพื้นบ้านในบางพื้นที่ได้นำรากหรือเถามาฝนให้ผู้ป่วยที่กำลังเลิกยาเสพติดดื่ม เพื่อช่วยล้างพิษของยาเสพติดในร่างกาย[6] ส่งเสริมการเจริญเติบโต (Growth performance) นำสารสกัดเอทานอลจากใบย่านางแดงมาทำการทดสอบการเจริญเติบโตในปลาดุก (Catfish) โดยจะนำสารสกัดเอทานอลจากใบย่านางแดงมาผสมในอาหารปลาในขนาดที่แตกต่างกัน ได้แก่ 0.1% , 0.5%, และ 1% ติดต่อกันเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าน้ำหนักของปลาเพิ่มขึ้นในกลุ่มที่ได้รับสารสกัดเอทานอลจากใบย่านางแดงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม[7] ฤทธิ์บำรุงโลหิตสตรี (Women's blood tonics activity) จากการวิจัยศึกษาเชิงสำรวจการใช้สมุนไพรพื้นบ้าน และสมุนไพรที่บำรุงสตรีหลังหมดประจำเดือน จังหวัดมหาสารคาม ตำรับที่ 2 ประกอบด้วยสมุนไพร 5 ชนิด ซึ่งได้แก่ ต้นย่านางแดง รากพวงพี รากสะหมัดหัวขาว รากสะหมัดหัวแดง ต้น/แก่น และฝางแดงซึ่งยาตำรับนี้มีสรรพคุณช่วยฟอกโลหิต แก้มดลูกหย่อน อาการตกขาว และช่วยทำให้ผิวหน้าสดใส[8]

จากการศึกษาดังกล่าวผู้วิจัยสนใจศึกษาสารสกัดเอทานอลจากใบย่านางแดงเพื่อนำผลที่ได้ไปสนับสนุนสมุนไพรพื้นบ้านที่ใช้บำรุงสตรีหลังหมดประจำเดือน และพัฒนาต่อยอดเป็นยาสมุนไพรบำรุงเลือดที่มีการใช้ในทางการแพทย์แผนไทย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤษเคมีของใบย่านางแดง และผลของสารสกัดเอทานอลจากใบย่านางแดงต่อการเปลี่ยนแปลงทางโลหิตวิทยาในหนูขาว

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมสารสกัดเอทานอลจากใบย่านางแดง

ใบย่านางแดงที่ใช้ในการทดลองนำมาจากตำบลประชาธิปัตย์ อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี ทำการ ตรวจสอบลักษณะของพันธุ์ไม้ที่สำนักงานหอพรรณไม้ กรมป่าไม้ จังหวัดกรุงเทพฯ โดยมีเลข BKF NO.195599 ใบย่านางแดงที่ใช้ในการทดลองได้

ทำการคัดเลือกใบที่มีสภาพสมบูรณ์ไม่อ่อนไม่แก่ นำมาล้างด้วยน้ำสะอาด 3 รอบ ทำให้แห้งและนำไปอบที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการสกัดย่านางแดงด้วยเอทานอล 95 % อัตราส่วนใบย่านางแดงต่อด้วยเอทานอล 1.7g : 10 g ทำการสกัด 2 รอบ รอบละ 7 วัน แล้วกรองสารสกัดด้วยตะแกรงกรองและกระดาษกรอง ทำการระเหยสารสกัดด้วยเครื่องระเหย โดยใช้อุณหภูมิในการระเหย 60°C จนได้ สารสกัดใบย่านางแดงจำนวน 265.7g สารสกัดจากใบย่านางแดงบรรจุในขวดแก้วปิดสนิทเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 °C จนกว่าใช้ในการทดลอง

2. การเตรียมสัตว์ทดลอง

หนูขาวพันธุ์ Wistar เพศเมียน้ำหนัก 180-200 g จำนวน 16 ตัว จากบริษัท Nomura Siam International นำมาไว้ที่ศูนย์เลี้ยงสัตว์ทดลอง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (ศูนย์รังสิต) จังหวัดปทุมธานี พักหนูขาวเป็นเวลา 1 สัปดาห์ก่อนการทดลองเพื่อปรับสภาพแวดล้อม ทั้งหมดถูกนำมาเลี้ยงไว้ในกรง สแตนเลสกรงละ 4 ตัว ที่อุณหภูมิ 20-26 °C มีแสงสว่างสลับมืด 12 ชั่วโมง ความชื้นที่ควบคุมอยู่ระหว่าง 55±10% ได้รับน้ำและอาหารสำเร็จรูป (C.P.82) กินอย่างเพียงพอในแต่ละวัน โดยหนูขาวทั้งหมดได้รับการดูแลตามมาตรฐานของคณะกรรมการสัตว์ทดลองแห่งชาติและได้รับการอนุมัติจริยธรรมในสัตว์ทดลองจากคณะกรรมการกำกับดูแลการเลี้ยงสัตว์และใช้สัตว์ทดลองมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยมีเลขที่ RMUTT.TMC.2018.R001

3. การศึกษาองค์ประกอบทางพฤษเคมีพื้นฐาน

การศึกษาองค์ประกอบทางพฤษเคมีพื้นฐานของสารสกัดเอทานอลจากใบย่านางแดง ดัดแปลงวิธีการทดสอบมาจาก Fransworth NR.[9] โดยทำการทดสอบหาสารในกลุ่ม Flavonoids, Alkaloid, Tannins, Saponins, Cardiac Glycoside, Terpenoids, Steroids, และ Anthraquinone

4. การทดสอบสารสกัดเอทานอลจากใบย่านางแดงต่อองค์ประกอบของโลหิตวิทยา

การศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดเอทานอลของใบย่านางแดงต่อองค์ประกอบของโลหิตวิทยาในหนูขาวเพศเมียจำนวน 16 ตัว ดัดแปลงการทดลองมาจาก Omoboyowa D A., et al.[10] และ Haytham M D.[11] โดยแบ่งหนูขาวออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ตัว (n=4) ความเข้มข้นที่ใช้ในการทดลองอ้างอิงจากการทดลองความเป็นพิษของ Voravuth S., et al.[4] โดยแบ่งหนูขาวออกเป็น 4 กลุ่มดังนี้

Group A กลุ่มควบคุม ได้รับ10% Tween 80 1 ml/ Kg/Bw/day

Group B กลุ่มทดลอง ได้รับสารสกัดเอทานอลของใบย่านางแดง 125 mg/Kg/Bw /day

Group C กลุ่มทดลอง ได้รับสารสกัดเอทานอลของใบย่านางแดง 250 mg/Kg/Bw /day

Group D กลุ่มทดลอง ได้รับสารสกัดเอทานอลของใบย่านางแดง 500 mg/Kg/Bw /day

โดยป้อนทางปาก (PO) เป็นระยะเวลาติดต่อกัน 21 วัน หลังจากครบ 21 วัน เก็บตัวอย่างเลือดมาศึกษาโดยมีขั้นตอนดังนี้

- งดน้ำและอาหารเป็นเวลา 8 ชั่วโมง
- ทำการสลบหนูด้วย Thiopental ขนาด 150 mg/ kg/Bw เข้าที่ช่องท้อง (IP)
- เจาะเลือดที่หัวใจ (Cardiac puncture) ที่มีสาร EDTA เคลือบไว้ที่หลอดทดลอง นำส่งตรวจที่สำนักงานสัตว์ทดลองแห่งชาติมหาวิทยาลัยมหิดล เพื่อหา Red Blood Cell (RBC), Hemoglobin (HB), Hematocrit (HCT), Mean corpuscular volume (MCV), Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration (MCHC), Neutrophil (NEU), Monocyte (MONO), Eosinophil (EO), Basophil (BASO)
- ทำการพิสูจน์ซากสัตว์เบื้องต้น (Necropsy) ดูตับ ม้าม หัวใจ ปอด รังไข่ และมดลูก เพื่อตรวจหาความผิดปกติเบื้องต้น

5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการทดลองแสดงเป็นค่าเฉลี่ย (Mean) ± ค่าเบี่ยงแบนมาตรฐาน (SD) การวิเคราะห์ค่าความแตกต่างระหว่างกลุ่มโดยใช้ซอฟแวร์คอมพิวเตอร์ (SPSS) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (ANOVA) โดยมีค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $p < 0.05$

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. สารสกัดเอทานอลจากใบย่านางแดง

สารสกัดเอทานอลจากใบย่านางแดงมีลักษณะเป็นของเหลวหนืดสีเขียวดำ น้ำหนักสารสกัดเอทานอลจากใบย่านางแดงถูกคำนวณเป็น 265.7 กรัม (Yield 15.62%)

2. ผลการทดสอบพฤกษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดเอทานอลจากใบย่านางแดง

การทดสอบหาองค์พฤกษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดเอทานอลจากใบย่านางแดง ได้แก่ Flavonoids, Alkaloid, Tannins, Saponins, Cardiac Glycoside, Terpenoids, Steroids และ Anthraquinone พบสารพฤกษเคมี 4 ชนิด คือ Flavonoids, Alkaloid, Tannins, และ Cardiac Glycoside ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบทางพฤษเคมีพื้นฐานของสารสกัดเอทานอลของใบย่านางแดง

สารพฤกษเคมี	**ผล**
Flavonoids	+
Alkaloid	+
Tannins	+
Saponins	ND
Cardiac Glycoside	+
Terpenoids	ND
Steroids	ND
Anthraquinone	ND

Key: ND = Not Detected, + = Present

3. ผลของสารสกัดเอทานอลจากใบย่านางแดงต่อองค์ประกอบของโลหิตวิทยา

ผลของสารสกัดเอทานอลจากใบย่านางแดงต่อองค์ประกอบของโลหิตวิทยาในหนูขาวเพศเมีย ที่ได้รับสารสกัดเอทานอลของใบย่านางแดงที่ความเข้มข้น 125, 250, และ 500 mg/Kg/Bw /day ป้อนทางปากติดต่อกันเป็นระยะเวลา 21 วัน พบว่าสารสกัดเอทานอลจากใบย่านางแดงที่ความเข้มข้น 125 และ 250 mg/kg/Bw ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ RBC, HB, HCT, MCV, และ MCHC ที่ความเข้มข้น 500 mg/kg/Bw เพิ่ม RBC, HB, และ HCT เท่ากับ 7.69 ± 0.45, 13.88 ± 0.61, 40.68 ±1.93 เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมเท่ากับ 7.41 ± 0.21, 13.73 ± 0.49, 39.83 ± 1.63 สารสกัดเอทานอลจากใบย่านางแดงทั้ง 3 ความเข้มข้นพบว่ามีการเพิ่มเม็ดเลือดขาว NEUT, LYMPH และ EO ที่ความเข้มข้น 125 mg/Kg/Bw /day เท่ากับ 5.78 ± 2.25, 90.80 ± 1.72 และ 0.88 ± 0.48 ที่ความเข้มข้น 250 mg/Kg/Bw /day เท่ากับ 9.53 ± 2.32, 86.53 ± 1.70 และ 1.03 ± 0.13 ที่ความเข้มข้น 500 mg/Kg/Bw /day เท่ากับ 6.58 ± 3.65, 89.38 ± 3.45 และ 0.9 ± 0.16 เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมเท่ากับ 4.43 ± 3.55, 83.83 ± 1.57 และ 0.78 ± 0.27 ดังแสดงในตารางที่ 2 ผลการพิสูจน์ซากสัตว์เบื้องต้นไม่พบความผิดปกติที่ตับ ม้าม หัวใจ ปอด รังไข่ และมดลูก สัตว์ทุกตัวมีสุขภาพแข็งแรงดี ไม่มีอาการเจ็บป่วย

ตารางที่ 2 ผลของสารสกัดเอทานอลจากใบย่านางแดงต่อองค์ประกอบของโลหิตวิทยาในหนูขาวเพศเมียที่ได้รับสารสกัดติดต่อกันเป็นระยะเวลา 21 วัน

Parameters	Group A	Group B	Group C	Group D
RBC (10^6/µl)	7.41 ± 0.21	7.47 ± 0.14	7.16 ± 0.20	7.69 ± 0.45
HGB (g/dl)	13.73 ± 0.49	13.73 ± 0.15	13.35 ± 0.32	13.88 ± 0.61

HCT (%)	39.83 ± 1.63	39.48 ± 0.37	38.6 ± 0.65	40.68 ±1.93
MCV (fl)	53.70 ± 1.13	52.48 ± 1.43	53.98 ± 0.60	52.80 ±1.61
MCHC (g/dL)	34.33 ± 0.26	34.78 ± 0.24	34.6 ± 0.52	34.23 ± 0.45
NEU (%)	4.43 ± 3.55	5.78 ± 2.25	9.53 ± 2.32	6.58 ± 3.65
LYMPH (%)	83.83 ± 1.57	90.80 ± 1.72	86.53 ± 1.70	89.38 ± 3.45
MONO (%)	3.18 ± 0.41	2.45 ± 0.58	2.88 ± 0.86	3.15 ± 0.49
EO (%)	0.78 ± 0.27	0.88 ± 0.48	1.03 ± 0.13	0.9 ± 0.16
BASO (%)	0.00 ± 0.00	0.10 ± 0.10	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00

Red blood cell (RBC), Hemoglobin (HB), Mean corpuscular volume (MCV), Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration (MCHC), Lymphocyte (%), Monocyte (MONO), Eosinophil (EO), Basophil (BASO)

สรุป

ย่านางแดง เป็นพืชสมุนไพรที่ใช้ในการดูแล ป้องกัน และรักษาโรคของภูมิปัญญาทางการแพทย์แผนไทยมีสรรพคุณทางยา รากใช้ฝนกับน้ำหรือน้ำซาวข้าวช่วยในการถอนพิษ ใบแก้พิษ แก้สารตกค้างจากยาฆ่าแมลง แก้พิษทั้งปวง[12] การทดสอบพฤกษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดเอทานอลจากใบย่านาง พบสารพฤกษเคมี 4 ชนิด คือ Flavonoids, Alkaloid, Tannins, และ Cardiac Glycoside โดยสารทั้ง 4 ชนิดเป็นกลุ่มใหญ่ที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาครอบคลุมหลายระบบของร่างกาย และจัดเป็นเภสัชภัณฑ์ธรรมชาติที่นำมาใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ เช่น สาร Flavonoids เพิ่มความแข็งแรงของหลอดเลือด เพิ่มภูมิคุ้มกันของร่างกาย สาร Alkaloid ลดการอักเสบ ลดไข้ ต้านมะเร็ง สาร Tannins แก้ท้องเสีย สมานแผล ต้านเชื้อไวรัส สาร Glycoside ลดไข้ แก้ปวด ป้องกันเส้นเลือดเปราะ[13,14] ได้มีการศึกษาทางโลหิตวิทยาในพืชที่มีสารสกัดในกลุ่ม Flavonoids, Alkaloid, Tannins, และ Glycoside ที่มีสารเช่นเดียวกับที่พบในสารสกัดเอทานอลจากใบย่านางแดงสอดคล้องกับงานวิจัยที่พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของ RBC, HB, HCT เช่นกัน[10,15]

จากการทดลองให้สารสกัดเอทานอลจากใบย่านางแดงในหนูขาวเพศเมียที่ความเข้มข้น 125, 250, และ 500 mg/kg/Bw ติดต่อกันเป็นระยะเวลา 21 วัน พบว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ RBC, HB, และ HCT เพิ่มขึ้นที่ความเข้มข้น 500 mg/kg/Bw ซึ่งทั้ง 3 ชนิดเป็นส่วนประกอบของเลือด โดย HB เป็นองค์ประกอบในเม็ดเลือดแดงทำหน้าที่จับกับก๊าซออกซิเจนในปอดและขนถ่ายไปสู่เนื้อเยื่อต่างๆ HCT เป็นค่าความหนาแน่นของเม็ดเลือดทำหน้าที่ในการกระตุ้นไตให้สร้างฮอร์โมน erythropoietin ซึ่งใช้ในขบวนการผลิตเม็ดเลือดแดง โดยพบว่าเพศหญิงมีค่าต่ำกว่าเพศชาย เนื่องจากการที่เพศหญิงมีการสูญเสียเลือดออกทางประจำเดือน การทดลองสารสกัดเอทานอลจากใบย่านางแดงที่ความเข้มข้น 500 mg/kg/Bw เพิ่ม RBC, HB, และ HCT สารที่อยู่ในใบย่านางแดงอาจมีคุณสมบัติในการเพิ่มสารในองค์ประกอบของเลือดได้ โดยใบย่านางแดงเป็น 1 ในสมุนไพรที่อยู่ในตำรับยาหมอพื้นบ้านบำรุงเลือดสตรีซึ่งตำรับยาทางการแพทย์แผนไทยมีส่วนผสมที่ใช้เป็นยาหลักและยารองในการรักษาโรค ในอนาคตต้องมีการทดสอบประสิทธิภาพของสมุนไพรในตำรับยาบำรุงเลือดตัวอื่นว่ามีผลต่อการเพิ่มขึ้นขององค์ประกอบในเลือดเช่นเดียวกับใบย่านางแดงหรือไม่ ในขณะที่ความเข้มข้น 125, 250 และ 500 mg/kg/Bw มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ neutrophil, lymphocyte และ eosinophil ซึ่งทั้ง 3 ชนิด เป็นส่วนหนึ่งของระบบภูมิคุ้มกัน (Immune system) คือระบบที่ทำหน้าที่คุ้มกันร่างกาย โดย neutrophil เป็นเม็ดเลือดขาวที่พบมากที่สุด ทำหน้าที่ทำลายจับกินเชื้อโรคและสิ่งแปลกปลอมด้วยขบวนการ phagocytosis ส่วน lymphocyte เป็นเม็ดเลือดขาวที่มีมากรองมาจาก neutrophil ทำหน้าที่ติดเชื้อแบคทีเรียที่เรื้อรัง และการติดเชื้อไวรัสอย่างเฉียบพลัน โดยชนิด T lymphocyte (T cell) ทำหน้าที่ต่อต้านเซลล์ที่ติดเชื้อไวรัสและเซลล์เนื้องอก ในขณะที่ B lymphocyte (B cell) ทำหน้าที่สร้างภูมิคุ้มกัน (antibody) เพื่อทำลายสิ่งแปลกปลอม ส่วน eosinophil ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับ allergic reaction ต่อต้านเชื้อปรสิต เช่น พยาธิตัวแบน พยาธิตัวกลม ถ้ามีการติดเชื้อพวกปรสิตก็ทำให้เซลล์ชนิดนี้สูงขึ้นได้ และ

ยังช่วยลดความรุนแรงของสารกระตุ้นภูมิคุ้มกัน การเพิ่มขึ้นของเซลล์เม็ดเลือดขาวไม่ได้หมายถึงการติดเชื้อเพียงอย่างเดียวเพราะการติดเชื้อที่ทำให้เกิดการอักเสบจะต้องมีอาการอื่นร่วมด้วย เช่น มีไข้ ปวด บวมแดง[16,17] จากการทดลองสังเกตไม่พบอาการดังกล่าว สัตว์ทดลองทุกตัวมีสุขภาพที่ดีและผลการพิสูจน์ซากสัตว์เบื้องต้นไม่พบสิ่งผิดปกติใด การทดลองนี้สอดคล้องกับการศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อ HIV[18] ส่งเสริมการกระตุ้นของระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายที่มีผลต่อเพิ่มขึ้นขององค์ประกอบของเลือดในหนูขาว อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้ยังไม่สามารถสรุปได้ว่าสารสกัดเอทานอลจากใบย่านางแดงเพิ่มองค์ประกอบในเลือดและกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันในหนูขาวซึ่งต้องทำการทดลองวิธีที่เหมาะสม เช่น ดูการกระตุ้นเม็ดเลือดขาวที่แยกจากเลือดมนุษย์ในหลอดทดลอง

เอกสารอ้างอิง

1. วุฒิ วุฒิธรรมเวช. คัมภีร์เภสัชรัตนโกสินทร์. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: บริษัทศิลป์สยามบรรจุภัณฑ์และการพิมพ์; 2550.
2. ไพบูลย์ แพงเงิน. สมุนไพรคู่บ้าน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มติชน; 2555.
3. รัชนี นามมาตย์ และไชยา สนิท. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรจากสมุนไพรพื้นบ้านในผลิตภัณฑ์ชาเพื่อสุขภาพ (รายงานผลการวิจัย). มหาสารคาม: ศูนย์ความร่วมมือกับภาคอุตสาหกรรม; 2556.
4. Voravuth S, Jarlya N, Sukanya C, Sawanee K. Antimalarial Activity of Ethanolic Leaf Extract of *Bauhinia strychnifolia* in Mice Infected with *Plasmodium berghei*. Malaria Control & Elimination. 2015; 4(2):1-4.
5. Itharat A, Sayompark S, Hansakul P, Dechayont B. In Vitro Antioxidant Activities of Extracts of *Bauhinia strychnifolia* Stems and Leaves: Comparison with Activities in Green Tea Extracts. Medicinal & Aromatic Plants. 2013; 5(3): 1-7.
6. วัชรีพร คงวิลาส. ขับล้างสารพิษด้วยสมุนไพร. นนทบุรี: สำนักสื่อสารความเสี่ยงและพัฒนาพฤติกรรมสุขภาพ กรมควบคุมโรค; 2557.
7. Phukphon M, Kajohnpong D. Effects of *Bauhinia strychnifolia Craib* leaf extract on growth parameters and intestinal morphology of catfish (Clarias gariepinus). Proceeding Book of Sakon Nakhon Rajabhat University International Conference. ST-50-5. 2015.
8. ธนิตา ทางไธสง, วนิดา ไทรชมพู และ เมธิน ผดุงกิจ. การสำรวจสมุนไพรพื้นบ้านที่ใช้รักษาโรคกระดูกในอำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม. วารสารไทยเภสัชศาสตร์และวิทยาการสุขภาพ. 2554; 6(1):7-11.
9. Fransworth NR. Biological and Phytochemical Screening of Plants. Journal of Pharmaceutical Sciences. 1966; 55 (3): 225-69.
10. Damilola AO, Adeyemi O, Igara CE, Ephraim C, Otuchristian G. Phytochemical screening and haematological studies of Parquetina nigrescens ethanol and chloroform leaves extracts in normal albino rats. 2516; 10(10): 164-9.
11. Haytham MD. Evaluation of Hematological and Biochemical Activity of Ethanolic Extract of *Zygophyllum simplex* Linn. in Wistar Rats. Pakistan Journal of Biological Science. 2016; 19 (4): 179-84.
12. Bunluepuech K, Wattanapiromsakui C, Madaka F, Tewtrakul S. Anti-HIV-1 and anti-allergic activities of *Bauhinia strychnifolia*. Songklanakarin Journal of Science and Technology. 2013; 35(6):659-64.
13. รัตนา อินทรานุปกรณ์. การตรวจสอบและการสกัดแยกสาระสำคัญจากสมุนไพร. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2550.
14. พิมพร ลีลาพรพิสิฐ. เครื่องสำอางธรรมชาติ ผลิตภัณฑ์สำหรับผิวหนัง. พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่: คณะเภสัชศาสตร์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2544.

15. Apeh VO, Agu CV, Ogugua VN, Uzoegwu PN, Anaduaka EG, Rex TE, Agbalu IS. Effect of Cooking on Proximate, Phytochemical Constituents and Hematological Parameters of *Tetracarpidium conophorum* in Male Albino Rats. European Journal of Medicinal Plants. 2014; 4(12):1388-99.
16. กนกธร ปิยธำรงรัตน์. เนื้อเยื่อวิทยา. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดี่ยนสโตร์; 2546.
17. บังอร ฉางทรัพย์. กายวิภาคศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2556.
18. Bunluepuech K, T e w t r a k u l S. Anti-HIV-1 integrase activity of Thai medicinal plants in longevity preparations. Songklanakarin. Journal Science and Technology.2011; 33(6):693-7.

[HS-P05] ฤทธิ์ต้านการอักเสบและการกลืนกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์เม็ดเลือดขาวแมคโครฟาจต่อสารสกัดใบกะเม็ง ใบสาบเสือและใบบัวบก

Anti-Inflammation and Phagocytosis Activity of Macrophage to *Eclipta prostrate* Linn., *Eupatorium odoratum* L. and *Centella asiatica* Extracts

สุวรรณา เสมศรี*[1], โน้ต ซาดิลา จาลีล[1], สุธี สิงห์สนธิ์[1], สุรีย์พร หอมวิเศษวงศา[2], และ วิชาญ จันทร์วิทยานุชิต[3]
Suwanna Semsri*[1], Notsadila Jaleel[1], Suthee Singhasonthi[1], Sureeporn Homvisasevongsa[2], and Wicharn Janwitayanuchit[3]
[1]คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
[2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
[3]คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: *ssemsri@gmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านการอักเสบและการกลืนกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์เม็ดเลือดขาวแมคโครฟาจจากสารสกัดใบกะเม็ง ใบสาบเสือ และ ใบบัวบก โดยศึกษาฤทธิ์การต้านการอักเสบด้วยวิธี Griess's reaction และศึกษาการกลืนกินสิ่งแปลกปลอมของเม็ดเลือดขาวแมคโครฟาจเพาะเลี้ยงชนิด RAW264.7 ด้วยวิธี NBT จากการศึกษาพบว่าสารสกัดใบสาบเสือที่ความเข้มข้น 8.7 ± 5.27 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถยับยั้งการหลั่งไนตริกออกไซด์ได้ 50 เปอร์เซ็นต์ รองลงคือสารสกัดใบบัวบกที่ความเข้มข้น 10.9 ± 3.26 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ส่วนสารสกัดใบกะเม็งที่ความเข้มข้น 62.5 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการกลืนกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์เม็ดเลือดขาวแมคโครฟาจเพาะเลี้ยงชนิด RAW264.7 ได้ 25 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมการทดสอบ จากผลการศึกษานี้พบว่าสารสกัดใบสาบเสือมีฤทธิ์ในการต้านการอักเสบดีมากแต่ไม่เพิ่มประสิทธิภาพในการกลืนกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์เม็ดเลือดขาวแมคโครฟาจเพาะเลี้ยงชนิด RAW264.7

คำสำคัญ: *ฤทธิ์ต้านการอักเสบ, กลืนกินสิ่งแปลมปลอม, เซลล์แมคโครฟาจเพาะเลี้ยงชนิด RAW264.7*

Abstract

The aim of this study was to investigate the anti-inflammation and phagocytosis activity of *Eclipta prostrate* Linn, *Eupatorium odoratum* L. and *Centella asiatica* extracts. The anti-inflammation was measured by Griess's reaction as well as their phagocytosis activity on macrophage cell line (RAW264.7) measured by NBT reduction test. The results showed that the *Eupatorium odoratum* L. at 8.7 ± 5.27 μg/mL can reduce nitric oxide releasing by fifty percent whereas the *Centella asiatica* shown the concentration of 10.9 ± 3.26 μg/mL. The *Eclipta prostrate* Linn extract at the concentration of 62.5 μg/mL significantly increase the phagocytosis activity of RAW264.7 cell line by 25% comparing with the vehicle control ($p<0.05$). In conclusion, the *Eupatorium odoratum* L. showed the best of anti-inflammation activity but cannot increase phagocytic activity of RAW264.7 cell line.

Keywords: *anti-inflammation, phagocytosis, RAW264.7 cell line*

บทนำ

การอักเสบ (inflammation) เป็นกระบวนการของร่างกายที่เกิดขึ้นเพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่ทำให้เนื้อเยื่อในร่างกายได้รับบาดเจ็บ ถือเป็นกลไกที่สำคัญในการป้องกันสิ่งแปลกปลอมหรือสิ่งที่ทำให้เซลล์ต่างๆของร่างกายได้รับบาดเจ็บ ภาวะการเกิดการอักเสบมากเกินไปอาจทำให้เกิดการตายของเนื้อเยื่อร่างกาย มีผลทำให้เกิดพยาธิสภาพต่อเนื้อเยื่อ ความเจ็บป่วย หรืออาจทำให้เกิดโรคในกลุ่มโรคภูมิแพ้ต่อตนเอง (autoimmune disease) เช่น โรคข้ออักเสบรูมาตอยด์ (rheumatoid arthritis) โรคข้อเสื่อมอักเสบ (osteoarthritis) โรคเอสแอลอี (systemic lupus erythematosus; SLE) นอกจากนี้กระบวนการการอักเสบยังมีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงที่พบโรคต่างๆ เช่น มะเร็ง (cancer) ภาวะไขมันสะสมในผนังหลอดเลือด (atherosclerosis) โรคหลอดเลือดหัวใจ (ischemic heart disease) และกลุ่มโรคที่มีการเสื่อมของเนื้อเยื่อ (degenerative disease) เช่น โรคอัลไซเมอร์ (Alzheimer's disease) นอกจากนี้ยังมีการอักเสบที่เนื่องมาจากระบบภูมิคุ้มกันโดยเกิดขึ้นจากระบบภูมิคุ้มกันที่ติดตัวแต่กำเนิด (innate immunity) ร่วมกับสารที่หลั่งจากเซลล์และสารจากพลาสมาเช่น cytokine, prostaglandins, leukotriene, platelet activating factor (PAF), bradykinin, histamine, interferon (IFN) และ ระบบคอมพลีเมนต์ (complement system) ซึ่งกระบวนการอักเสบชนิดนี้เกิดจากการต่อต้านการติดเชื้อไวรัสหรือแบคทีเรียของร่างกายกล่าวคือเมื่อแมคโครฟาจ นิวโทรฟิล และเซลล์เดรนไดติกกลืนกินไวรัสหรือแบคทีเรียแล้วจะมีการปล่อยโปรตีนของไวรัสหรือผนังเซลล์ของแบคทีเรียบางส่วนออกมาซึ่งโปรตีนเหล่านี้สามารถเหนี่ยวนำและกระตุ้นเซลล์ในระบบภูมิคุ้มกันให้ตอบสนองทำให้เกิดการอักเสบด้วยการหลั่งสารสื่อกลางทางเคมี (chemical mediator) เช่น histamine, nitric oxide (NO), prostaglandin E2 (PGE2) และ leukotriene ออกมา[1] สารสื่อกลางทางเคมีเหล่านี้จะมีผลให้เม็ดเลือดขาวเคลื่อนตัวออกจากหลอดเลือดไปรวมตัวบริเวณเนื้อเยื่อที่อักเสบเช่นเดียวกันหากร่างกายได้รับบาดเจ็บหรืออักเสบความเป็นกรดที่เพิ่มขึ้นของเซลล์ที่บาดเจ็บรวมกับสาร bradykinin ที่ไหลเวียนในกระแสเลือดและรวมกับแมคโครฟาจและ dendritic cell สามารถกระตุ้นให้เม็ดเลือดขาวเคลื่อนตัวไปยังบริเวณที่บาดเจ็บ ณ ตำแหน่งที่ติดเชื้อหรือบาดเจ็บเม็ดเลือดขาวจะหลั่งสารกลุ่ม proinflammatory cytokine เช่น tumor necrosis factor-α (TNF-α), interleukin-1 (IL-1), interleukin-6(IL-6), IFN และ colony stimulating factors (CSFs) และคีโมไคล์ (chemokine) เช่น macrophage inflammatory protein1α, interleukin-8 (IL-8), monocyte chemoattractant protein-1[2] และผลิตอนุมูลอิสระ (reactive oxygen species, ROS) ขึ้น และหลั่งไซโตไคน์ออกมาเมื่อเกิดการบาดเจ็บหรือติดเชื้อ จะทำให้หลอดเลือดบริเวณนั้นขยายตัวเลือดจึงไหลเวียนมามากขึ้นทำให้เกิดอาการร้อนและแดงในขณะเดียวกันก็ทำให้ระยะห่างระหว่าง endothelial cell ขยายตัวซีรัมโปรตีนและของเหลวจึงรั่วออกจากหลอดเลือดทำให้บริเวณที่อักเสบเกิดอาการบวมและการอักเสบอย่างรุนแรง ดังนั้นงานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาพืชจำนวน 3 ชนิด คือ ใบกะเม็ง ใบสาบเสือ และ ใบบัวบก ซึ่งกะเม็ง เป็นพืชสมุนไพรพื้นบ้านไทยมีสรรพคุณทางยาสารมากมาย จึงได้ถูกเรียกว่า "ยอดยาดีหมอพื้นบ้าน" ใช้ในการรักษาโรคภูมิแพ้ ช่วยห้ามเลือด แก้โลหิตจาง รักษาโรคผิวหนังผื่นคัน และมีสารประกอบทางเคมีที่สำคัญ ได้แก่สารกลุ่ม coumestans, thiophenes, saponins, alkaloid, flavonoids และ steroids[3-4] สาบเสือเป็นวัชพืชพบกระจายทั่วไปในทุกภูมิภาค ด้วยเมล็ดของสาบเสือสามารถลอยไปตามลมได้ไกลทำให้กระจายตัวได้อย่างรวดเร็วและสาบเสือสามารถเติบโตได้ดีในพื้นที่แห้งแล้ง[5-6] สาบเสือมีชื่อภาษาไทยหลายชื่อแตกต่างกันไปตามแหล่งที่พบ เช่น สาบเสือ (สิงห์บุรี) บ้านร้าง ผักคราด (ราชบุรี) ส่วนใบบัวบก เป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดจากประเทศจีน และประเทศอื่นๆ ในเอเชีย มีสรรพคุณรักษาอาการผิวหนัง มีฤทธิ์ช่วยต้านเชื้อแบคทีเรีย ฤทธิ์ต้านเชื้อรา ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ต้านมะเร็ง ฤทธิ์แก้ปวด และลดการอักเสบ[7-8] ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้ จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาฤทธิ์ต้านการอักเสบและกลืนกินสิ่งแปลกปลอมของสารสกัดสมุนไพรกลุ่มที่มีสรรพคุณห้ามเลือดคือ ใบกะเม็ง ใบสาบเสือ และใบบัวบก เนื่องจากเคยมีรายงานว่าสมุนไพรทั้งสามชนิดสามารถห้ามเลือดได้โดยผ่านกลไกทางด้านการห้ามเลือดระดับปฐมภูมิ ดังนั้นถ้าสมุนไพรทั้งสามชนิดนี้มีฤทธิ์ในการต้านการอักเสบที่สูงด้วย ก็จะเป็นข้อมูลพื้นฐานในพัฒนาสารสกัดต้นแบบในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ห้ามเลือดที่มีฤทธิ์ลดการอักเสบด้วยต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมสารสกัดใบกะเม็ง ใบสาบเสือ และ ใบบัวบก[9]

ใบกะเม็งและใบบัวบกเก็บมาจากจังหวัดราชบุรี ใบสาบเสือเก็บมาจากจังหวัดร้อยเอ็ด ทั้งนี้ได้มีการพิสูจน์เอกลักษณ์ของพืชโดย อาจารย์เบญจวรรณ สมบูรณ์สุข (สาขาวิชาเภสัชกรรมเภสัชเวท โรงเรียนแพทย์แผนโบราณวัดพระเชตุพนวิมลมังคลาราม และโรงเรียนเพ็ญแขแพทย์แผนไทย) นำใบสดของกะเม็ง สาบเสือ และ บัวบก มาหั่นและบดเป็นชิ้นเล็กและแช่ในเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 3 ครั้ง โดยแช่ไว้ครั้งละ 3 วัน ทำการกรองเก็บส่วนสารสกัด จากนั้นระเหยเอทานอลออกด้วยเครื่องกลั่นระเหยแบบหมุนภายใต้สุญญากาศ (rotary evaporator) ทำให้แห้งด้วยเครื่องทำให้แห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze dryer) เก็บสารสกัดหยาบ (crude extract) ไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อทำการทดสอบ โดยใช้ตัวทำละลาย dimethyl sulfoxide (DMSO) ในการเตรียมสารสกัดสำหรับทำการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพต่อไป

2. การศึกษาฤทธิ์ต้านการอักเสบของสารสกัดใบกะเม็ง ใบสาบเสือ และใบบัวบก

เซลล์แมคโครฟาจเพาะเลี้ยงชนิด RAW 264.7 เพาะเลี้ยงในจานเพาะเลี้ยงเซลล์แบบ 96 หลุม โดยมีจำนวนเซลล์ เท่ากับ 1×10^5 เซลล์ต่อหลุม ในอาหารเลี้ยงเซลล์ชนิด DMEM ที่มี 10 เปอร์เซ็นต์ ของ FBS และมีเพนนิซิลิน (penicillin) 100 ยูนิตต่อมิลลิลิตร และสเตรปโตมัยซิน (streptomycin) 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร บ่มเซลล์ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ นาน 4-6 ชั่วโมง หลังจากนั้นเติมอาหารเลี้ยงเซลล์ที่มีส่วนผสมของสารสกัดความเข้มข้น 15.6-250 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ในสภาวะที่มี LPS (กระตุ้นให้หลั่งไนตริกออกไซด์) ความเข้มข้น 100 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร และบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ นาน 48 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาเก็บอาหารเลี้ยงเซลล์จำนวน 100 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลาย Griess (1 เปอร์เซ็นต์ sulfanilamide และ 0.1 เปอร์เซ็นต์ N-(1-naphthyl) ethylene-diaminedihydrochloride ใน 2.5 เปอร์เซ็นต์ ของ phosphoric acid) จำนวน 100 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันและบ่มที่อุณหภูมิห้องนาน 10 นาที หลังจากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร หลังจากนั้นคำนวณค่าความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรท์ ($NaNO_2$) ในอาหารเลี้ยงเซลล์โดยเทียบจากกราฟมาตรฐานของโซเดียมไนไตรท์ ที่ความเข้มข้น 0-100 ไมโครโมลาร์ และคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง (%inhibition) การหลั่งไนตริกออกไซด์ ของสารสกัดแต่ละชนิด โดยเปรียบเทียบกับชุดควบคุมการทดสอบ (เซลล์ที่สัมผัสกับ LPS และ DMSO เพียงอย่างเดียว) และใช้สาร apigenin ความเข้มข้น 25 ไมโครโมลาร์ (μM) เป็นสารควบคุมแบบบวก และคำนวณเปอร์เซ็นต์ของการยับยั้งการหลั่งไนตริกออกไซด์ (%inhibition of NO production)

$$\%\text{inhibition} = [(A-B) / (A-C)] \times 100$$

โดย A-C: NO_2 concentration (μM)

A: LPS (+), sample (-)

B: LPS (+), sample (+)

C: LPS (-), sample (-)

3. การศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดใบกะเม็ง ใบสาบเสือ และ ใบบัวบก ต่อการกลืนกินสิ่งแปลกปลอม ด้วยวิธี NBT

นำเซลล์แมคโครฟาจเพาะเลี้ยงชนิด RAW264.7 จำนวน 1×10^5 เซลล์ต่อหลุมละ 100 มิลลิลิตร ในอาหารเลี้ยงเซลล์ DMEM แบบ complete medium โดยเติมลงใน 96-well plate โดยเพาะเลี้ยงในตู้ที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 4 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาดูดอาหารเลี้ยงออกและเติมอาหารเลี้ยงเซลล์ที่มีส่วนผสมของสารสกัดใบกะเม็ง ใบสาบเสือ และใบบัวบก ที่มีระดับความเข้มข้น 15.6-250 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 100 ไมโครลิตร สำหรับชุดควบคุมการทดสอบใช้ DMSO ที่มีระดับความเข้มข้นสุดท้ายเท่ากับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส มีคาร์บอนไดออกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลานาน 48 ชั่วโมง หลังจากทำการล้างเซลล์ด้วย PBS จำนวน 2 ครั้ง แล้วเติมอาหารเลี้ยงชนิด DEME ที่มี 10 เปอร์เซ็นต์ ของ FBS ใน ที่มี 800 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรของ Zymosan และ 600 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรของ NBT หลุมละ 50 ไมโครลิตร บ่มเพาะที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาล้างตะกอนด้วย

PBS จำนวน 2 ครั้ง ตามด้วยเมทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 1 ครั้ง และละลายตะกอนโดยเติม 2M KOH หลุมละ 60 ไมโครลิตรและ DMSO หลุมละ 70 ไมโครลิตร หลังจากนั้นละลายตะกอนและผสมให้เข้ากัน นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 620 นาโนเมตร โดยเปอร์เซ็นต์ของ NBT reduction หรือที่เรียกว่า %phagocytosis สามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$\% \text{ phagocytosis} = (\text{absorbance test} / \text{absorbance vehicle control}) \times 100$$

ทั้งนี้ได้ทำการศึกษาการมีเซลล์ของเซลล์ด้วยวิธี MTT ควบคู่ได้ด้วย เพื่อใช้ในการแปลผลการกลืนกินสิ่งแปลกปลอม โดยเซลล์จะต้องมีชีวิตมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ การวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองแสดงในรูปของ Mean ± SD และ one way ANOVA โดยเปรียบเทียบกับชุดควบคุมการทดสอบ ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการศึกษาสารสกัดใบกะเม็ง ใบสาบเสือ และ ใบบัวบก ที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ในการต้านการอักเสบและเพิ่มประสิทธิภาพการกลืนกินสิ่งแปลกปลอม ของเซลล์แมคโครฟาจเพาะเลี้ยงชนิด RAW264.7 พบว่าสารสกัดใบสาบเสือสามารถยับยั้งการหลั่งไนตริกออกไซด์ 50 เปอร์เซ็นต์ ใช้ความเข้มข้นของสารสกัดที่ 8.7 ± 5.27 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (ตารางที่ 1) การที่สารสกัดใบสาบเสือแสดงคุณสมบัติในการต้านการอักเสบได้ดีที่สุด อาจจะเนื่องมาจากใบสาบเสือมีปริมาณฟีนอลิกรวม (phenolic compound) สูง คือ 12.1 มิลลิกรัมของแกลลิกต่อมิลลิกรัมของสารสกัด เมื่อเปรียบเทียบกับตัวทำละลายชนิดเมทานอล น้ำ และ เฮกเซน[10] โดยทั่วไปปริมาณฟีนอลิกรวมจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากพืช[11,12] และยังพบสารประกอบที่มีกลุ่มฟีนอลิกรวมเป็นโมเลกุลของโปรตีน คือ แอลคาลอยด์ (alkaloid) ซาโปนิน (saponin) และ แทนนิน (tannin) เป็นต้น[13] นอกจากนี้ยังมีการรายงานว่าสารประกอบฟีนอลมีคุณสมบัติ ต้านการอักสบ ต้านแบคทีเรีย ต้านไวรัส ต้านมะเร็ง ต้านการเกิดภูมิแพ้ และสามารถกระตุ้นให้เกิดภูมิคุ้มกันได้[14] สารสกัดใบสาบเสือยังมีฤทธิ์ในการฆ่าลูกน้ำยุงก้นปล่อง *An. dirus* B และ ยุงรำคาญ *Cx. quinquefasciatus* ได้[13] และมีการรายงานว่าสารสกัดใบสาบเสือที่ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย *Ralstonia solanacearum* ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคเหี่ยวในขิง[15] ส่วนสารสกัดใบบัวบกแสดงฤทธิ์ในการต้านการอักเสบเป็นลำดับที่สอง โดยมีระดับความเข้มข้นที่ 10.9 $\pm$ 3.26 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (ตารางที่ 1) มีรายงานว่าพบสารสำคัญในใบบัวบก คือ สารกลุ่ม triterpenoid ที่เรียกว่า centelloids ซึ่งประกอบด้วย madecassoside, asiaticoside, madecassic acid และ asiatic acid[16,17] สาร asiaticoside มีฤทธิ์ลดการอักเสบ เพิ่มการสร้างหลอดเลือดใหม่ และสังเคราะห์คอลลาเจน[18,19] และสาร asiatic acid มีฤทธิ์ในการต้านการอักเสบ[20] สมานแผล และเพิ่มการสังเคราะห์คอลลาเจน (type I)[21,22] มีรายงานว่าใบบัวบกไม่มีความเป็นพิษโดยได้ศึกษาในหนูถีบจักรพบว่าขนาดของผงบัวบกที่ทำให้หนูตาย 50 เปอร์เซ็นต์ (LD_{50}) มีค่ามากกว่า 8 กรัมต่อน้ำหนักตัวหนู 1 กิโลกรัม[23] และยังมีการรายงานในระดับสัตว์ทดลองว่าสารสกัดใบบัวบกมีสรรพคุณในการปรับระบบไหลเวียนโลหิตและหลอดเลือดอื่นๆ ทำให้สามารถป้องกันภาวะสมองขาดเลือดไปหล่อเลี้ยงบำรุงสมอง[24,25] นอกจากนี้ได้มีการศึกษาฤทธิ์ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการกลืนกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์เม็ดเลือดขาวแมคโครฟาจ ของสารสกัดใบกะเม็ง ใบสาบเสือ และ ใบบัวบก โดยได้ใช้เซลล์เม็ดเลือดขาวเพาะเลี้ยงแมคโครฟาจชนิด RAW264.7 เป็นเซลล์ต้นแบบในการศึกษา และในการแปลผลจะต้องมีเปอร์เซ็นต์ของการมีชีวิตของเซลล์มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสารสกัดใบกะเม็ง ที่ความเข้มข้น 62.5 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ส่งเสริมการกลืนกินสิ่งแปลกปลอม ได้ 25 เปอร์เซ็นต์ (การมีชีวิตของเซลล์ 82 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมการทดสอบมี DMSO 0.5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสารสกัดใบสาบเสือ และใบบัวบก ไม่สามารถเพิ่มการกลืนกินสิ่งแปลกปลอมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมการทดสอบ (ตารางที่ 2 และภาพที่ 1) และที่ความเข้มข้น 125 และ 250 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร มีการกลืนกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์แมคโครฟาจเพาะเลี้ยงชนิด RAW264.7 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุด

ควบคุม เนื่องจากที่กระดับความเข้มข้นดังกล่าวทำให้เซลล์แมคโครฟาจเพาะเลี้ยงชนิด RAW264.7 ตายมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่สามารถแปลผลได้ (ตารางที่ 2 และภาพที่ 1) มีรายงานว่าสารสกัดจากยาหม้อสมุนไพร ประกอบด้วย ลูกใต้ใบ มะยม และเตยหอม เพิ่มการทำหน้าที่ของเซลล์นิวโทรฟิลในการจับกินสิ่งแปลกปลอมได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)[26] และสารสกัดผักปลังและผักแขยงสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการกลืนกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์เม็ดเลือดขาวเพาะเลี้ยงแมคโครฟาจชนิด RAW264.7 ได้ 14 เปอร์เซ็นต์[27] สารสกัด astragalus polysaccharides และ astragalosides สามารถเพิ่มการกลืนกินเชื้อ *Mycobacterium tuberculosis* ของแมคโครฟาจและเหนี่ยวนำให้มีการหลั่งสาร cytokine[28] ในขณะที่สารสกัดผักคาวตองที่สกัดจากน้ำ สามารถกระตุ้นเซลล์แมคโครฟาจให้มีการจับกินเชื้อ *salmonella* ได้มากขึ้น[29] ดังนั้นจากผลการทดสอบนี้น่าจะเป็นแนวโน้มที่ดีของการที่จะนำใบสาบเสือ และใบบัวบก มาตั้งเป็นตำรับยาสำหรับทาภายนอกแก้อาการอักเสบ

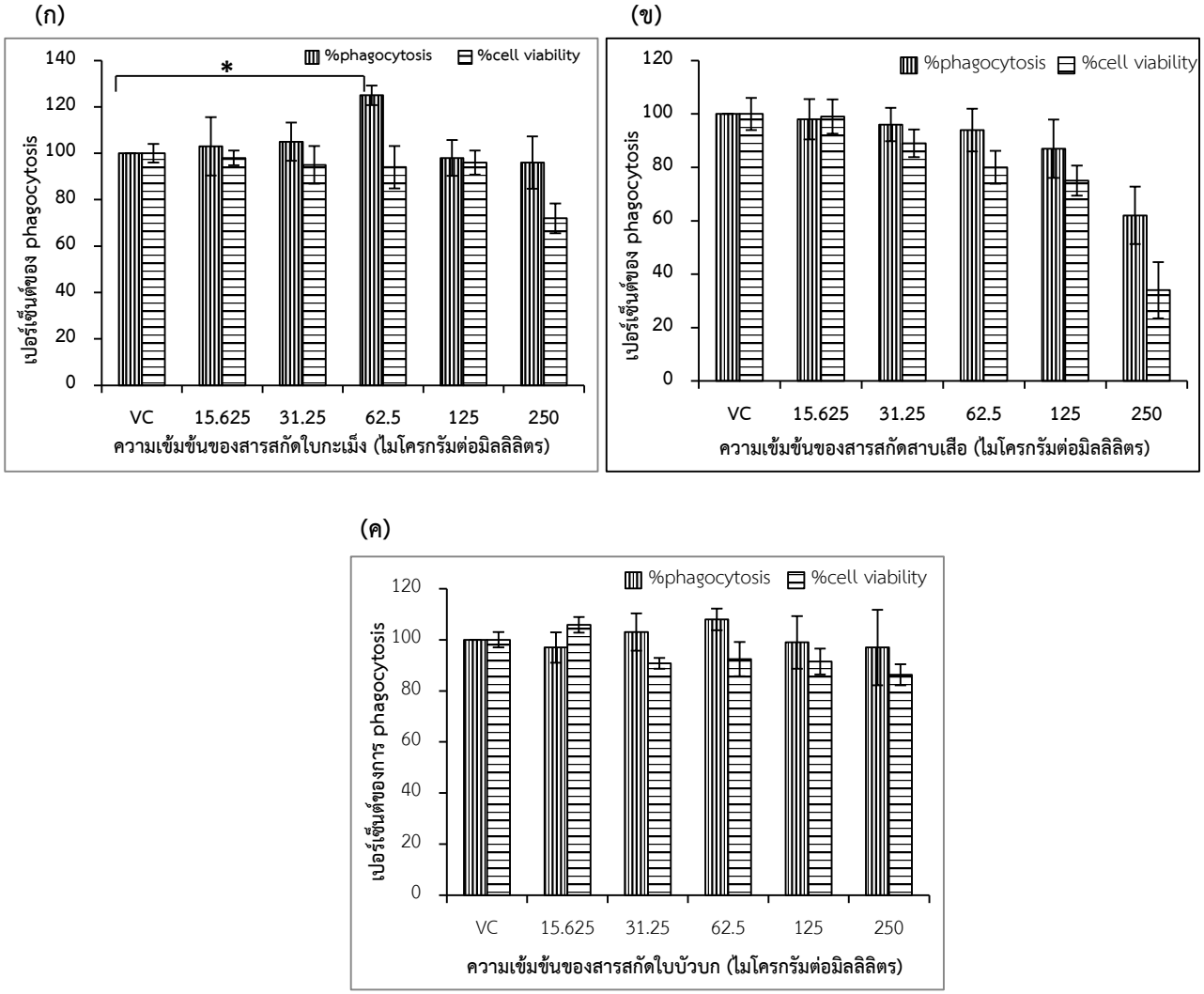
ตารางที่ 1 การยับยั้งการหลั่งไนตริกออกไซด์ ของสารสกัดใบกะเม็ง ใบสาบเสือ และ ใบบัวบก

สารและสารสกัดที่ทำการทดสอบ	**ความเข้มข้นที่ยับยั้งการหลั่งไนตริกออกไซด์ 50 เปอร์เซ็นต์ (Mean ± SD; µg/mL)**	**เปอร์เซ็นต์ของการมีชีวิตรอด (Mean ± SD)**
ใบกะเม็ง	>100	>80
ใบสาบเสือ	8.7 ± 5.27	>80
ใบบัวบก	10.9 ± 3.26	>80
25 µM Apigenin (ชุดควบคุมเชิงบวก) ยับยั้งการหลั่งไนตริกออกไซด์ = 81% ± 3.55		>80

ตารางที่ 2 ฤทธิ์ของสารสกัดใบกะเม็ง ใบสาบเสือ และ ใบบัวบก ต่อความสามารถในการกลืนกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์แมคโครฟาจเพาะเลี้ยงชนิด RAW264.7

ความเข้มข้นของสารสกัด	**เปอร์เซ็นต์ของการกลืนกินสิ่งแปลกปลอม (mean ± SD)**			**เปอร์เซ็นต์การมีชีวิตอยู่ (mean ± SD)**		
	ใบกะเม็ง	**ใบสาบเสือ**	**ใบบัวบก**	**ใบกะเม็ง**	**ใบสาบเสือ**	**ใบบัวบก**
ชุดควบคุมการทดสอบ (VC)	100 ± 0.31	100 ± 0.91	100 ± 0.23	100 ± 0.37	100 ± 0.12	100 ± 0.50
15.625	103 ± 12.5	98 ± 7.51	97 ± 5.93	98 ± 3.13	99 ± 6.45	98 ± 3.05
31.25	105 ± 8.20	96 ± 6.26	103 ± 7.30	95 ± 8.12	89 ± 5.21	98 ± 2.12
62.5	125* ± 4.19	94 ± 7.99	108 ± 4.20	94 ± 9.12	82 ± 6.13	99 ± 6.72
125	98 ± 7.70	87 ± 10.92	99 ± 10.30	96 ± 5.23	75 ± 5.63	91 ± 5.11
250	96 ± 11.25	62 ± 10.73	97 ± 14.80	72 ± 6.42	34 ± 10.54	75 ± 4.12

*แสดงถึงผลการทดสอบที่มีความแตกต่างจากกลุ่มตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$)



ภาพที่ 1 ฤทธิ์ของสารสกัดใบกะเม็ง ใบสาบเสือ และ ใบบัวบก ต่อความสามารถในการกลืนกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์แมคโครฟาจเพาะเลี้ยงชนิด RAW264.7 ▥ และการมีชีวิตของเซลล์ ▤ (ก) ฤทธิ์ของสารสกัดใบกะเม็ง (ข) ฤทธิ์ของสารสกัดใบสาบเสือ (ค) ฤทธิ์ของสารสกัดใบบัวบก

สรุป

จากข้อมูลวิจัยเบื้องต้นนี้สารสกัดใบสาบเสือ และใบบัวบก แสดงฤทธิ์ในการต้านการอักเสบ ส่วนสารสกัดใบกะเม็งมีฤทธิ์ในส่งเสริมการกลืนกินสิ่งแปลกปลอมของเซลล์แมคโครฟาจให้มากขึ้น ดังนั้นสารสกัดใบสาบเสือ และ ใบบัวบก น่าจะนำมาพัฒนาเป็นตำรับยาทาภายนอกในการลดการอักเสบในอนาคตเพราะมีฤทธิ์ยับยั้งการหลั่งไนตริกออกไซด์ซึ่งบ่งชี้ถึงการมีฤทธิ์ในการต้านการอักเสบ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ อาจารย์เบญจวรรณ สมบูรณ์สุข โรงเรียนแพทย์แผนโบราณวัดพระเชตุพนวิมลมังคลาราม และโรงเรียนเพ็ญแขแพทย์แผนไทย ในการพิสูจน์เอกลักษณ์ของพืช และ ผศ.ดร.ขนิษฐา พันธุรี คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในการอนุเคราะห์เซลล์แมคโครฟาจเพาะเลี้ยงชนิด RAW264.7 และขอขอบคุณคณะเทคนิคการแพทย์ และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ สนับสนุนในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. Radi ZA, Kehrli ME, Jr, Ackermann MR. Cell adhesion molecules, leukocyte trafficking, and strategies to reduce leukocyte infiltration. J Vet Intern Med. 2001; 15:516-29. (DOI :10.1892/0891-6640(2001)015<0516:camlta>2.3.co;2).
2. Rittner HL, Machelska H, Stein C. Leukocytes in the regulation of pain and analgesia. J Leukoc Biol. 2005; 78(6):1215-22. (DOI: 10.1189/jlb.0405223).
3. Nivedita, VP. Physiochemical and phytochemical analysis of *Eclipta alba*. Int J Pharm Bio Sci. 2013; 4(3):882-9.
4. Gani AMS, Devi DN. Antioxidant activity of methanolic extract of *Eclipta prostrata* (L.) L. Int J of Phyto Pharm. 2015; 5(2):21-4. (DOI: 10.7439/ijpp).
5. Rao KS, Chaudhury PK, Pradhan A. Evaluation of anti-oxidant activities and total phenolic content of *Chromolaena odorata.* Food Chem Toxicol. 2010; 48(2):729–32. (DOI: 10.1016/j.fct.2009.12.005).
6. Mandal G, Joshi SP. Invasion establishment and habitat suitability of *Chromolaena odorata* (L.) King and Robinson over time and space in the western Himalayan forests of India. J Asia Pac Biodivers. 2014; 7(4):391-400.
7. Taemchuay D, Rukkwamsuk T, Sakpuaram T, Ruangwises, N. Antibacterial activity of crude extracts of *Centella asiatica* against *Staphylococcus aureus* in bovine mastitis. Kasetsart Veterinarians. 2009; 19(3):119-28.
8. Sultan R, Mahmood SBZ, Azhar I, Ahmed SW. Biological activities assessment of *Centella asiatica* (Linn.). J Herbs Spices Med Plants. 2014; 20(3):319-27.
9. สุวรรณา เสมศรี ธิดารัตน์ ขาวอ่อน จิดารัตน์ สุขเกษม วิชาญ จันทร์วิทยานุชิต หนึ่งฤทัย นิลศรี สุรีย์พร หอมวิเศษวงศา. ฤทธิ์ของสารสกัดใบกะเม็ง ใบสาบเสือ ใบบัวบก และลูกเบญกานี ต่อระบบการแข็งตัวของเลือด. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ 2560; 3(2):42-53.
10. Puttarak P, Brantner A, Panichayupakaranant P. Biological activities and stability of a standardized pentacyclic triterpene enrich *Centella asiatica* extract. Nat Prod Sci. 2016; 22(1):20 (DOI 10.20307/ nps.2016.22.1.20).
11. ปิยาภรณ์ วรานุสันติกูล สุชาดา โทผล เจษฎา แพนาค นิวัฒน์ กังวานรังสรรค์ และศรีสุดา หาญภาคภูมิ การศึกษาการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากสาบเสือ. SDU Res J 2016; 9(2):31-56.
12. Govindan P, Muthukrishnan S. Evaluation of total phenolic content and free radical scavenging activity of *Boerhavia erecta*. J Acute Med. 2013; 3:103-9. (https://doi.org/10.1016/j.jacme.2013. 06.003)
13. Ma X, Wu H, Lin L, Yao Q, Wang S, Zhan R, et al. Polyphenolic compounds and antioxidant properties in mango fruits. Sci Hort. 2011; 1219(1):102-7. (https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.03.015)
14. ศรีสุดา หาญภาคภูมิ ภานุกิจ กันหาจันทร์ พายุ ภักดีนวน สุชาดา โทผล สุขุมาภรณ์ กระจ่างสังข์ จักรวาล ชมภูศรี และอภิวัฏ ธวัชสิน ฤทธิ์การกำจัดลูกน้ำยุงและการไล่ยุงของสารสกัดหยาบและน้ำมันหอมระเหยสาบเสือต่อยุงลายบ้าน ยุงรำคาญ และยุงก้นปล่อง SDU Res. J. 2017; 10(3):129-56.

15. Tan JBL, Lim YY. Evaluation of anti-oxidative activity and UV absorption potential of the extracts of *Aloe vera* L. gel from different growth periods of plants. Food Chem. 2015; 172: 814-22. (https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.06.008)
16. สุพัฒนา จันทา นฤมล พินเนียม ชนะไพฑูรย์ ประสิทธิภาพของสารสกัดจากใบสาบเสือในการยังยั้ง *Ralstonia solanacearum* ในขิง. 2018. การประชุมการเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 2
17. Bylka W, Znajdek-AwiZen P, Studzinska-Sroka E. *Centella asiatica* in dermatology: An overview. Phytother Res. 2014; 28(8):1117-24. (DOI: 10.1002/ptr.5110)
18. นุศวดี พจนานุกิจ และ สมใจ ขจรชีพันธุงาม เปรียบเทียบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดจากเปลือกมังคุด ขมิ้นชัน และใบบัวบก Naresuan University Journal. 2010; 18(1):1-9.
19. Wan J, Gong X, Jiang R, et al. Antipyretic and anti-inflammatory effects of asiaticoside in lipopolysaccharide-treated rat through up-regulation of heme oxygenase-1. Phytother Res. 2013; 27(8):1136-42. (DOI: 10.1002/ptr.4838)
20. Kimura Y, Sumiyoshi M, Samukawa K-i, Satake N, Sakanaka M. Facilitating action of asiaticoside at low doses on burn wound repair and its mechanism. Eur J Pharmacol. 2008; 584(2):415-23. (DOI: 10.1016/j.ejphar.2008.02.036)
21. Vogel HG, De Souza NJ. Effect of terpenoids isolated from *Centella asiatell asiatica* on granuloma tissue Hoechst A-G Frankfurt/Main. Fed Rep Ger. 1990; 16(4):285-98.
22. Maquart FX, Bellon G, Gillery P, et al. Stimulation of collagen synthesis in fibroblast cultures by a triterpene extracted from *Centella asiatica*. Connective Tissue Research. 1990; 24(2): 107-20.
23. Bonte F, Dumas JM, Chaudagne C, Meybeck A. Influence of asiatic acid, madecassic acid, and asiaticoside on human collagen I synthesis. Planta Medica. 1994; 60(2):133-5. (DOI: 10.1055/s-2006-959434)
24. ทรงพล ชีวะพัฒน์ และคณะ. การศึกษาความเป็นพิษของสมุนไพรบัวบก. วารสารการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก 2547; 2(3):1-15.
25. Veeredra KMH, Gupta YK. Effect of *Centella asiatica* on cognition and oxidantive stress in an intracerebroventricular streptozotocin model of Alzheimer's diease in rats. Clin Exp Pharmacol Physiol. 2003; 30:336-42.
26. Khamchun S, Baiubol P, Nilsri N. Effects of folk wisdom boiled herb extract, *Phyllanthus amarus* Schum&Thorn, *Phyllanthus acidus* (L.) Skeels, and pandanus *amaryllifolius* on neutrophil, red blood cell, and platelet functions. Bull Chinag Mai Assoc Med Sci. 2015; 48:144-53.
27. สุวรรณา เสมศรี นันทิกานต์ ยงพิศาลภพ นวพร คงด้วง สุรีย์พร หอมวิเศษวงศา วิชาญ จันทร์วิทยานุชิต. ฤทธิ์ของสารสกัดผักปลัง ผักแพว และผักแขยงต่อการต้านมะเร็งและการกลืนกิน สิ่งแปลกปลอมของเซลล์แมคโครฟาจ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ 2561; 4(2):40-9.
28. Xu HD, You CG, RL, Gao P, Wang ZR. Effects of Astragalus Polysaccharides and Astragalosides on the Phagocytosis of *Mycobacterium tuberculosis* by Macrophages. J Int Med Res. 2007; 35:84-90. (DOI: 10.1177/147323000703500108)

29. Kim GS, Kim DH, Lim JJ, Lee JJ, Han DY, Lee WM, Jung WC. Biological and antibacterial activities of the natural herb *Houttuynia cordata* water extract against the intracellular bacterial pathogen salmonella within the RAW 264.7 macrophage. Biol Pharm Bull. 2008; 31:2012-17. (https://doi.org/10.1248/bpb.31.2012)

[HS-P06] ฤทธิ์การต้านแบคทีเรียต้านการเกิดไบโอฟิล์มและต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจินอิ๋นฮวาต่อเชื้อในช่องปาก

Antibacterial, Anti-Biofilm and Antioxidant Activities of *Lonicera japonica* Extracts Against Oral Bacteria

ดรุณรัตน์ สบายใจ[1], อำพร บุญเอก[1], ศรมน สุทิน[2], อรภา ศิลมัฐ[3], รุ่งรัตน์ นิลธเสน[4], และ วรพรรณี เผ่าทองศุข*[1]
Darunrat Sabayjai[1], Amphon Bun-ek[1], Soramon Sutin[2], Orapa Sinlamuth[3], and Rungrat Nintase[4], and Worrapannee Powtongsook*[1]

[1]*หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ*
[2]*สาขาวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ*
[3]*หลักสูตรการแพทย์แผนจีนบัณฑิต มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ*
[4]*หลักสูตรวิทยาศาสตร์การแพทย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ*
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล:* Worrapannee2000@gmail.com

บทคัดย่อ

ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย และฤทธิ์ต้านการเกิดไบโอฟิล์ม ของสารสกัดชั้นเอทานอลของสมุนไพรจีนจินอิ๋นฮวา (*Lonicera japonica*) ต่อเชื้อในช่องปาก 2 สายพันธุ์ ได้แก่ *Streptococcus mutans* ATCC 25175T และ *Streptococcus salivarius* ATCC 7073T จากค่า IC_{50} พบว่าสารสกัดจินอิ๋นฮวา และสารมาตรฐาน BHT มีฤทธิ์ในการยับยั้งอนุมูลอิสระที่ความเข้มข้น 0.031$\pm$0.001 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และ 0.034$\pm$0.0005 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากผลการทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดจินอิ๋นฮวาด้วยวิธี Agar well diffusion พบว่าทำให้เกิดโซนใสมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใกล้เคียงกันทั้งสองเชื้อ และมีค่า MIC เท่ากัน คือ 12.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แต่สารสกัดจินอิ๋นฮวามีฤทธิ์ต้านการเกิดไบโอฟิล์มต่อเชื้อ *Streptococcus salivarius* ได้ดีกว่า *Streptococcus mutans* อย่างเห็นได้ชัด ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าสมุนไพรจีนจินอิ๋นฮวามีศักยภาพที่จะนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียเพื่อป้องกันการเกิดโรคในช่องปาก

คำสำคัญ: *สารสกัดจากสมุนไพรจีน, จินอิ๋นฮวา, สารต้านอนุมูลอิสระ, ไบโอฟิล์ม*

Abstract

Chinese herbs *Lonicera japonica* was studied for antioxidant, antibacterial and anti-biofilm activities against two oral bacteria *Streptococcus mutans* ATCC 25175T and *Streptococcus salivarius* ATCC 7073T. It was found that *Lonicera japonica* extract and standard BHT had the IC_{50} values of 0.031$\pm$0.001 mg/ml and 0.034 mg/ml, respectively, which were not significant difference. Antimicrobial activity against both bacterial strains, indicated by the clear zone of agar well diffusion method, was observed with the similar MIC value of 12.5 mg/ml. However, the crude extract of *Lonicera japonica* had higher anti-biofilm activity against *Streptoccus mutans* and *Streptococcus salivarius*. In summary, Chinese herbs *Lonicera japonica* has potential for the development of antibacterial product for preventing oral diseases.

Keywords: *crude Chinese herbs extract, antioxidant, biofilm, Lonicera japonica, Streptococcus mutans*

บทนำ

ฟันผุอาจเกิดขึ้นจากหลาย ๆ สาเหตุร่วมกัน โดยมีปัจจัยสำคัญ 3 ประการที่ทำให้เกิดฟันผุ ได้แก่ ปัจเจกบุคคล เช่น พื้นผิวของตัวฟัน และปริมาณน้ำลาย อาหารที่รับประทาน โดยเฉพาะน้ำตาล และอาหารที่ค่อนข้างเหนียว เป็นปัจจัยเสี่ยงทำให้เกิดคราบจุลินทรีย์ โรคฟันผุที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากเชื้อแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในคราบจุลินทรีย์ โดยเชื้อที่ทำให้เกิดโรคฟันผุได้มาก คือ เชื้อ *Streptococcus mutans* ซึ่งเป็นเชื้อประจำถิ่นที่สามารถพบได้ในช่องปากของมนุษย์ โดยมีกลไกการก่อโรค 3 ประการ คือ ความสามารถในการยึดเกาะ (adhesion) ทำให้เกิดเป็นคราบไบโอฟิล์ม (biofilm) ความสามารถในการสร้างกรด (acidogenicity) ส่งผลทำให้เกิดการสลายของแร่ธาตุของฟัน และความสามารถในการทนกรด (acid tolerance)[1]

การสะสมของคราบไบโอฟิล์ม (biofilm) บนพื้นผิวฟันและร่องเหงือกเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดกลิ่นปาก[2] โดยเชื้อที่มักพบในบริเวณเนื้อเยื่อในช่องปากและน้ำลาย คือ เชื้อ *Streptococcus salivarius* ซึ่งสามารถย่อยสลายเศษอาหารตกค้างที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบและได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารระเหยที่มีซัลเฟอร์ ช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (hydrogen sulphide) เมทิลเมอร์แคปตัน (methyl mercaptan) และไดเมทิลซัลไฟด์ (dimethyl sulphide) ที่เป็นสาเหตุของกลิ่นปาก[3] และการสะสมของเชื้อแบคทีเรียในช่องปากยังส่งผลให้เกิดการอักเสบของเหงือก และทำให้เกิดโรคฟันผุ สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) มีคุณสมบัติในการต้านการอักเสบ โดยสารดังกล่าวพบได้ในธรรมชาติในผัก ผลไม้รวมทั้งเครื่องเทศ และสมุนไพร เช่น สารประกอบฟีนอลิค (phenolic) แคโรทีนอย (carotenoid) และได้จากการสังเคราะห์ เช่น butylated hydroxytoluene (BHT), beta hydroxyl acid (BHA) และในปัจจุบันสมุนไพรจีน (Chinese herb) ได้รับความนิยมในวงการแพทย์ทางเลือกอย่างกว้างขวาง เนื่องมาจากตำรับยาจีนให้ความสำคัญในการป้องกันการเกิดโรค และบรรเทาอาการ โดยอาศัยการปรับสมดุลในร่างกายด้วยวิธีการ และผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติทางการแพทย์แผนจีน จินอิ๋นฮวาหรือดอกสายน้ำผึ้งจะนำส่วนของใบและดอกมาใช้เป็นยาจีนแผนโบราณ และใช้เพื่อรักษาโรคหลายชนิด เช่น เป็นไข้ปวดศีรษะ ติดเชื้อทางเดินหายใจ โรคกระเพาะปัสสาวะอักเสบ โรคไขข้ออักเสบ และโรคเบาหวาน[4] ได้มีรายงานวิจัยพบว่าสารสกัดของสมุนไพรจีนจินอิ๋นฮวาประกอบด้วยสารประกอบฟีนอลิคชนิด chlorogenic acid[5] ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl) ได้ดี[6] พบฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียในช่องปาก (antimicrobial activities)[5] การปกป้องตับจากสารพิษ (hepatoprotective activity)[7] ต้านการอักเสบ (anti-inflammatory activity)[8] และฤทธิ์ยับยั้งการเกิดเนื้องอก (antitumor activity)[9] อีกด้วย

จากคุณสมบัติของสมุนไพรจีนที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากสมุนไพรจีนจินอิ๋นฮวาต่อการยับยั้งการเจริญและการเกิดไบโอฟิล์มของเชื้อแบคทีเรียในช่องปาก รวมทั้งฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสมุนไพรจีนสารสกัดจินอิ๋นฮวา ผลที่ได้จากการศึกษาเพื่อเป็นแนวทางในการใช้สมุนไพรจีนในการป้องกันและรักษาโรคในช่องปากต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมสารสกัดสมุนไพรจีน

นำส่วนดอกแห้งของสมุนไพรจีนจินอิ๋นฮวาที่ซื้อจากร้านขายสมุนไพรจีนร้านแสงธรรมเภสัช หั่นและปั่นให้ละเอียด นำมาชั่ง 300 กรัม แช่ด้วยตัวทำละลายเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้อัตราส่วนดอกจินอิ๋นฮวาต่อเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ 1:6 ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 วัน แล้วกรองหยาบด้วยผ้าขาวบาง จากนั้นกรองละเอียดด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 ทำซ้ำ 3 ครั้ง นำไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยสารแบบหมุน (rotary evaporator) จะได้สารสกัดหยาบ (crude extract) ทำให้แห้งด้วยเครื่องอบแห้งเยือกแข็ง (freeze dryer) ชั่งสารที่ได้ เพื่อคำนวณร้อยละของน้ำหนักสารสกัดหยาบ (% yield) เก็บใส่ในขวดสีชาและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

2. ศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) ของสารสกัดจินอิ๋นฮวา ด้วยวิธีการ DPPH radical scavenging assay

นำสารสกัดชั้นเอทานอลของจินอิ๋นฮวาส่วนดอกมาทดสอบโดยใช้วิธี DPPH radical scavenging assay ตามวิธีของ Lu และคณะ[10] โดยแบ่งชุดการทดลองเป็น 5 ชุด คือ ความเข้มข้น 1, 0.5, 0.1, 0.05 และ 0.025 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แต่ละชุดการทดลองจะประกอบไปด้วย หลอดอ้างอิง 1 หลอด และ control 3 หลอด Blank sample 1 หลอด และหลอดปฏิกิริยา 3 หลอด เติมสารอนุมูลอิสระมาตรฐาน DPPH ในลำดับสุดท้ายลงไปในสารละลายแต่ละความเข้มข้นที่ได้เตรียมไว้ เขย่าให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ก่อนนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร การทดลองทำ 3 ครั้ง ถ้าสารสกัดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจะทำให้ สีม่วงของอนุมูลอิสระ (DPPH) จางลงจนกลายเป็นสีเหลืองอ่อนหรือไม่มีสี นำค่าที่ได้ไปคำนวณความเข้มข้นที่ยับยั้งสารต้านอนุมูลอิสระ (% inhibition) ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ (IC_{50}) โดยเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน BHT

$$\text{สูตรคำนวณหา \% inhibition } \left[\frac{(C-(S-BS))}{C}\right]\times 100$$

เมื่อ C คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวควบคุม (control)

S คือ ค่าการดูกลืนแสงหลังเติมสารที่ใช้ศึกษา (reaction sample) และ BS คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารที่ใช้ (blank sample)

3. การศึกษาฤทธิ์การต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดจินอิ๋นฮวา ด้วยวิธี Agar well diffusion

ศึกษาฤทธิ์การต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดจินอิ๋นฮวาด้วยวิธี Agar well diffusion ตามวิธีของ Balouiri และคณะ[11] โดยเตรียมเชื้อทดสอบ *Streptococcus mutans* ATCC 25175 และ *Streptococcus salivarius* ATCC 7073 ให้มีค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 0.15±0.005 (ประมาณ 10^8 cells/ml) นำไปเกลี่ยให้ทั่วผิวอาหารเพาะเชื้อ Brain Heart Infusion Agar (BHA) รอให้ผิวหน้าอาหารแห้ง เจาะวุ้นให้เป็นหลุมด้วย cork borer เบอร์ 2 (เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร) หยดสารสกัดจินอิ๋นฮวาความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ลงไปในหลุมทดสอบ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยใช้ยาปฏิชีวนะ ampicillin ความเข้มข้น 1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เป็นชุดควบคุมผลบวก และใช้ DMSO (dimethyl sulfoxide) เป็นชุดควบคุมผลลบ รอจนสารทดสอบซึมเข้าเนื้อวุ้นไปจนหมด นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35±2 องศาเซลเซียส ใน candle jar เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง สังเกตและบันทึกผลการทดลองโดยใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (vernier caliper) วัดขนาดโซนใสหรือบริเวณยับยั้ง (inhibition zone) ที่เกิดขึ้นทั้ง 3 ด้าน แล้วนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย

การทดสอบการหาความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย (minimal inhibitory concentration: MIC) และความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (minimum bactericidal concentration: MBC) ของสารสกัดจินอิ๋นฮวา

ทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย (minimal inhibitory concentration: MIC) และความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (minimum bactericidal concentration: MBC) ของสารสกัดจินอิ๋นฮวา ดัดแปลงตามวิธี Balouiri และคณะ[11] โดยปิเปตต์อาหารเพาะเชื้อ Brain Heart Infusion Broth (BHB) ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ลงในไมโครเพลท แบบ 96 หลุม ทำการเจือจางสารสกัดจนมีความเข้มข้น 50-0.195 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปิเปตต์เชื้อทดสอบความเข้มข้นประมาณ 10^6 CFU/ml ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ทุกหลุม ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยใช้ยาปฏิชีวนะ ampicillin ความเข้มข้น 1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เป็นชุดควบคุมผลบวก และใช้เชื้อทดสอบเป็นชุดควบคุมผลลบ แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35±2 องศาเซลเซียส ใน candle jar เป็นเวลา 18-20 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปวัดค่า OD 625 นาโนเมตร โดยเครื่อง microplate reader อ่านค่าและคำนวณผล ความเข้มข้นที่ต่ำสุดที่สามารถยับยั้งเชื้อได้คือ ค่า MIC จากนั้นหาค่า MBC โดยใช้ลูปแตะเชื้อจากหลุมทดสอบทุกความเข้มข้นมา streak ลงบนอาหารเพาะเชื้อ BHI agar นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35±2 องศาเซลเซียส ใน candle jar เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง ตรวจสอบผลการทดลอง โดยความเข้มข้นที่ต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ คือ ไม่มีโคโลนีของเชื้อปรากฏขึ้น บันทึกเป็นค่า MBC

4. การทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดจินอิ๋นฮวาต่อการสร้างไบโอฟิล์ม (biofilm) ของเชื้อจุลินทรีย์ ด้วยวิธี crystal violet staining for biofilm assay

ทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดจินอิ๋นฮวาต่อการสร้างไบโอฟิล์ม (biofilm) ของเชื้อจุลินทรีย์ ด้วยวิธี crystal violet staining for biofilm assay ดัดแปลงตามวิธีของ Lin และคณะ[12] โดยปิเปตต์อาหาร SBHI (Brain heart infusion ที่มีการเติม sucrose) ลงในไมโครเพลท แบบ 96 หลุม ปริมาตร 50 ไมโครลิตร เจือจางสารสกัดจนมีความเข้มข้น 50-0.195 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เติมเชื้อที่ต้องการทดสอบ 10^6 CFU/ml ลงไป 50 ไมโครลิตร ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35±2 องศาเซลเซียส ในcandle jar เป็นเวลา 4 ชั่วโมง หลังจากนั้นล้างเซลล์ด้วยน้ำ reverse osmosis (RO) ปริมาตร 200 ไมโครลิตร 3 ครั้ง เขย่าไมโครเพลท เพื่อนำแบคทีเรียที่ไม่มีการเกาะติดออก นำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 45 นาที จากนั้นเติม 0.1 เปอร์เซ็นต์ crystal violet ปริมาตร 150 ไมโครลิตร ทิ้งไว้ 20 นาที ล้างออกด้วยน้ำ RO 3 ครั้ง ทำการชะสีออกจากไบโอฟิล์มด้วยสารละลาย (เอทานอล 70 เปอร์เซ็นต์ กรดอะซิติก 5 เปอร์เซ็นต์ และน้ำ 25 เปอร์เซ็นต์) เขย่าเบา ๆ ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 นาที ถ่ายสารละลาย 100 ไมโครลิตร ลงในไมโครเพลทใหม่ แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 570 นาโนเมตร ด้วยเครื่องเครื่องอ่านปฏิกิริยาไมโครเพลท (microplate reader) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ค่าที่วัดได้นำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์ม (% inhibition) ตามสมการ

$$\% \text{ inhibition} = \frac{(A_{570}\text{ของชุดควบคุม} - A_{570}\text{ของชุดทดสอบ})}{A_{570}\text{ของชุดควบคุม}} \times 100$$

ความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งไบโอฟิล์ม (minimum biofilm inhibition concentration: MBIC) กำหนดให้เป็นความเข้มข้นต่ำที่สุดที่สามารถยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มได้ 50 เปอร์เซ็นต์ (MBIC50) และ 90 เปอร์เซ็นต์ (MBIC90)[13]

นำผลการทดลองไปวิเคราะห์ค่าทางสถิติโดยใช้โปรแกรม GraphPad Prism ด้วยวิธี Newman Keuls Multiple Comparison test โดยค่า p-value < 0.05 แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5. การทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดจินอิ๋นฮวาต่อการสร้างไบโอฟิล์มของจุลินทรีย์ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์

ทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดจินอิ๋นฮวาต่อการสร้างไบโอฟิล์มของจุลินทรีย์ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ดัดแปลงตามวิธีของ Lin และคณะ[12] ทำการสร้าง biofilm ในไมโครเพลทแบบ 96 หลุมแบบก้นแบน (96 well microplate) บ่มเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากครบเวลาทำการล้างเซลล์ด้วยน้ำ RO ปริมาตร 200 ไมโครลิตร 3 ครั้ง เขย่าไมโครเพลท แบบ 96 หลุม เพื่อนำแบคทีเรียที่ไม่มีการเกาะติดออก นำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 45 นาที หลังจากนั้น เติม 0.1 เปอร์เซ็นต์ crystal violet 30 ไมโครลิตร ทิ้งไว้ 5 นาที จากนั้นล้างเซลล์ด้วยน้ำ RO ปริมาตร 200 ไมโครลิตร 1 ครั้ง นำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาส่องดูโครงสร้างด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 100 เท่า บันทึกภาพ biofilm เพื่อนำมาเปรียบเทียบผลของสารสกัดสมุนไพรจีนจินอิ๋นฮวาต่อความหนาแน่นของ biofilm ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ที่ความเข้มข้น 50-0.195 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการทดสอบการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจินอิ๋นฮวา

ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากสมุนไพรจีน จินอิ๋นฮวา พบว่าสารสกัดจินอิ๋นฮวา มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระได้ที่ความเข้มข้น 0.025-0.05 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เท่ากับสารมาตรฐาน BHT และจากค่า IC_{50} พบว่าสารสกัดจินอิ๋นฮวา และสารมาตรฐาน BHT มีฤทธิ์ในการยับยั้งอนุมูลอิสระที่ความเข้มข้น 0.031±0.001 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และ 0.034±0.0005 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับดังตารางที่ 1 ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากสารสกัดจินอิ๋นฮวา มีกรด

คลอโรจีนิก (chlorogenic acid) กรดคาเฟอิก (caffeic acid) เป็นสารประกอบในกลุ่มของกรดไฮดรอกซีซินนามิก (hydroxycinnamic acid) ที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ[14] จากข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลพื้นฐานได้ตรงกับรายงานการศึกษาถึงโครงสร้างของสารที่ออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เพื่อลดการใช้สารเคมีสังเคราะห์น่าจะเป็นทางเลือกให้สามารถใช้สารสกัดสมุนไพรจีนจินอิ๋นฮวาเป็นสารต้านอนุมูลอิสระแทนสารเคมีสังเคราะห์ BHT ได้

ตารางที่ 1 ความสามารถในการยั้บยั้งสารอนุมูลอิสระ 50% (IC_{50}) ด้วยวิธี DPPH scavenging assay ของสารสกัดหยาบจินอิ๋นฮวา

สารทดสอบ	**% inhibition (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)**	**IC_{50} ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)**
จินอิ๋นฮวา	0.025-0.05	0.031±0.001
BHT	0.025-0.05	0.034±0.0005

2. ผลการศึกษาฤทธิ์การต้านเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดจินอิ๋นฮวาโดยเทคนิค agar well diffusion

ผลการทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดจินอิ๋นฮวาต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Streptococcus mutans* และ *Streptococcus salivarius* พบว่าสารสกัดจินอิ๋นฮวาสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียทั้งสองชนิดได้โดยผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 1 ซึ่งได้มีรายงานวิจัยพบว่าในสารสกัดจินอิ๋นฮวาประกอบด้วยสารกลุ่มฟลาโวนอยด์หลายชนิดเช่น chlorogenic acid, caffeic acid และ rutin โดยจะพบสาร chlorogenic acid มากที่สุด[5] โดยสารเหล่านี้มีรายงานถึงฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียได้หลายชนิด

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธี Agar well diffusion ของสารสกัดจินอิ๋นฮวา ในชั้นเอทานอล

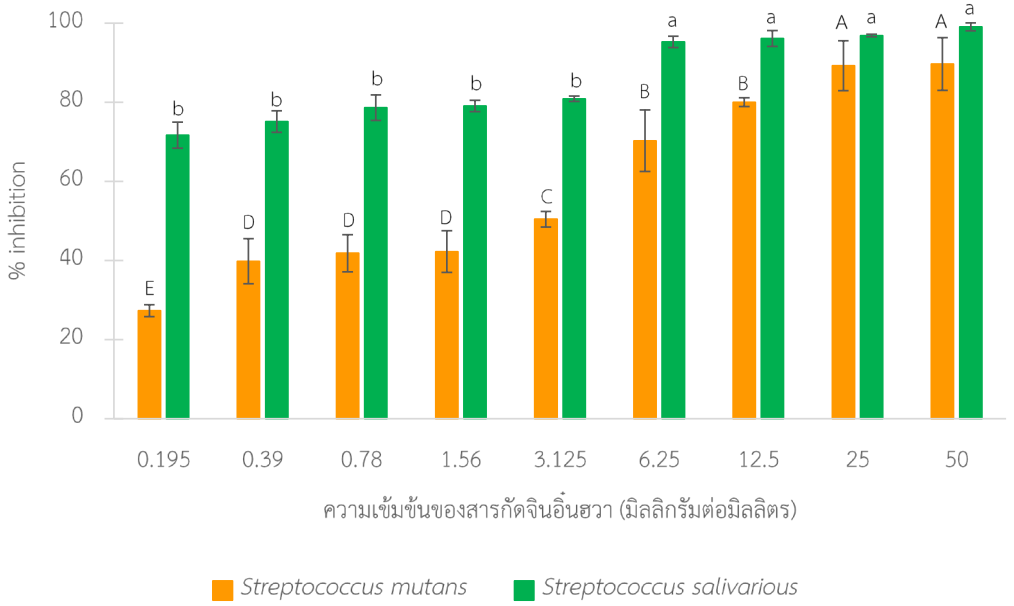
สารสกัดหยาบจากสมุนไพรจีน	**ค่าเฉลี่ยโซนใส (มิลลิเมตร) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน** (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)	
	Streptococcus mutans	***Streptococcus salivarius***
จินอิ๋นฮวา	16.8 ± 0.30	16.14 ± 0.53
ชุดควบคุมผลบวก (ampicillin เข้มข้น 1 µg/ml)	12.17 ± 0.06	11.37 ± 0.25
ชุดควบคุมผลลบ (DMSO)	ไม่เกิดโซนยับยั้ง	ไม่เกิดโซนยับยั้ง

3. ผลการทดสอบการหาความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย (minimal inhibitory concentration: MIC) และความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (minimum bactericidal concentration: MBC) ของสารสกัดจินอิ๋นฮวา

ผลการทดสอบพบว่าสารสกัดจินอิ๋นฮวาออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อ *Streptococcus mutans* ได้ดีกว่า *Streptococcus salivarius* จะเห็นได้จากค่า MIC และ MBC ของเชื้อ *Streptococcus mutans* มีค่าเท่ากันคือ 12.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ในขณะที่เชื้อ *Streptococcus salivarius* มีค่า MBC เป็น 2 เท่าของค่า MIC เท่ากับ 25 และ 12.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Mirpour และคณะ[15] ที่ทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดกานพลูด้วยเอทานอล พบว่าสารสกัดจินอิ๋นฮวามีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *Streptococcus mutans* ได้ใกล้เคียงกับสารสกัดกานพลูโดยมีค่า MIC เท่ากัน แต่ค่า MBC ต่ำกว่า 2 เท่า ส่วนเชื้อ *Streptococcus salivarius* สารสกัดจินอิ๋นฮวาออกฤทธิ์ต้านเชื้อได้ดีกว่าโดยมีค่า MIC และ MBC ต่ำกว่าสารสกัดกานพลู ถึง 2 เท่า

4. ผลการทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดจินอิ๋นฮวาต่อการสร้างไบโอฟิล์ม (biofilm) ของเชื้อจุลินทรีย์ ด้วยวิธี crystal violet staining for biofilm assay

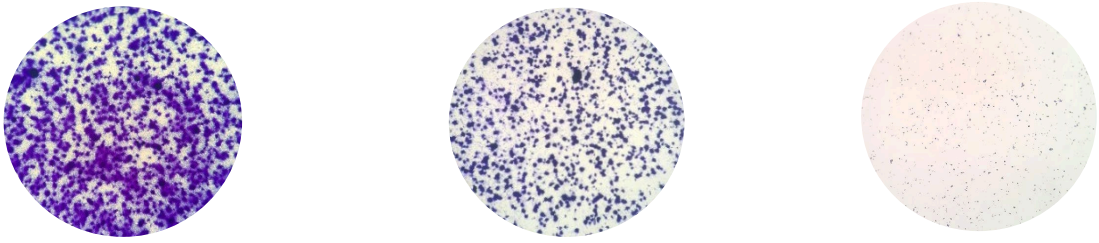
ผลการทดลองพบว่าสารสกัดจินอิ๋นฮวาสามารถยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มของเชื้อ *Streptococcus mutans* และ *Streptococcus salivarius* ได้ โดยมีค่า MBIC50 เท่ากับ 3.125 และ 0.195 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และ ค่า MBIC90 เท่ากับ 50 และ 6.25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ผลการทดสอบแสดงดังภาพที่ 1 แสดงให้เห็นว่า สารสกัดจินอิ๋นฮวาสามารถยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มต่อเชื้อ *Streptococcus salivarius* ได้ดีกว่า *Streptococcus mutans*



ภาพที่ 1 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มของเชื้อ *Streptococcus mutans* และ *Streptococcus salivarious* ต่อสารสกัดจินอิ๋นฮวา ที่ความเข้มข้น 0.195 - 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จากกราฟตัวอักษร a, b ของ *S. mutans* และ A, B, C, D, E ของ *S. salivarious* อักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

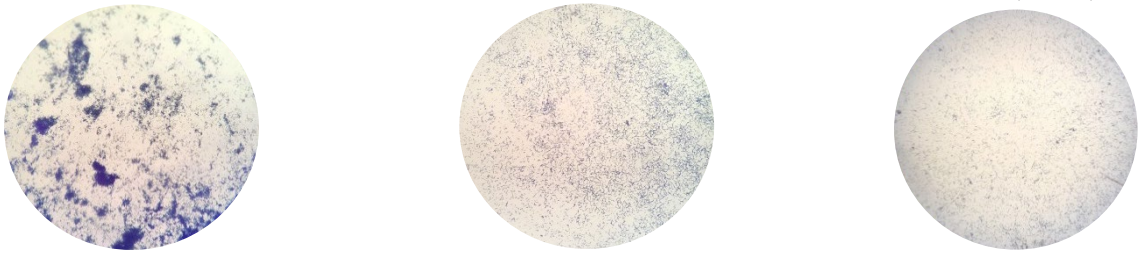
5. ผลของสารสกัดจินอิ๋นฮวาต่อการสร้างไบโอฟิล์มของจุลินทรีย์ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์

ผลการทดลองพบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารสกัดเพิ่มขึ้นปริมาณการสร้างไบโอฟิล์มจะลดลง จากภาพถ่ายใต้กล้องจุลทรรศน์แสดงให้เห็นว่าเชื้อ *Streptococcus mutans* นั้นมีความสามารถในการสร้างไบโอฟิล์มได้ดีกว่าเชื้อ *Streptococcus salivarius* อย่างเห็นได้ชัด จึงทำให้ต้องใช้สารสกัดจินอิ๋นฮวาที่ความเข้มข้นสูงกว่าจึงสามารถยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มของเชื้อได้



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 2 ภาพใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงกำลังขยาย 100 เท่า ของการยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มของเชื้อ *Streptococcus mutans* ต่อสารสกัดจินอิ๋นฮวาที่ความเข้มข้น 6.25 และ 12.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (ภาพ ข และ ค ตามลำดับ) เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมสารสกัดจินอิ๋นฮวา (ภาพ ก)



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 3 ภาพใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงกำลังขยาย 100 เท่า ของการยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มของเชื้อ *Streptococcus salivarus* ต่อสารสกัดจินอิ๋นฮวาที่ความเข้มข้น 0.195 และ 0.391 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (ภาพ ข และ ค) เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมสารสกัดจินอิ๋นฮวา (ภาพ ก)

มีรายงานวิจัยหลายรายงานที่กล่าวถึงประสิทธิภาพของสารสกัดจินอิ๋นฮวาต่อการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียหลายชนิดทั้งแกรมบวก และแกรมลบ รวมถึงเชื้อในกลุ่ม Streptococci ด้วย[14] แต่ยังไม่พบรายงานถึงการยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มซึ่งจากงานวิจัยนี้พบว่าสารสกัดจินอิ๋นฮวามีความสามารถในการยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มต่อเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในช่องปาก *Streptococcus mutans* และ *Streptococcus salivarius* ได้

สรุป

จุดเด่นของโครงงานวิจัยนี้ คือ การศึกษาถึงฤทธิ์ของสมุนไพรจีนเพื่อนำมาใช้ในการควบคุมการเกิดคราบจุลินทรีย์ทดแทนการใช้สารเคมี เช่น คลอร์เฮกซิดีนเป็นสารประกอบกลุ่มบิสไบกวาไนด์ที่ยอมรับกันทั่วไปว่าเป็นสารต้านคราบจุลินทรีย์และต้านเหงือกอักเสบที่มีมาตรฐานสูงสุด โดยอยู่ในรูปแบบของน้ำยาบ้วนปาก แต่อาจมีผลข้างเคียงรุนแรงจากการใช้ในกลุ่มเสี่ยง เช่น ผู้สูงอายุ หรือผู้ที่มีแผลในช่องปาก โดยอาจก่อให้เกิดการระคายเคืองในช่องปาก เป็นลมพิษหายใจลำบาก หน้าบวม ริมฝีปากบวม ปัจจุบันการใช้สมุนไพรได้รับความนิยมในวงการแพทย์ทางเลือกอย่างกว้างขวาง โดยมีรายงานวิจัยพบว่ามีสารประเภทสารฟีนอลิกและสารในกลุ่มสารประกอบฟลาโวนอยด์ ในสมุนไพรจีนจินอิ๋นฮวา[5] จึงเลือกสมุนไพรจีนจินอิ๋นฮวานำมาศึกษาวิจัย ผลการวิจัยพบว่าพบว่าสารสกัดจินอิ๋นฮวามีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีเทียบเท่าสารสังเคราะห์ BHT อาจจะนำมาเป็นทางเลือกให้ใช้สมุนไพรจีนแทนสารสังเคราะห์ได้ นอกจากนั้นยังพบฤทธิ์การต้านเชื้อ และฤทธิ์ในการยับยั้งการเกิดไบโอฟิล์มของเชื้อในช่องปาก 2 ชนิด ได้แก่ *Streptococcus mutans* และ *Streptococcus salivarius* ที่เป็นสาเหตุการเกิดคราบจุลินทรีย์ และทำให้เกิดโรคฟันผุ จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าสารสกัดจินจินอิ๋นฮวามีศักยภาพที่จะนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร เช่น ยาสีฟัน น้ำยาบ้วนปาก สเปรย์ลดกลิ่นปาก เพื่อป้องกันกลิ่นปากและลดการเกิดโรคฟันผุ

เอกสารอ้างอิง

1. Cavazana TP, Pessan JP, Hosida TY, Monteiro DR, Delbem AC. pH changes of mixed biofilms of *Streptococcus mutans* and *Candida albicans* after exposure to sucrose solutions in vitro. Archives of Oral Biology 2018;90:9–12.
2. Sanz M, Rolda S, Herrera D. Fundamentals of Breath Malodour. J Contemp Dent Pract 2001;4:1-17
3. Lee PPC, Mak WY, Newsome P. The aetiology and treatment of oral halitosis: an update. Hong Kong Medical Journal 2004;10:414-418.
4. Ko HC, Wei BL, Chiou WF. The effect of medicinal plants used in Chinese folk medicine on RANTES secretion by virus-infected human epithelial cells. J Ethnopharmacology 2006;10:205–210.

5. Tsai TH, Tsai TH, Chien YC, Lee CW, Tsai PJ. In vitro antimicrobial activities against cariogenic streptococci and their antioxidant capacities: A comparative study of green tea versus different herbs. Food Chemistry 2008;110:859–864.
6. Cheel J, Theoduloz C, Rodrigues J, Schmeda-Hirschmann, G. Free radical scavengers and antioxidants from lemongrass (*Cymbopogon citrates* (DC) Stapf.). Journal of Agricultural and Food Chemistry 2005;53:2511–2517.
7. Xiang T, Xiong QB, Ketut AI. Studies on the hepatocyte protective activity and the structure-activity relationships of quinic acid and caffeic acid derivatives from the flower buds of *Lonicera bournei*. Planta Med 2001;67(4):322-325.
8. Kwak WJ, Han CK, Chang HW. Loniceroside C, an antiinflammatory saponin from *Lonicera japonica*. Chemical & Pharmaceutical Bulletin 2003;(51):333–433.
9. Yip ECH, Chan ASL, Pang H, Tam YK, Wong Y.H. Protocatechuic acid induces cell death in HepG2 hepatocellular carcinoma cells through a cJun N-terminal kinase-dependent mechanism. Cell Biology and Toxicology 2006;(22):293–302
10. Lu M, Yuan B, Zeng M, Chen J. Antioxidant capacity and major phenolic compounds of spices commonly consumed in China. Food Research International 2011;44:530–536.
11. Balouiri M, Sadiki M, Koraichi S. Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity : A review. Journal of Pharmaceutical Analysis 2016;6:71–79
12. Lin NJ, Keeler C, Kraigsley AM, Ye J, Gibson SL. Effect of dental monomers and initiators on *Streptococcus mutans* oral biofilms. Dental materials 2018;34:776-785.
13. Teanpaisan R, Kawsud P, Pahumunto N and Puripattanavong J. Screening for antibacterial and antibiofilm activity in Thai medicinal plant extracts against oral microorganisms. Journal of Traditional and Complementary Medicine 2017;7:172-177
14. Shang X, Pana H, Li M, Miao X, Ding H. *Lonicera japonica* Thunb.: Ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacology of an important traditional Chinese medicine : A review. Journal of Ethnopharmacology 2011;138:1–21.
15. Mirpour M, Siahmazgi ZG, Kiasaraie MS. Antibacterial activity of clove, gall nut methanolic and ethanolic extracts on *Streptococcus mutans* PTCC 1683 and *Streptococcus salivarius* PTCC 1448. Journal of oral biology and craniofacial research 2015;1:7-10.

[HS-P07] การประเมินความหลากหลายของรูปแบบอาหารว่างที่เป็นผลไม้ต่อการบริโภคผลไม้ของเด็กวัยเรียน

Evaluation of Variety of Fruit Snack to Fruit Intake among School-age Children

สุจาริณี สังข์วรรณะ*, นพวรรณ แสงสว่าง, กุลิสรา สีชมภู, ณัฏฐา สันธินาค, กนต์ธีร์ สุรพาล, และ พิชญา นาคย่านยาว
Sujarinee Sangwanna*, Noppawan Saengsawang, Kuridsara Seechompoo, Nattha Santhinak, Konthi Surapan, and Pichaya Nakyanyao
หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาโภชนาการและการกำหนดอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: sujarinee@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณการบริโภคอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบต่าง ๆ ในนักเรียนชั้นประถมตอนต้น จำนวน 144 คน โดยเปรียบเทียบการบริโภคอาหารว่างจากผลไม้รวมซึ่งจัดเสิร์ฟแบบหลากหลาย 3 รูปแบบ (วุ้น โยเกิร์ต และสลัด) และอาหารว่างจากผลไม้สดซึ่งจัดเสิร์ฟแบบเดี่ยว (แตงโม กีวี่ และแคนตาลูป) ผลการวิจัยพบว่าเด็กวัยเรียนมีการบริโภคอาหารว่างจากผลไม้เรียงลำดับจากมากที่สุดไปน้อยที่สุด ได้แก่ ผลไม้สดที่จัดเสริ์ฟแบบเดี่ยว 204.9 กรัม (75.8%) โยเกิร์ตผลไม้รวม 98.9 กรัม (70.1%) วุ้นผลไม้รวม 99.5 กรัม (65.9%) และสลัดผลไม้รวม 53.8 กรัม (62.6%) ตามลำดับ เด็กนักเรียนมีการบริโภคอาหารว่างแบบเดี่ยวมากกว่าปริมาณเฉลี่ยรวมของอาหารว่างแบบหลากหลาย 120.8 กรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 มีการบริโภคอาหารว่างแบบหลากหลายมากที่สุด นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 มีการบริโภคอาหารว่างแบบเดี่ยวมากที่สุด การนำผลไม้สดมาจัดเสิร์ฟเป็นอาหารว่างอาจช่วยเพิ่มปริมาณการบริโภคผลไม้ในเด็กวัยเรียน

คำสำคัญ: *อาหารว่าง, ผลไม้, เด็กวัยเรียน*

Abstract

This study aimed to study the amount of snack consumption from various kinds of fruits that were served to 144 primary school students by comparing the consumption of snacks from fruit, which were served in 3 different forms (jelly, yogurt, and salad) and snacks from fresh fruits, which was served singly (watermelon, kiwi, and cantaloupe). The results showed that school-age children consumed 204.9 g of single-served fresh fruits (75.8%), 98.9 g of mixed-fruit yogurt (70.1%), 99.5 g of mixed-fruit jelly (65.9%) and 53.8 g of mixed-fruit salad (62.6%), respectively. The school-age children consumed the single-served snacks 120.8 g more than the average consumption of variety-served snacks which had statistical significance ($p<0.05$). Students in grade 1 had the highest consumption of variety-served fruit snack while students in grade 2 had the highest consumption of single snacks. Summarily, fresh fruits as snacks may increase the fruit consumption in school-age children.

Keywords: *snacks, fruit, school-age children*

บทนำ

การสำรวจสุขภาพประชาชนไทยโดยการตรวจร่างกาย ครั้งที่ 4 ของสำนักงานสำรวจสุขภาพประชาชนไทย กระทรวงสาธารณสุข[(1)] พบว่ากลุ่มเด็กอายุ 6-14 ปี มีเพียงร้อยละ 6.8 หรือ 3 แสนคนเท่านั้นที่บริโภคผักและผลไม้ได้ตามเกณฑ์

การรับประทานผักและผลไม้ที่ไม่เพียงพอนั้นจะทำให้เพิ่มความเสี่ยงการเกิดโรคมะเร็ง โรคหัวใจ โรคเบาหวาน และโรคอ้วน ซึ่งจำเป็นต้องเพิ่มมาตรการการส่งเสริมการบริโภคผักและผลไม้ทั้งในระดับครอบครัวและชุมชน ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อพฤติกรรมการบริโภคผักและผลไม้ของเด็ก ในปัจจุบันพบว่าเกิดพฤติกรรมการบริโภคอาหารประเภทขนมขบเคี้ยวมากขึ้น การบริโภคดังกล่าวนั้นมีผลกระทบต่อสุขภาพทำให้เด็กไม่เลือกที่จะรับประทานหรือรับประทานอาหารที่มีความจำเป็นต่อร่างกายลดลง ทำให้เด็กไม่ได้รับหรือลดการได้รับสารอาหารสำคัญที่จำเป็นต่อร่างกาย[2] เนื่องจากเด็กวัยเรียนมีความต้องการพลังงานและสารอาหารมากขึ้นการรับประทานอาหารแค่ 3 มื้อหลัก ไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายจึงต้องมีอาหารว่างช่วยเสริมสร้างพลังงานและสารอาหาร และควรได้รับอาหารว่างก่อนอาหารมื้อหลักประมาณ 1 ชั่วโมงครึ่ง ถึง 2 ชั่วโมง เพื่อที่เด็กจะได้สามารถรับประทานอาหารมื้อหลักได้อย่างเต็มที่[3] หลักในการจัดอาหารว่างสำหรับเด็กนักเรียน ควรจัดอาหาร ขนม หรือสิ่งที่มีประโยชน์ โดยเป็นอาหารที่มาจากตามธรรมชาติ พลังงานของอาหารว่างแต่ละมื้อไม่ควรเกินร้อยละ 10 ของพลังงานที่ควรได้รับทั้งหมดต่อวัน[4] หรือมีพลังงานไม่เกิน 100 กิโลแคลอรี อาจจัดผลไม้แทนขนมหวาน หรือขนมหวานที่มีรสไม่หวานมาก โดยมีน้ำตาลไม่เกินร้อยละ 10 หรืออาหารแห้งที่มีชิ้นขนาดพอดีคำในการบริโภค ควรเป็นอาหารที่ให้คุณค่าทางโภชนาการ มีความหลากหลายชนิด สด สะอาด ในกรณีที่เป็นผักและผลไม้ควรใช้ตามฤดูกาล[5] มีงานวิจัยที่มีการเสนอผักและผลไม้ที่มีความหลากหลายให้เด็ก พบว่าจะเพิ่มโอกาสที่เด็กจะบริโภคผักและผลไม้ได้ปริมาณใกล้เคียงคำแนะนำสำหรับการบริโภคผักและผลไม้ที่ควรได้รับในหนึ่งวันของเด็ก[6] แต่ในทางตรงกันข้ามการศึกษาในเด็ก อายุ 4-6 ปี พบว่าการบริโภคผักทั้งชนิดเดียวและสองชนิดไม่มีอิทธิพลต่อการเลือกการบริโภคของเด็ก แต่การศึกษานี้มีข้อจำกัดด้านสภาพแวดล้อมในการรับประทานอาหารที่ปกติน้อย เนื่องจากการรับประทานอาหารของเด็กไม่ควรเป็นในลักษณะบังคับโดยต้องให้รับประทานอาหารอย่างอิสระ[7] อย่างไรก็ตามการศึกษาถึงความหลากหลายของการบริโภคผักและผลไม้ในเด็กยังมีน้อย

ผู้วิจัยจึงดำเนินการนำผลไม้สดมาดัดแปลงเป็นอาหารว่าง (Snack) และจัดเสิร์ฟในรูปแบบหลากหลาย (Variety) เพื่อประเมินการบริโภคผลไม้สดที่จัดเสิร์ฟในรูปแบบของอาหารว่างแบบเดี่ยวเปรียบเทียบกับแบบหลากหลายให้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนต้นว่านักเรียนจะเลือกการบริโภคอาหารว่างแบบไหนมากที่สุด และโดยเป็นแนวทางในการจัดบริการอาหารให้เหมาะสมกับความต้องการอาหารว่างที่ดีต่อสุขภาพของเด็กวัยเรียนต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงการทดลอง (Experimental research) รูปแบบการศึกษาในชุมชน (Community trial) โดยมีการไขว้กลุ่ม (Crossover design) ซึ่งแบ่งนักเรียนโดยการสุ่มออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มนักเรียนที่บริโภคอาหารว่างจากผลไม้แบบเดี่ยวก่อน (Single) และกลุ่มนักเรียนที่บริโภคอาหารว่างจากผลไม้แบบหลากหลายก่อน (Mix) รูปแบบของอาหารว่างที่ทำจากผลไม้ถูกคำนวณให้มีพลังงาน 100 กิโลแคลอรี ต่อ 1 เสิร์ฟ[8] ประกอบด้วย อาหารว่างจากผลไม้ในรูปแบบเดี่ยว ประกอบด้วยผลไม้สด 3 ชนิด ได้แก่ แตงโม กีวี่ และแคนตาลูป หั่นเป็นชิ้นพอดีคำ ชนิดละ 90 กรัม อาหารว่างจากผลไม้ในรูปแบบหลากหลาย ซึ่งเป็นการนำผลไม้สดทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ แตงโม กีวี่ และแคนตาลูป มาดัดแปลงเป็นอาหารว่าง 3 ชนิด ได้แก่ วุ้นผลไม้ (151 กรัม ต่อ 1 ถ้วยเสิร์ฟ) โยเกิร์ตผลไม้ (141 กรัม ต่อ 1 ถ้วยเสิร์ฟ) และสลัดผลไม้ (86 กรัม ต่อ 1 ถ้วยเสิร์ฟ)

ผู้เข้าร่วมงานวิจัย นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ถึง 3 จังหวัดปทุมธานี อายุระหว่าง 6–9 ปี ทั้งเพศชายและเพศหญิง ที่สมัครใจเข้าร่วมงานวิจัย จำนวน 144 คน โดยมีเกณฑ์การคัดออกของผู้เข้าร่วมงานวิจัย คือ 1) การขาดเรียนในวันที่เก็บข้อมูล และ 2) การไม่ประสงค์เข้าร่วมงานจนจบ ในระหว่างการดำเนินงานวิจัย กลุ่มแรกมีนักเรียนชาย 1 คน มีความประสงค์ขอออกจากงานวิจัย และมีนักเรียนชาย 8 คน และหญิง 6 คน ขาดเรียนในวันที่เก็บข้อมูลงานวิจัย ส่วนกลุ่มที่สองมีนักเรียนชาย 8 คนและหญิง 7 คน ขาดเรียนในวันที่เก็บข้อมูลงานวิจัย ดังนั้นจึงเหลือผู้เข้าร่วมงานวิจัยที่อยู่จนจบการศึกษาทั้งสิ้น 115 คน

ขั้นตอนการเก็บข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการติดต่อประสานงานกับโรงเรียนบุญคุ้มราษฎร์บำรุง จัดทำหนังสือขออนุญาตเข้าดำเนินกิจกรรม ซึ่งมีคุณครูประจำชั้นเรียนเป็นผู้ช่วยประสานงานในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย ผู้วิจัยสุ่มนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม โดยจับฉลากให้ภายในแต่ละกลุ่มมีนักเรียนทุกชั้นปี

การทดลองครั้งที่ 1 นักเรียนกลุ่มแรกได้รับอาหารว่างเป็นผลไม้สดที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบเดี่ยว 3 ชนิด นักเรียนกลุ่มที่สองได้รับอาหารว่างเป็นผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบหลากหลาย 3 เมนู โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มถูกปล่อยให้เลือกบริโภคอาหารว่างได้ตามที่ต้องการอย่างอิสระในมื้อว่างบ่ายในห้องที่แยกกัน หลังจากนักเรียนแต่ละคนรับประทานแล้ว ผู้วิจัยดำเนินการชั่งน้ำหนักอาหารที่เหลืออยู่ด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักแบบแสดงตัวเลขดิจิตอล

การทดลองครั้งที่ 2 หลังจากเว้นระยะห่าง 2 สัปดาห์ ทำการสลับกลุ่มทดลอง โดยกลุ่มที่ 1 ให้บริโภคอาหารว่างที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบหลากหลาย และกลุ่มที่ 2 ถูกสลับมาให้บริโภคอาหารว่างที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบเดี่ยว ผู้วิจัยชั่งน้ำหนักของอาหารว่างที่เหลืออยู่ในจานอาหารเพื่อหาค่าปริมาณการบริโภคผลไม้จริงทันทีที่ทำการทดลองการบริโภคอาหารว่างเสร็จสิ้น นำข้อมูลของทั้ง 2 ครั้งมาทดสอบความแตกต่างของข้อมูลด้วยสถิติ Paired Samples T-Test และ One Way ANOVA ยอมรับความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างแสดงเป็นจำนวนร้อยละดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนผู้ที่เข้าร่วมวิจัยและร้อยละของข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมวิจัยแบ่งตามเกณฑ์เพศและระดับชั้นปี (จำนวน 144 คน)

ลักษณะ		N (%)
เพศ	หญิง	72 (50)
	ชาย	72 (50)
ระดับชั้น	ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1	43 (29.8)
	ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2	56 (38.9)
	ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3	45 (31.3)

จากการเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่างนักเรียนโรงเรียนบุญคุ้มราษฎร์บำรุง ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ถึง 3 (จำนวน 144 คน) พบว่าเป็นเพศหญิงและเพศชาย ร้อยละ 50 เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ร้อยละ 29.8 นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ร้อยละ 38.9 และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ร้อยละ 31.3

ปริมาณการบริโภคของอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบเดี่ยวเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณเฉลี่ยของอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบหลากหลาย

ตารางที่ 2 ปริมาณการบริโภคของอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบเดี่ยวเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณเฉลี่ยของอาหารว่างจาก ผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบหลากหลาย (จำนวน 115 คน)

	Mean (SD)	Min – Max	p-value*
ปริมาณการบริโภคของอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบเดี่ยว (กรัม)	204.9 (73.3)	29 – 270	0.000
ปริมาณเฉลี่ยของการบริโภคของอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบหลากหลาย (กรัม)	84.1 (27.9)	30 – 126	

* ยอมรับความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

จากตารางที่ 2 พบว่าค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณการบริโภคของอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบเดี่ยวเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณเฉลี่ยของการบริโภคของอาหารว่างแบบหลากหลาย มีค่า 204.9 (73.3) และ 84.1 (27.9) กรัม ตามลำดับ ปริมาณการบริโภคแตกต่างกันอยู่ 120.8 กรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ p<0.000 โดยนักเรียนมีการบริโภคของอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบเดี่ยวมากกว่าอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบหลากหลาย ซึ่งจากการสำรวจโรงอาหารในโรงเรียนที่ทำการศึกษาไม่พบการจำหน่ายอาหารว่างจากผลไม้จึงอาจจะเป็นไปได้ว่าเด็กนักเรียนไม่คุ้นเคยกับอาหารว่างที่ทำจากผลไม้ และบริโภคผลไม้ในรูปแบบผลไม้สดมากกว่า อย่างไรก็ตามเด็กนักเรียนก็ยังคงเลือกบริโภคผลไม้สดซึ่งส่งผลดีต่อสุขภาพ ผลการศึกษานี้คล้ายกับผลการศึกษาของ Zeinstra GG และ Raynor HA ที่พบว่าการรับประทานอาหารว่างจากผลไม้ทั้งแบบเดี่ยวและแบบหลากหลายไม่มีความแตกต่างกัน[7,9]

การเปรียบเทียบปริมาณการบริโภคของอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบเดี่ยว เปรียบเทียบกับปริมาณการบริโภคของอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบหลากหลายทั้ง 3 รูปแบบ

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบปริมาณการบริโภคของอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบเดี่ยว เปรียบเทียบกับปริมาณการบริโภคของอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบหลากหลายทั้ง 3 รูปแบบ (จำนวน 115 คน)

	Mean (SD)*	Min – Max
ปริมาณการบริโภคของอาหารว่างแบบเดี่ยว (กรัม)	204.9 (73.3)	29 - 270
ปริมาณการบริโภคอาหารว่างแบบหลากหลายของวุ้น (กรัม)	99.5 (44.3)[a]	5 - 151
ปริมาณการบริโภคอาหารว่างแบบหลากหลายของโยเกิร์ต (กรัม)	98.9 (35.4)[a]	15 - 141
ปริมาณการบริโภคอาหารว่างแบบหลากหลายของสลัด (กรัม)	53.8 (25.3)	11– 86

*มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ *p<0.05*

[a]ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ *p*>0.875

จากตารางที่ 3 พบว่าค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณการบริโภคอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบเดี่ยวมีค่า 204.9 (73.3) กรัม ส่วนค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณการบริโภคอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบหลากหลายของวุ้น โยเกิร์ต และสลัด มีค่า 99.5 (44.3) 98.9 (35.4) และ53.8 (25.3) กรัม ตามลำดับ ปริมาณการบริโภคอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบเดี่ยวเปรียบเทียบกับปริมาณการบริโภคอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบหลากหลายของวุ้น โยเกิร์ต และสลัด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ *p*<0.000 ส่วนการบริโภคอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบหลากหลายของวุ้น และโยเกิร์ตไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ *p*>0.875

เด็กนักเรียนมีการบริโภคอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบเดี่ยวมากกว่าอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบหลากหลายซึ่งปริมาณการบริโภคอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบเดี่ยวมากที่สุด ร้อยละ 75.8 รองลงมา คือ อาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบในรูปแบบโยเกิร์ต ร้อยละ 70.1 อาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบในรูปแบบวุ้น ร้อยละ 65.9 และน้อยที่สุดคือ อาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบในรูปแบบสลัด ร้อยละ 62.6 เนื่องจากเด็กนักเรียนอาจมีความชอบบริโภคผลไม้สดมากกว่าการนำผลไม้สดมาดัดแปลงเป็นขนมซึ่งอาจเป็นเพราะที่โรงเรียนและที่บ้านไม่เคยนำผลไม้สดมาดัดแปลงเป็นขนมจึงทำให้เด็กนักเรียนไม่คุ้นเคยกับขนมที่ทำจากผลไม้

การเปรียบเทียบปริมาณการบริโภคอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบต่างๆ ของนักเรียนเมื่อแยกตามชั้นปีการศึกษา

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบปริมาณการบริโภคอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบเดี่ยวของนักเรียนเมื่อแยกตามชั้นปีการศึกษา (จำนวน 115 คน)

	Mean (SD)*	Min - Max
ปริมาณการบริโภคอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบเดี่ยว โดยนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 (กรัม)	212.4 (63.8)	98 – 270
ปริมาณการบริโภคอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบเดี่ยว โดยนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 (กรัม)	270.3 (60.9)	72 – 270
ปริมาณการบริโภคอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบเดี่ยว โดยนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 (กรัม)	173.2 (83.9)	29 – 270

* ยอมรับความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

ปริมาณการบริโภคอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบเดี่ยวของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.019$ และปริมาณการบริโภคอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบเดี่ยวของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.000$ เนื่องจากนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 มีการบริโภคอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบเดี่ยวมากที่สุด ซึ่งปริมาณการบริโภคอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบเดี่ยวของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 มากกว่าปริมาณการบริโภคอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบเดี่ยวของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 และของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เท่ากับ 57.9 กรัม และ 97.1กรัม ตามลำดับ ซึ่งสาเหตุเกิดจากนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ได้เข้าร่วมงานวิจัยมากกว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 และอาจเป็นเพราะนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 คุ้นเคยกับผลไม้สดมากกว่าเนื่องจากการสำรวจในโรงเรียนไม่มีการจำหน่ายผลไม้จึงทำให้เด็กนักเรียนไม่คุ้นเคยกับผลไม้ในรูปแบบของขนม

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบปริมาณการบริโภคอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบหลากหลายของนักเรียนเมื่อแยกตามชั้นปีการศึกษา (จำนวน 115 คน)

	Mean (SD)*	Min - Max
ปริมาณการบริโภคอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบหลากหลาย โดยนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 (กรัม)	92.4 (27.7)	43.3 – 126
ปริมาณการบริโภคอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบหลากหลาย โดยนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 (กรัม)	87.1 (26.5)	35 – 126
ปริมาณการบริโภคอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบหลากหลาย โดยนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 (กรัม)	75.2 (27.2)	29.7 – 126

* ยอมรับความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

พบว่าปริมาณการบริโภคอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบหลากหลายของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.007$ และปริมาณการบริโภคอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบหลากหลายของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.049$ เนื่องจากนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 มีการบริโภคอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบหลากหลายมากที่สุด ซึ่งปริมาณการบริโภคอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบหลากหลายของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 มากกว่าการบริโภคอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบหลากหลายของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เท่ากับ 5.3 กรัม และ 17.2 กรัม ตามลำดับ ซึ่งสาเหตุเกิดจากนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ชอบลักษณะ

การจัดเสิร์ฟแบบหลากหลายมากกว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 อาจเป็นเพราะนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ชอบผลไม้ในรูปแบบขนม เนื่องจากเด็กนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 มีอายุน้อยที่สุดอาจจะชื่นชอบผลไม้ในรูปแบบของขนมมากกว่าในรูปแบบของผลไม้สด

จากการเปรียบเทียบปริมาณการบริโภคอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบต่างๆ ของเด็กนักเรียนชายกับเด็กนักเรียนหญิง พบว่าเด็กนักเรียนชายมีการบริโภคอาหารว่างจากผลไม้เท่ากันกับปริมาณการบริโภคอาหารว่างจากผลไม้ของเด็กนักเรียนหญิง แสดงว่าเพศไม่ส่งผลต่อการบริโภคอาหารว่างจากผลไม้ โดยที่การศึกษาอื่นๆ ยังไม่มีการตรวจสอบความแตกต่างระหว่างเพศ

สรุป

นักเรียนมีการบริโภคอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบเดี่ยวมากที่สุด แต่เมื่อเปรียบเทียบการบริโภคผลไม้เมื่อแบ่งตามชั้นปี พบว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 มีการบริโภคอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบหลากหลายมากที่สุด และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 มีการบริโภคอาหารว่างจากผลไม้ที่ถูกจัดเสิร์ฟแบบเดี่ยวมากที่สุด ซึ่งเพศไม่ส่งผลต่อการบริโภคอาหารว่างจากผลไม้ โดยที่การศึกษาอื่นๆ ยังไม่มีการตรวจสอบความแตกต่างระหว่างเพศ การนำผลไม้สดมาจัดเสิร์ฟเป็นอาหารว่างช่วยเพิ่มปริมาณการบริโภคผลไม้ในเด็กวัยเรียน ซึ่งเด็กนักเรียนก็ยังคงเลือกบริโภคผลไม้สดซึ่งส่งผลดีต่อสุขภาพ

เอกสารอ้างอิง

1. วิชัย เอกพลากร, บรรณาธิการ. รายงานการสำรวจการบริโภคอาหารของประชาชนไทย การสำรวจสุขภาพประชาชนไทยโดยการตรวจร่างกาย ครั้งที่ 4 พ.ศ.2551-2552. นนทบุรี : สำนักงานสำรวจสุขภาพประชาชนไทย; 2554.
2. วิทยา กุลสมบูรณ์. สสส.ชี้เด็กไทยทาสขนมขยะจ่ายวันละ 50 บาทซื้อกินเล่น. [อินเตอร์เน็ต]. 2549 [เข้าถึงเมื่อ 11 เมษายน 2561]. เข้าถึงได้จาก: http://www.teenpath.net.
3. กรมอนามัย. แนวทางการจัดอาหารกลางวันของเด็กวัยเรียน: สำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2558.
4. จุฑาพร พานิช. อาหารตามวัย เด็กวัยเรียนอายุ 6-12 ปี (Nutrition for children age of 6-12 years): ตอน 1 ปริมาณสารอาหารต่อวัน [อินเตอร์เน็ต]. 2560 [เข้าถึงเมื่อ 11 เมษายน 2561]. เข้าถึงได้จาก: http://haamor.com/th.
5. รัชตะ รัชตะนาวิน. การจัดอาหารว่างเพื่อสุขภาพ [อินเตอร์เน็ต]. 2558 [เข้าถึงเมื่อ 11 เมษายน 2561]. เข้าถึงได้จาก: http://www.anamai.moph.go.th.
6. Liane S, Jennifer S, Leann L, and Barbara J. Serving a variety of vegetables and fruit as a snack increased intake in preschool children. Am J Clin Nutr 2013; 98:693–9.
7. Zeinstra GG, Renes RJ, Koelen MA, Kok FJ, de Graaf C. Offering choice and its effect on Dutch children's liking and consumption of vegetables: a randomized controlled trial. Am J Clin Nutr 2010; 91(2):349–56. doi: 10.3945/ajcn.2009.28529. Epub 2009 Dec 9.
8. Institute of Nutrition, Mahidol university. Nutrient calculation computer software INMUCAL-Nutrients V3 database NB3. Nakornpathom. 2013.
9. Raynor HA., Osterholt KM. Greater variety of fruit served in a four-course snack increases fruit consumption. Appetite 2012; 59(3):662–7. doi: 10.1016/j.appet.2012.08.003. Epub 2012 Aug 9.

[HS-P08] การพัฒนาเมนูอาหารกลางวันหมุนเวียน 4 สัปดาห์ สำหรับเด็กวัยเรียน อายุ 6-12 ปี โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

Development of a Four Week Rotating Lunch Menu Plan for School-Age Children 6-to12-Year Olds in the Demonstration School of Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage

ชาลีลักษม์ ทองประเสริฐ*, อาจาวรรณ บุญศรี, ปาริชาติ รักญาติ, ชลธิชา ปิยวัชรวิจิตร, และ ทวีพร พันสวัสดิ์
Chaleelak Thongprasert*, Arjawun Boonsri, Parichard Rakyardand, Chonticha Piyawatcharavijit, and Taweeporn Phansawat
สาขาวิชาโภชนาการและการกำหนดอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: chaleelak@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาแบบภาคตัดขวาง มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาเมนูอาหารกลางวันหมุนเวียน 4 สัปดาห์ สำหรับเด็กวัยเรียนอายุ 6-12 ปี 2) เพื่อประเมินความพึงพอใจต่อเมนูอาหารกลางวันหมุนเวียน กลุ่มตัวอย่างในการประเมินความพึงพอใจคือนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3-6 (จำนวน 395 คน) เพศชายและหญิง โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ ผลการวิจัย พบว่าสามารถพัฒนาอาหารกลางวันหมุนเวียน 4 สัปดาห์ ให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานอาหารกลางวันสำหรับเด็กวัยเรียนไทย ยกเว้นวิตามินเอ แคลเซียม และธาตุเหล็ก เนื่องจากงบประมาณของทางโรงเรียนที่มีจำกัด จึงไม่สามารถจัดบริการเนื้อแดงได้บ่อยครั้ง ซึ่งอาหารดังกล่าวเป็นแหล่งของวิตามินเอและธาตุเหล็ก ส่วนแคลเซียมพบมากในนม ซึ่งไม่ได้ถูกจัดบริการพร้อมอาหารกลางวัน จึงทำให้นักเรียนไม่ได้รับแคลเซียมที่เพียงพอในมื้ออาหารกลางวัน แต่อย่างไรก็ตามนักเรียนมีความพึงพอใจต่อเมนูอาหารกลางวันในระดับดี ดังนั้น ในอนาคตโรงเรียนควรมีการพัฒนาเมนูอาหารกลางวันอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้นักเรียนได้รับพลังงานและสารอาหารที่เหมะสมและมีภาวะโภชนาการที่ดีต่อไป

คำสำคัญ: *เด็กวัยเรียน, อาหารกลางวันหมุนเวียน, พลังงานและสารอาหาร*

Abstract

The aimed of the cross-sectional study were 1) to develop a 4-week rotating lunch menu plan for school-age children 6-12 years, and 2) to evaluate the satisfaction on the rotating lunch menu. Grade 3-6 students (n= 395), male and female were recruited from The Demonstration School of Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage. The results were revealed that all of the nutrients in a 4-week rotating lunch menu was developed to meet recommended amount, excluding vitamin A, iron and calcium because the budgets were limited to provided red meat often that is a source of vitamin A and iron. Milk is a source of calcium was not served at lunch, so the students could not consume the adequate amount of calcium at lunch. However, students satisfied with lunch menus at a high level. In the future, the school should continually develop the rotating lunch menu in order to students to receive adequate energy and nutrients and provide good nutrition status in schoolchildren.

Keywords: *schoolchildren, rotating lunch, energy and nutrient*

บทนำ

อาหารเป็นปัจจัยหลักสำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์ โดยเฉพาะเด็กวัยเรียนเป็นวัยที่จำเป็นจะต้องได้รับพลังงานและสารอาหารที่เหมาะสมกับความต้องการของร่างกาย การขาดสารอาหารส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเด็ก ทำให้ร่างกายแคระแกร็น อีกทั้งอาจส่งผลให้สมองไม่พัฒนาเป็นไปตามปกติ ก่อให้เกิดความบกพร่องทางสติปัญญาและส่งผลต่อการเรียนรู้ของเด็กได้[1] หรือในการตรงกันข้ามถ้าเด็กได้รับพลังงานจากอาหารเกินกว่าที่ร่างกายต้องการ ย่อมทำให้เกิดปัญหาภาวะโภชนาการเกิน[2] โดยอาหารกลางวันที่โรงเรียนจัดบริการให้นั้น ให้พลังงานร้อยละ 25-33 ของการบริโภคอาหารในชีวิตประจำวันของเด็กวัยเรียน หรือประมาณ 1/3 ของพลังงานที่ควรได้รับต่อวัน ดังนั้น คุณภาพของอาหารกลางวันในโรงเรียนย่อมมีผลกระทบต่อคุณภาพอาหารโดยรวม และอาจนำไปสู่ผลลัพธ์ด้านสุขภาพที่ดีขึ้น[3] อีกทั้งอาหารกลางวันมีความสำคัญกับเด็กวัยเรียนเป็นอย่างยิ่ง หากเด็กวัยเรียนได้รับอาหารกลางวันอย่างเหมาะสมจะทำให้มีความแข็งแรงสมบูรณ์ทั้งทางด้านร่างกาย และจิตใจ รวมถึงสติปัญญา[4]

จากการศึกษาของ Walton[5] ได้ทำการศึกษาคุณภาพของอาหารกลางวันในโรงเรียนของเด็กไอริช อายุ 5-12 ปี พบว่าอาหารกลางวันที่โรงเรียนจัดหาให้มีไขมันอิ่มตัวสูง โซเดียมสูง และมีใยอาหารจากผักและผลไม้น้อย ทำให้คุณภาพของอาหารกลางวันต่ำ สอดคล้องกับการสำรวจเด็กไทยทั่วประเทศ 2.29 ล้านคน ในปี พ.ศ. 2557 พบว่า เด็กไทยมีปัญหาโภชนาการทั้งขาดและเกิน สาเหตุมาจากพฤติกรรมการบริโภคที่ไม่เหมาะสม โดยเฉพาะอาหารกลางวันที่โรงเรียนจัดบริการให้แก่นักเรียนมีคุณภาพต่ำ เนื่องจากโรงเรียนส่วนใหญ่ไม่มีการจัดทำเมนูอาหารหมุนเวียนรายเดือนและไม่ได้ใช้ Thai School Lunch โปรแกรม (ระบบแนะนำสำรับอาหารกลางวันสำหรับโรงเรียนแบบอัตโนมัติ) แต่มีการจัดทำเมนูอาหารหมุนเวียนรายสัปดาห์โดยใช้ประสบการณ์ของตนเองหรือของแม่ครัว รวมถึงการตักอาหารให้เด็กยังไม่ได้ปริมาณและสัดส่วนตามธงโภชนาการหรือเหมาะตามวัย และในปี พ.ศ. 2558 กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ร่วมกับสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) ได้ติดตามประเมินผลคุณภาพอาหารกลางวัน ผลการสำรวจพบว่า โรงเรียนใน 4 ภาค 20 จังหวัด รวม 66 แห่ง มีการจัดบริการอาหารกลางวันในโรงเรียนที่ได้มาตรฐานเพียงร้อยละ 20 เท่านั้น ส่วนร้อยละ 80 ที่เหลือต้องปรับปรุงในส่วนของคุณภาพ ปริมาณ การคิดเมนูอาหารกลางวันยังไม่เหมาะสม และการประกอบอาหารกลางวันยังไม่ถูกต้องตามหลักโภชนาการและสุขาภิบาลอาหาร ซึ่งปัญหาเหล่านี้เกี่ยวข้องกับคุณภาพของอาหารกลางวันที่เด็กรับประทานโดยตรง[6] ซึ่งสอดคล้องกับภารดี เต็มเจริญ และคณะ[7] ได้กล่าวว่าการขาดสารอาหารจะส่งผลกระทบกระเทือนต่อทุกส่วนของร่างกาย เช่น ทำให้ร่างกายอ่อนเพลีย เหนื่อยง่าย น้ำหนักตัวลด ไม่เจริญเติบโตเท่าที่ควรซึ่งส่งผลให้เด็กวัยเรียนมีสุขภาพที่อ่อนแอ

จากการวิเคราะห์ก่อนหน้านี้ถึงข้อมูลคุณภาพอาหารกลางวันของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ พบว่าคุณภาพอาหารกลางวันที่โรงเรียนจัดหาให้นักเรียนส่วนใหญ่มีพลังงานและสารอาหารต่ำกว่าคำแนะนำมาตรฐานอาหารกลางวันเด็กวัยเรียนไทย อีกทั้งนักเรียนบริโภคอาหารกลางวันไม่หมด ส่งผลให้ได้รับพลังงานและสารอาหารกลางวันเฉลี่ยต่ำกว่าที่ควรได้รับ เพื่อให้เด็กวัยเรียนทุกคนได้รับประทานอาหารกลางวันที่มีคุณค่าทางอาหารที่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย จึงเป็นที่มาให้ผู้วิจัยพัฒนาเมนูอาหารกลางวันหมุนเวียน 4 สัปดาห์ สำหรับเด็กวัยเรียน 6-12 ปี ให้มีคุณค่าทางโภชนาการสอดคล้องกับมาตรฐานอาหารกลางวันสำหรับเด็กวัยเรียนไทย และทำการประเมินความพึงพอใจต่อเมนูอาหารกลางวันหมุนเวียนดังกล่าว

วิธีดำเนินการวิจัย

1. รูปแบบการศึกษาและกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาแบบภาคตัดขวาง (cross-sectional study) เพื่อพัฒนาเมนูอาหารกลางวันหมุนเวียน 4 สัปดาห์ สำหรับเด็กวัยเรียนอายุ 6-12 ปี โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ และประเมินความพึงพอใจต่อเมนูอาหารกลางวันหมุนเวียน ในนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3-6 อายุระหว่าง 9-12 ปี เพศชายและหญิง จำนวน 395 คน โดยมีวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling)

2. เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมงานวิจัย

2.1 เกณฑ์การคัดเข้า นักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 เพศชายและหญิง และยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย

2.2 เกณฑ์การคัดออก นักเรียนที่ขาดเรียนในวันที่ทำการศึกษา นักเรียนที่ไม่บริโภคอาหารกลางวันในโรงเรียน และนักเรียนที่ไม่สามารถอ่านหนังสือและเขียนหนังสือได้ ซึ่งพบว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-2 ไม่สามารถอ่านหนังสือและเขียนหนังสือได้คล่อง ผู้วิจัยจึงได้ทำการคัดนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-2 ออกจากงานวิจัย (ไม่ได้ประเมินความพึงพอใจต่อเมนูอาหารกลางวันหมุนเวียน 4 สัปดาห์)

3. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.1 เมนูอาหารกลางวันหมุนเวียน 4 สัปดาห์ ซึ่งประกอบไปด้วยเมนูอาหารของศาสนาพุทธ ศาสนาอิสลาม ผลไม้ตามฤดูกาลหรือของหวาน โดยแบ่งเมนูอาหารกลางวันหมุนเวียนออกเป็น 2 ชุด ได้แก่

ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-3 ตัวอย่างเมนูอาหารกลางวันหมุนเวียน วันจันทร์-ข้าวสวย ต้มเลือดหมู+หมูเด้ง+ผักกาดหอม ไข่ตุ๋น วันอังคาร-ข้าวผัดกะเพราไก่คลุกไม่ใส่พริก ไข่เจียวหั่นฝอย+แตงกวา ซุปฟัก วันพุธ-บะหมี่เหลืองหมูแดงน้ำ วันพฤหัสบดี-ข้าวหมูเกาหลี+ไข่ต้ม น้ำซุปใส่แครอท+หัวไชเท้า และวันศุกร์-ข้าวสวย ซุปมันฝรั่งไก่อกชิ้น ผัดเปรี้ยวหวานไก่

ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6 ตัวอย่างเมนูอาหารกลางวันหมุนเวียน วันจันทร์-ข้าวสวย มัสมั่นไก่ ผัดกวางตุ้งใส่หมูแดง+แครอท วันอังคาร-ข้าวผัดอเมริกัน ไส้กรอกไก่ ไข่ดาว แตงกวา ซุปฟัก วันพุธ-ก๋วยจั๊บน้ำข้น ใส่หมู ไข่ไก่ เต้าหู้แผ่น เลือดหมู วันพฤหัสบดี-ข้าวสวย ต้มยำไก่ใส่เห็ดนางฟ้า ผัดแตงกวาใส่ไข่+ไก่สับ+แครอท และวันศุกร์-ข้าวมันไก่ น้ำจิ้มข้าวมันไก่ แตงกวา ซุปฟัก

3.2 แบบสอบถามความพึงพอใจต่อเมนูอาหารกลางวันหมุนเวียน 4 สัปดาห์ ซึ่งประกอบไปด้วยข้อคำถาม 8 ข้อ ดังนี้ 1) รูปแบบการจัดวางอาหารกลางวัน 2) สีสันของอาหารกลางวัน 3) ความสะอาดของภาชนะ 4) ปริมาณของอาหารกลางวันเพียงพอต่อความต้องการ 5) อุณหภูมิของอาหารกลางวัน 6) กลิ่นของอาหารกลางวัน 7) รสชาติของอาหารกลางวัน และ 8) ความชอบโดยรวมต่ออาหารกลางวัน โดยผู้ตอบจะเป็นผู้ประเมินตามความรู้สึกของตนเองต่อข้อคำถามแต่ละข้อ

3.2.1 นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ได้กำหนดระดับความพึงพอใจต่อเมนูอาหารกลางวันหมุนเวียน 4 สัปดาห์ในแต่ละประเด็นทั้งหมด 3 ระดับ ดังต่อไปนี้

1) ระดับความพึงพอใจชอบมากที่สุด เท่ากับ 3 คะแนน

2) ระดับความพึงพอใจชอบปานกลาง เท่ากับ 2 คะแนน

3) ระดับความพึงพอใจไม่ชอบมากที่สุด เท่ากับ 1 คะแนน

ดังนั้น คะแนนเต็มในการประเมินความพึงพอใจต่อเมนูอาหารกลางวันหมุนเวียน 4 สัปดาห์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เท่ากับ 24 คะแนน แบ่งระดับความพึงพอใจต่อเมนูอาหารกลางวันในแต่ละเมนูได้ดังนี้

1) ความพึงพอใจน้อย เท่ากับ 0-8 คะแนน

2) ความพึงพอใจปานกลาง เท่ากับ 9-16 คะแนน

3) ความพึงพอใจมาก เท่ากับ 17-24 คะแนน

3.2.2 นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6 ได้กำหนดระดับความพึงพอใจต่อเมนูอาหารกลางวันหมุนเวียน 4 สัปดาห์ในแต่ละประเด็นทั้งหมด 5 ระดับ ดังต่อไปนี้

1) ระดับความพึงพอใจชอบมากที่สุด เท่ากับ 5 คะแนน

2) ระดับความพึงพอใจชอบมาก เท่ากับ 4 คะแนน

3) ระดับความพึงพอใจชอบปานกลาง เท่ากับ 3 คะแนน

4) ระดับความพึงพอใจไม่ชอบมาก เท่ากับ 2 คะแนน

5) ระดับความพึงพอใจไม่ชอบมากที่สุด เท่ากับ 1 คะแนน

ดังนั้น คะแนนเต็มในการประเมินความพึงพอใจต่อเมนูอาหารกลางวันหมุนเวียน 4 สัปดาห์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6 เท่ากับ 40 คะแนน แบ่งระดับความพึงพอใจต่อเมนูอาหารกลางวันในแต่ละเมนูได้ดังนี้

1) ความพึงพอใจน้อยมาก เท่ากับ 0-8 คะแนน
2) ความพึงพอใจน้อย เท่ากับ 9-16 คะแนน
3) ความพึงพอใจปานกลาง เท่ากับ 17-24 คะแนน
4) ความพึงพอใจมาก เท่ากับ 25-32 คะแนน
5) ความพึงพอใจมากที่สุด เท่ากับ 33-40 คะแนน

3.3 คู่มือเมนูอาหารกลางวันหมุนเวียน 4 สัปดาห์ สำหรับเด็กวัยเรียน 6-12 ปี ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้ เมนูอาหารกลางวันหมุนเวียนจำนวน 4 สัปดาห์ ส่วนประกอบ ปริมาณ วิธีทำ และคุณค่าทางโภชนาการ

4. การเก็บข้อมูลงานวิจัย

4.1 ติดต่อโรงเรียนเพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการดำเนินการวิจัย และขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

4.2 เข้าพบคณะครูที่รับผิดชอบอาหารกลางวันและผู้ประกอบการ เพื่อทำการสำรวจเมนูอาหารกลางวันของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ โดยการสัมภาษณ์เชิงลึกถึงอาหารกลางวันเดิมที่นักเรียนเคยรับประทานหรือเมนูอาหารกลางวันที่นักเรียนเหลือทิ้งน้อยที่สุด เพื่อที่จะได้เป็นแนวทางในการพัฒนาเมนูอาหารกลางวันหมุนเวียนให้มีคุณค่าทางโภชนาการมากยิ่งขึ้นและเป็นที่ยอมรับของนักเรียน

4.3 ดำเนินการพัฒนาเมนูอาหารกลางวันหมุนเวียน 4 สัปดาห์ โดยแบ่งเมนูออกเป็น 2 ชุด คือ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-3 และชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6 และแบ่งออกเป็นศาสนาพุทธและอิสลาม

4.4 ส่งเมนูอาหารกลางวันหมุนเวียน 4 สัปดาห์ให้ทางคณะครูที่รับผิดชอบอาหารกลางวันโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ และผู้ประกอบการอาหารตรวจสอบ

4.5 ผู้วิจัยดำเนินการแก้ไขตามข้อเสนอแนะ และใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Inmucal-Nutrien V.3 NB.3 [8] เพื่อคำนวณพลังงานและสารอาหารให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานอาหารกลางวันสำหรับเด็กวัยเรียนไทย และส่งเมนูอาหารกลางวันหมุนเวียน 4 สัปดาห์ดังกล่าวให้ทางผู้ประกอบการดำเนินการปรุงประกอบอาหารกลางวันให้แก่นักเรียน

4.6 นำแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจต่อเมนูอาหารกลางวันหมุนเวียน 4 สัปดาห์ ให้ครูผู้รับผิดชอบอาหารกลางวันทำการตรวจสอบและทำการสุ่มนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-6 ชั้นปีละ 5 คน มาทดลองประเมินแบบสอบถามความพึงพอใจต่อเมนูอาหารกลางวันหมุนเวียน 4 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-2 ไม่สามารถอ่านหนังสือและเขียนหนังสือได้คล่อง ทำให้ใช้เวลาในการเก็บข้อมูลนานกว่าจะได้ข้อมูลครบถ้วนและถูกต้อง ผู้วิจัยจึงได้ทำการคัดนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-2 ออกจากงานวิจัย และได้ทำการปรับระดับความพึงพอใจสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เป็น 3 ระดับ (ชอบมากที่สุด ชอบปานกลาง และไม่ชอบมากที่สุด) เพื่อลดความซับซ้อนของแบบสอบถามและให้ง่ายต่อการประเมิน และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6 จะประเมินความพึงพอใจต่อเมนูอาหารกลางวันทั้งหมด 5 ระดับ (ชอบมากที่สุด ชอบมาก ชอบปานกลาง ไม่ชอบมากและไม่ชอบมากที่สุด)

4.7 ดำเนินการให้นักเรียนประเมินความพึงพอใจ โดยนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จะเริ่มทำแบบประเมินความพึงพอใจต่ออาหารกลางวันก่อน เนื่องจากทางโรงเรียนจะให้นักเรียนกลุ่มดังกล่าวลงมารับประทานอาหารกลางวันในช่วงเวลา 11.00-12.00 น. และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6 จะรับประทานอาหารกลางวันเวลา 12.00-13.00 น. โดยจะให้กลุ่มเป้าหมายรับประทานอาหารกลางวันก่อน จากนั้นเมื่อรับประทานอาหารกลางวันเสร็จสิ้น ก็จะแจกแบบประเมินและให้นักเรียนทำแบบประเมินความพึงพอใจ และให้ส่งแบบประเมินคืนที่ผู้วิจัยเพื่อทำการตรวจสอบความถูกต้อง

4.8 วิเคราะห์คะแนนความพึงพอใจเบื้องต้น โดยคะแนนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนต้นจะมี 8 ข้อ คะแนนเต็ม 24 คะแนน หากเมนูใดมีคะแนนความพึงพอใจต่ำกว่า 12 คะแนน จะทำการปรับปรุงเมนูนั้นใหม่ และทำการทดสอบอีกครั้ง ส่วนคะแนนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลายมี 8 ข้อ คะแนนเต็ม 40 คะแนน หากเมนูใดมีคะแนนความพึงพอใจต่ำกว่า 20

คะแนน จะทำการปรับปรุงเมนูนั้นใหม่ และทำการทดสอบอีกครั้ง อย่างไรก็ตาม เมื่อวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจต่อเมนูอาหารกลางวันของนักเรียน ไม่มีเมนูใดได้คะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าเกณฑ์ที่ได้กล่าวไว้

4.9 นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ทางสถิติ

4.10 หลังจากดำเนินการเก็บข้อมูลเสร็จสิ้น ผู้วิจัยได้จัดทำคู่มือเมนูอาหารกลางวันหมุนเวียน 4 สัปดาห์ สำหรับเด็กวัยเรียน 6-12 ปี ประกอบด้วยข้อมูล เมนูอาหารกลางวันหมุนเวียนจำนวน 4 สัปดาห์ ส่วนประกอบ ปริมาณ วิธีทำ และคุณค่าทางโภชนาการ ส่งมอบให้แก่โรงเรียนเพื่อนำไปเป็นแนวทางในการปรุงประกอบอาหารและพัฒนาเมนูอาหารกลางวันหมุนเวียนต่อไป

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 วิเคราะห์ข้อมูลอาหาร โดยใช้โปรแกรม Inmucal-Nutrien V.3 NB.3[8] เพื่อวิเคราะห์หาพลังงานและสารอาหารของอาหารกลางวันหมุนเวียน 4 สัปดาห์ ให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานอาหารกลางวันสำหรับเด็กวัยเรียนไทย

5.2 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป วิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (descriptive Statistics) ได้แก่ ร้อยละ (percent) ค่าเฉลี่ย (mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard Deviation) ค่ามัธยฐาน (median) ค่าพิสัยคลอไทล์ (interquartile range) ส่วนการวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงอนุมาน (inferential Statistics) ใช้ Kolmogorov-Smirnov test เพื่อทดสอบการกระจายข้อมูล ซึ่งพบว่าข้อมูลพลังงานและสารอาหารมีการกระจายไม่ปกติ จึงใช้ Mann-Whitney U test สำหรับทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของพลังงานและสารอาหารอาหารกลางวันหมุนเวียน 4 สัปดาห์ กับเกณฑ์มาตรฐานอาหารกลางวันสำหรับเด็กวัยเรียนไทย โดยกำหนดค่าความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติ p-value<0.05

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากตารางที่ 1 แสดงพลังงานและสารอาหารของอาหารกลางวันหมุนเวียน 4 สัปดาห์ โดยพลังงาน โปรตีน และวิตามินซี พัฒนาได้สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานอาหารกลางวันสำหรับเด็กวัยเรียนไทย ตรงกันข้ามกับไขมัน คาร์โบไฮเดรต วิตามินเอ เหล็ก แคลเซียม และคอเลสเตอรอล ที่ไม่สามารถพัฒนาให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานอาหารกลางวันสำหรับเด็กวัยเรียนไทย ส่วนใยอาหาร วิตามินบี 1 และวิตามินบี 2 พัฒนาได้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน โดยทีมผู้วิจัยได้พัฒนาเมนูอาหารกลางวันหมุนเวียนให้มีพลังงานให้สูงกว่ามาตรฐาน เพื่อป้องกันเด็กรับประทานอาหารกลางวันไม่หมด มีการจัดผักที่เพิ่มขึ้นจึงได้มีการเพิ่มปริมาณของเนื้อสัตว์ให้สมดุลกับผัก และเพื่อให้เด็กยอมรับและรับประทานอาหารได้มากขึ้น มีการจัดบริการผลไม้ที่หาได้ง่ายตามฤดูกาล ราคาถูก เช่น ฝรั่ง เงาะ และสับปะรด ซึ่งผลไม้เหล่านี้เป็นแหล่งของวิตามินซี อีกทั้งมีการจัดผักใบเขียว ไข่ไก่ และเมนูของหวานถั่วเขียวต้มน้ำตาลซึ่งเป็นแหล่งของวิตามินบี 2 ส่วนไขมัน วิตามินเอ ธาตุเหล็ก คาร์โบไฮเดรต คลอเลสเตอรอลและแคลเซียมต่ำกว่าเกณฑ์ เนื่องจากมีการใช้เนื้อสัตว์ที่มีไขมันต่ำ จึงส่งผลให้ปริมาณเฉลี่ยของไขมันและคลอเลสเตอรอลต่ำไปด้วย อีกทั้งงบประมาณของทางโรงเรียนที่มีจำกัด จึงไม่สามารถจัดบริการเนื้อแดงได้บ่อยครั้ง ซึ่งอาหารดังกล่าวเป็นแหล่งของวิตามินเอและธาตุเหล็ก รวมถึงผักผลไม้ที่เป็นแหล่งของวิตามินเอบางชนิดอยู่นอกฤดูกาลซึ่งมีราคาที่สูง ส่วนนมเป็นแหล่งอาหารที่มีแคลเซียมและคาร์โบไฮเดรต[9] ซึ่งไม่ได้ถูกจัดบริการในอาหารกลางวัน จึงทำให้นักเรียนไม่ได้รับแคลเซียมที่เพียงพอและส่งผลให้ปริมาณเฉลี่ยคาร์โบไฮเดรตต่ำกว่ามาตรฐานในมื้ออาหารกลางวัน อย่างไรก็ตาม โรงเรียนได้มีบริการนมโรงเรียนในช่วงบ่ายให้แก่นักเรียน จึงทำให้นักเรียนได้รับแคลเซียมจากนม อีกทั้งก่อนหน้านี้จากการประเมินภาวะโภชนาการของนักเรียนโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ พบว่าทุกคนมีความสูงเป็นไปตามเกณฑ์ดัชนีมวลกายต่ออายุ (BMI for age) (ไม่ได้แสดงข้อมูล) ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่ได้มีการขาดพลังงานและสารอาหารแบบเรื้อรัง จึงแนะนำให้นักเรียนบริโภคนมในมื้อเช้าหรือมื้อเย็นเพิ่มเติมเพื่อให้ได้แคลเซียมตามความต้องการของร่างกายต่อวันมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับ Huang et al.[10] ที่กล่าวว่า โดยส่วนใหญ่นักเรียนจะไม่นิยมบริโภคนมในมื้อกลางวันแต่จะนิยมบริโภคนมในมื้อเช้าหรือมื้อเย็น

ตารางที่ 1 ค่ามัธยฐานและพิสัยควอไทล์ของพลังงานและสารอาหารเมนูอาหารกลางวันหมุนเวียน 4 สัปดาห์เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานอาหารกลางวันสำหรับเด็กวัยเรียนไทย

สารอาหาร	เมนูอาหารกลางวันหมุนเวียน 4 สัปดาห์	เกณฑ์มาตรฐานอาหารกลางวันสำหรับเด็กวัยเรียนไทย	*p*-value
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	487.80 (42.9)	465	< 0.001
โปรตีน (กรัม)	22.79 (8.4)	13.95	< 0.001
ไขมัน (กรัม)	12.47 (8.2)	13.95	< 0.001
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	65.44 (5.3)	70.80	< 0.001
ใยอาหาร (กรัม)	4.13 (2.0)	4.20	1.000
วิตามินเอ (RAE)	93.73 (117.7)	167.10	< 0.001
วิตามินบี 1 (กรัม)	0.22 (0.1)	0.24	0.559
วิตามินบี 2 (กรัม)	0.26 (0.2)	0.24	0.381
วิตามินซี (มิลลิกรัม)	22.22 (64.8)	12.90	< 0.001
เหล็ก (มิลลิกรัม)	2.48 (2.3)	3.69	< 0.001
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	63.95 (38.8)	274.20	< 0.001
คอเลสเตอรอล (มิลลิกรัม)	64.33 (97.0)	90.00	0.041

จากตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความพึงพอใจต่อเมนูอาหารกลางวันหมุนเวียน 4 สัปดาห์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3-6 จำนวน 395 คน พบว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3-6 มีความพึงพอใจมากต่ออาหารกลางวันที่โรงเรียนจัดบริการ เมื่อพิจารณาเป็นรายวัน พบว่าโดยส่วนใหญ่มีความพึงพอใจสูงสุดในเมนูบะหมี่เหลืองหมูแดงน้ำ (ศาสนาพุทธ)/บะหมี่เหลืองไก่น้ำ (ศาสนาอิสลาม) และลอดช่องกะทิ เนื่องจาก มีรสชาติที่อร่อย รับประทานง่าย โดยปกติทางโรงเรียนจะจัดบริการแต่เมนูข้าวสวยและกับข้าว เมนูบะหมี่เหลืองหมูแดงน้ำ/บะหมี่เหลืองไก่น้ำจึงเป็นเมนูที่แปลกใหม่จากเมนูอาหารกลางวันโดยปกติสำหรับเด็กนักเรียน สอดคล้องกับนวลอนงค์ บุญจรูญศิลป์ [11] ที่พบว่าเด็กวัยเรียนอายุ 6-11 ปี ส่วนใหญ่มักบริโภคก๋วยเตี๋ยวหรืออาหารประเภทเส้น เนื่องจากเด็กวัยนี้จะชอบรับประทานอาหารที่แปลกใหม่และหน้าตาลักษณะของอาหารดูน่ารับประทาน และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ส่วนใหญ่มีความพึงพอใจสูงสุดในเมนูข้าวสวย ต้มยำไก่ใส่เห็ดนางฟ้า ผัดแตงกวาใส่ไข่ ไก่สับ แครอท ฝรั่ง เนื่องจากอาหารมีรสชาติอร่อย ต้มยำไก่ใส่เห็ดนางฟ้ามีรสชาติที่จัด ไม่เผ็ดเกินไปและผัดแตงกวามีรสชาติที่หวานซึ่งตัดกับรสเปรี้ยวของต้มยำไก่ใส่เห็ดนางฟ้า สอดคล้องกับนวลอนงค์ บุญจรูญศิลป์ [11] ที่พบว่า เด็กวัยรุ่นหรือเด็กทีมีอายุ 12 ปีขึ้นไป เด็กในวัยนี้ส่วนใหญ่จะได้รับอิทธิพลมาจากกลุ่มเพื่อน และไม่ตื่นเต้นกับเมนูอาหารที่แปลกใหม่ อีกส่วนหนึ่งเป็นการปลูกฝังของครอบครัว

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความพึงพอใจต่อเมนูอาหารกลางวันหมุนเวียน 4 สัปดาห์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3-6 (จำนวน 395 คน)

ระดับชั้น	ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความพึงพอใจ
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3	19.3±2.9	ความพึงพอใจมาก
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4	31.2±7.87	ความพึงพอใจมาก
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5	30.2±7.0	ความพึงพอใจมาก
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6	27.8±6.7	ความพึงพอใจมาก

จากการวิเคราะห์ความพึงพอใจต่อเมนูอาหารกลางวันหมุนเวียน 4 สัปดาห์ในแต่ละข้อ (ไม่ได้แสดงข้อมูล) พบว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3-6 เกินกว่าครึ่งหนึ่ง (มากกว่าร้อยละ 50) มีความพึงพอใจมากที่สุดในแต่ละด้านต่ออาหารกลางวัน ได้แก่ รูปแบบการจัดวางอาหารกลางวัน สีสันของอาหารกลางวัน ความสะอาดของภาชนะ ปริมาณของอาหารกลางวันเพียงพอต่อความต้องการ กลิ่นของอาหารกลางวัน รสชาติของอาหารกลางวัน และความชอบโดยรวมต่ออาหารกลางวัน ยกเว้นอุณหภูมิของอาหารกลางวันที่มีจำนวนคนพึงพอใจในระดับมากที่สุดไม่ถึงครึ่ง (น้อยกว่าร้อยละ 50) ซึ่งอาจเป็นเพราะว่าผู้ประกอบการต้องจัดเตรียมอาหารกลางวันในปริมาณมากเพื่อให้ทันบริการแก่นักเรียนและบุคลากรภายในโรงเรียนซึ่งมีจำนวนมาก จึงต้องทำก่อนเวลาบริการอาหารกลางวัน 1-2 ชั่วโมง จึงทำให้อุณหภูมิของอาหารเย็นลง สอดคล้องกับการศึกษาของ Huang *et al*. [10] ที่รายงานว่าผู้ปรุงประกอบอาหารใช้เวลาประมาณ 1.5-2 ชั่วโมงในการปรุงประกอบอาหาร ซึ่งอาจทำให้มีผลต่อลักษณะปรากฏของอาหารได้

สรุป

จากการพัฒนาเมนูอาหารกลางวันหมุนเวียน 4 สัปดาห์ สามารถพัฒนาได้ใกล้เคียงเกณฑ์มาตรฐานอาหารกลางวันสำหรับเด็กวัยเรียนไทย ยกเว้นวิตามินเอ ธาตุเหล็ก คาร์โบไฮเดรต คลอเลสเตอรอล และแคลเซียมที่ต่ำกว่าเกณฑ์ เนื่องจากงบประมาณของทางโรงเรียนที่มีจำกัด จึงไม่สามารถจัดบริการเนื้อแดงได้บ่อยครั้ง ซึ่งอาหารดังกล่าวเป็นแหล่งของวิตามินเอและธาตุเหล็ก รวมถึงผักผลไม้ที่เป็นแหล่งของวิตามินเอบางชนิดอยู่นอกฤดูกาลซึ่งมีราคาที่สูง ส่วนแคลเซียมพบมากในนม ซึ่งไม่ได้ถูกจัดบริการพร้อมอาหารกลางวัน จึงทำให้นักเรียนไม่ได้รับแคลเซียมที่เพียงพอในมื้อกลางวัน อีกทั้งนมยังเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรต จึงทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำกว่าเกณฑ์ แต่อย่างไรก็ตามนักเรียนมีความพึงพอใจโดยรวมต่อเมนูอาหารกลางวันในระดับมาก ส่วนคะแนนความพึงพอใจต่ออุณหภูมิของอาหารกลางวันนักเรียนพึงพอใจในระดับมากที่สุดไม่ถึงครึ่ง ซึ่งอาจเป็นเพราะว่าผู้ประกอบการต้องจัดเตรียมอาหารจำนวนมากเพื่อให้ทันบริการแก่นักเรียนและบุคลากรภายในโรงเรียน จึงต้องทำก่อนเวลาบริการอาหารกลางวัน 1-2 ชั่วโมง จึงทำให้อุณหภูมิของอาหารเย็นลง ดังนั้น ในอนาคตโรงเรียนควรมีการพัฒนาเมนูอาหารกลางวันอย่างต่อเนื่องและจัดเตรียมวัสดุที่สามารถอุ่นอาหารให้ร้อนได้นาน เพื่อให้นักเรียนได้รับพลังงานและสารอาหารที่เหมะสมบริโภคอาหารกลางวันได้อย่างอร่อยและมีความสุข ซึ่งเป็นการส่งเสริมภาวะโภชนาการที่ดีของนักเรียนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนักเรียน คุณครู ผู้ประกอบการอาหารกลางวัน โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดี และขอขอบคุณนักศึกษาชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาโภชนาการและการกำหนดอาหาร รุ่นที่ 2 ที่ช่วยดำเนินการเก็บข้อมูลจนเสร็จสิ้น

เอกสารอ้างอิง

1. อรุณี ผ่องอักษร. โครงการอาหารกลางวันเพื่อพัฒนาสุขภาพของเด็ก. กรุงเทพฯ: สุขศึกษาพละศึกษาสันทนาการ; 2552.
2. Kantachuvessiri A. Obesity in Thailand. J Med Assoc Thai 2005; 88(4): 554-62.
3. Harrison F, et al. Food and drink consumption at school lunchtime: the impact of lunch type and contribution to overall intake in British 9–10-year-old children. Public Health Nutr 2013 Jun; 16(6): 1132-9. doi: 10.1017/S1368980011002321.
4. สมชาย สุขสด. การประเมินโครงการอาหารกลางวันในโรงเรียนประถมศึกษา สังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดลพบุรี. สถาบันราชภัฏเทพสตรี; 2544.
5. Walton J, Hannon EM, Flynn A. Nutritional quality of the school-day diet in Irish children (5-12 years). J Hum Nutr Diet 2015 Jan; 28 Suppl 1: 73-82. doi: 10.1111/jhn.12211.

6. กองแผนงาน กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. รายงานประจำปีกรมอนามัย 2557. [อินเตอร์เน็ต]. 2557 [เข้าถึงเมื่อ 2561 มีนาคม 30]. เข้าถึงได้จาก: http://planning.anamai.moph.go.th/download/D_report_year/รายงานประจำปี%202557.pdf.
7. ภารดี เต็มเจริญ และคณะ. ภาวะเด็กขาดสารอาหาร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2530.
8. สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล. โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปคำนวณสารอาหาร INMUCAL-Nutrients V3 ฐานข้อมูลชุด NB3. นครปฐม; 2556.
9. นัยนา บุญทวียุวัฒน์. ชีวเคมีทางโภชนาการ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: เจริญดีมั่นคงการพิมพ์. 2553.
10. Huang Z, Gao R, Bawuerjiang N, Zhang Y, Huang X, Cai M. Food and nutrients intake in the School Lunch Program among school children in Shanghai, China. Nutrients 2017 Jun 7; 9(6). pii: E582. doi: 10.3390/nu 9060582.
11. นวลอนงค์ บุญจรูญศิลป์. เด็กไทยกับนิสัยการกิน. [อินเตอร์เน็ต]. 2556 [เข้าถึงเมื่อ 2561 พฤศจิกายน 25]. เข้าถึงได้จาก: https://www.doctor.or.th/article/detail/1815.

[HS-P09] การพัฒนาตำรับอาหารท้องถิ่นสำหรับผู้สูงอายุในตำบลเกาะเกิด จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

Developing Local Recipes for Elderly in Kokeord Sub-district, Phra Nakhon Si Ayutthaya Province

ชาลีลักษม์ ทองประเสริฐ*, สิริขวัญ สมบัติ, และ กัลยกร แพรสี
Chaleelak Thongprasert*, Sirikwun Sombat, and Kanlayakorn Praesee
สาขาวิชาโภชนาการและการกำหนดอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: chaleelak@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

การศึกษาแบบการวิจัยและพัฒนานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาตำรับอาหารท้องถิ่นให้มีคุณค่าทางโภชนาการเหมาะสมและเป็นที่ยอมรับของผู้สูงอายุ ดำเนินการเก็บข้อมูลโดยการสำรวจเมนูอาหารที่ผู้สูงอายุนิยมบริโภคโดยการใช้แบบสัมภาษณ์ประวัติอาหาร คัดเลือกและพัฒนาตำรับอาหารท้องถิ่นทั้งหมด 10 รายการ ได้แก่ แกงเขียวหวานอกไก่ แกงส้มผักสามสีกับปลานิล ห่อหมกปลากราย น้ำพริกกะปิใส่ปลาซาบะ ยำปลาทูมะเขือสองสี น้ำยากะทิปลาช่อน สาคูไส้ไก่ กล้วยบวชชี ฟักทองแกงบวด และตะโก้เผือกไรซ์เบอร์รี โดยพบว่ารายการอาหารส่วนใหญ่มีปริมาณพลังงาน น้ำตาล ไขมัน ไขมันอิ่มตัว คอเลสเตอรอล และโซเดียมลดลง ในขณะที่โปรตีน ใยอาหาร แคลเซียม วิตามินเอ และเบต้าแคโรทีนที่สูงขึ้น หลังจากนั้นได้นำเมนูอาหารทั้ง 10 รายการ มาทดสอบการยอมรับโดยใช้แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสในผู้สูงอายุ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้นำวัตถุดิบท้องถิ่นมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาตำรับอาหาร ส่งผลให้อาหารมีคุณค่าทางโภชนาการที่ดีขึ้น และเป็นที่ยอมรับของผู้สูงอายุ ซึ่งเห็นได้จากผลคะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสที่สูง

คำสำคัญ: *ผู้สูงอายุ, ตำรับอาหารท้องถิ่น, วัตถุดิบท้องถิ่น*

Abstract

The aimed of the research and development study was to develop local recipes to good nutritional value and suitable for the elderly. The data of food that the elderly prefer was collected by using a diet history questionnaire. Then 10 local recipes were selected and developed including Green curry with chicken breast, Three-color vegetable curry with tilapia, steamed curry clown feather back fish, Shrimp paste sauce with Saba fish, two color eggplant mackerel salad, Curried fish sauce striped snakehead fish, Chicken sago, Banana in coconut milk, Coconut milk stewed pumpkin, and Pudding taro rice berry with coconut topping. The results were revealed that energy, sugar, fat, saturated fat, cholesterol, and sodium of most recipes were lower. While protein, dietary fiber, calcium, vitamin A, and beta-carotene were higher. Next, the 10 local recipes were used to test acceptance by using sensory evaluation. These local recipes were applied with local ingredients to resulting in better nutrition values and accepted by the elderly which can be seen from high sensory scores.

Keywords: *elderly, local food recipes, local ingredients*

บทนำ

อาหารมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมร่างกายให้สมบูรณ์แข็งแรง ช่วยซ่อมแซมเซลล์และอวัยวะที่เสื่อมสภาพ ตลอดจนป้องกันโรคภัยต่างๆ ร่างกายจึงจำเป็นต้องได้รับสารอาหารในปริมาณที่เหมาะสม หากร่างกายได้รับสารอาหารน้อยเกินไปจะทำให้เกิดภาวะขาดสารอาหารส่งผลให้ร่างกายอ่อนแอ เจ็บป่วยง่าย และอาจส่งผลให้การทำงานของอวัยวะและระบบต่างๆ ภายในร่างกายผิดปกติได้ ในทางกลับกันหากร่างกายได้รับสารอาหารบางอย่างมากเกินไป เช่น คาร์โบไฮเดรตจากข้าว โปรตีนจากเนื้อสัตว์ ไขมันจากน้ำมัน หรือแร่ธาตุโซเดียมจากเกลือ ก็อาจนำมาซึ่งโรคเรื้อรังต่างๆ เช่น โรคอ้วน ไขมันในเลือดสูง เบาหวาน หรือความดันโลหิตสูง ดังนั้น การมีภาวะโภชนาการที่ดีนั้นจึงมีความสำคัญมากในทุกช่วงชีวิต[1]

จากการสำรวจของสำนักงานสถิติแห่งชาติและกรมกิจการผู้สูงอายุ พบว่าผู้สูงอายุของไทยมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น โดยเพิ่มจาก 4.01 ล้านคน ในปี พ.ศ. 2537[2] เป็น 10.66 ล้านคน ในปี พ.ศ. 2561[3] ผู้สูงอายุจะมีการเปลี่ยนแปลงของร่างกายไปในทางเสื่อมมากกว่าการเจริญเติบโต เช่น ความสามารถในการรับรู้รสและกลิ่นที่เปลี่ยนแปลงไป โดยมีแนวโน้มที่จะสูญเสียการรับรู้รสหวานมากที่สุด ทำให้ผู้สูงอายุมักชอบรับประทานอาหารที่มีรสหวานมาก หรือรับรสชาติเค็มได้น้อยลงจึงทำให้ผู้สูงอายุมีพฤติกรรมชอบเติมเครื่องปรุง ซึ่งพฤติกรรมดังกล่าวอาจส่งผลต่อการเกิดความเจ็บป่วยจากโรคไม่ติดต่อเรื้อรังต่างๆ เช่น เบาหวาน โรคไต ความดันโลหิตสูง รวมทั้งความบกพร่องทางกายภาพ เช่น การบดเคี้ยว การหลั่งน้ำลาย และความอยากอาหาร อาจส่งผลให้ร่างกายขาดแร่ธาตุบางชนิด เช่น เหล็ก และสังกะสี แม้ว่าการสูญเสียการรับรู้ทางประสาทสัมผัสในผู้สูงอายุเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ แต่หากมีการดูแลรักษาสุขภาพและบริโภคนิสัยที่ดี ก็จะสามารถชะลอและลดความรุนแรงของการสูญเสียลงได้

การส่งเสริมภาวะโภชนาการโดยการประยุกต์และบูรณาการองค์ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการและกลไกทางสรีรจิตวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้รสชาติของมนุษย์ เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่สามารถทำให้เกิดการรับรู้รสชาติที่เหมาะสมกับสมรรถภาพทางกาย สามารถกระตุ้นความอยากอาหารของผู้สูงอายุได้ ร่วมกับการพัฒนาอาหารนั้นๆ ให้มีคุณค่าทางโภชนาการเหมาะสม มีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับ และตรงกับบริบททางวัฒนธรรมอาหารในแต่ละท้องถิ่นจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง[4] ซึ่งตำบลเกาะเกิด จังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีการจัดตั้งโรงเรียนผู้สูงอายุเพื่อส่งเสริมอาชีพและรายได้สำหรับผู้สูงอายุ แต่ยังไม่มีการส่งเสริมในเรื่องภาวะโภชนาการโดยการพัฒนาตำรับอาหารท้องถิ่นภายในชุมชน อีกทั้งงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่มีการพัฒนาตำรับอาหารสำหรับผู้สูงอายุ จะเป็นการพัฒนาเมนูอาหารจากพื้นที่นั้นๆ ซึ่งอาจไม่เหมาะกับบริบทผู้สูงอายุในตำบลเกาะเกิด จังหวัดพระนครศรีอยุธยา[5] ดังนั้น จึงเป็นที่มาให้ทีมผู้วิจัยสนใจที่จะพัฒนาตำรับอาหารท้องถิ่นสำหรับผู้สูงอายุในตำบลเกาะเกิด จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ที่มีคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ มีปริมาณพลังงาน ไขมัน คอเลสเตอรอล โซเดียม และน้ำตาลต่ำ มีโปรตีนสูง วิตามิน และแร่ธาตุสูง อีกทั้งเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยใช้แหล่งวัตถุดิบในท้องถิ่นมาเป็นส่วนประกอบของรายการอาหาร เพื่อส่งเสริมการรับประทานอาหารที่ดีต่อสุขภาพ ส่งเสริมภาวะโภชนาการ ลดปัจจัยทางด้านพฤติกรรมการรับประทานอาหารที่จะส่งผลให้เกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังในผู้สูงอายุ รวมทั้งเป็นการอนุรักษ์อาหารของท้องถิ่นให้คนรุ่นหลังสืบต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. รูปแบบการศึกษาและกลุ่มตัวอย่างงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาแบบการวิจัยและพัฒนา (research and development) เพื่อพัฒนาตำรับอาหารท้องถิ่นให้มีคุณค่าทางโภชนาการเหมาะสมและเป็นที่ยอมรับของผู้สูงอายุในตำบลเกาะเกิด จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยกลุ่มตัวอย่างงานวิจัย ประกอบด้วย กลุ่มที่ 1 ผู้สูงอายุ จำนวน 35 คน ซึ่งดำเนินการเก็บข้อมูลประวัติอาหารเพื่อวิเคราะห์ว่าเมนูอาหารใดได้รับความนิยมในการบริโภคมากที่สุด กลุ่มที่ 2 ผู้รู้ทางด้านอาหารหรือปราชญ์ชาวบ้าน จำนวน 20 คน เพื่อสอบทราบเกี่ยวกับวัตถุดิบ ปริมาณ และขั้นตอนการปรุงประกอบอาหารต้นตำรับ กลุ่มที่ 3 นักศึกษา บุคลากร และอาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จำนวน 60 คน ซึ่งเก็บข้อมูลคะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสเบื้องต้น เพื่อนำคะแนนและข้อคิดเห็นมาปรับปรุงรายการอาหารต้นตำรับก่อนลงพื้นที่จริง กลุ่มที่ 4 ผู้สูงอายุ จำนวน 30 คน ซึ่ง

เก็บข้อมูลคะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสในการพัฒนาตำรับอาหารท้องถิ่นเพื่อผู้สูงอายุ โดยมีผู้สูงอายุ จำนวน 20 คนที่เป็นกลุ่มเดียวกับกลุ่มที่ 1

2. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

2.1 แบบสัมภาษณ์ประวัติอาหาร (Diet History) เป็นการซักประวัติเกี่ยวกับความถี่ของการรับประทานอาหาร เพื่อดูความนิยม ชนิด ประเภท และเพื่อบ่งบอกถึงลักษณะนิสัยในการเลือกบริโภค โดยแบบสอบถามการซักประวัติอาหารทีมผู้วิจัยได้สอบถามถึงประวัติการบริโภคใน 1 เดือนที่ผ่านมา ประกอบไปด้วย 10 ข้อคำถามโดยจะสอบถามตามประเภทอาหารแบ่งเป็น 10 ประเภท คือ 1) แกงที่มีกะทิ 2) แกงที่ไม่มีกะทิ 3) อาหารประเภทนึ่ง 4) อาหารประเภทน้ำพริก 5) อาหารประเภทยำ 6) อาหารประเภททอด 7) อาหารประเภทผัด 8) อาหารจานเดียว 9) อาหารว่าง และ 10) อาหารหวาน โดยข้อคำถามได้อ้างอิงจากงานวิจัยก่อนหน้านี้[5] ยกตัวอย่างข้อคำถามที่ใช้ เช่น ท่านรับประทานแกงที่มีกะทิใดบ้างในช่วง 1 เดือนที่ผ่านมา เช่น แกงเขียวหวาน แกงเทโพ เป็นต้น การเก็บข้อมูลในส่วนนี้เพื่อนำมาวิเคราะห์ว่าเมนูใดที่ผู้สูงอายุนิยมรับประทานมากที่สุด และนำมาคัดเลือกและพัฒนาโดยทีมผู้วิจัย โดยทำการคัดเลือก 10 รายการที่นิยมมากที่สุดเพื่อนำมาพัฒนาเป็นตำรับอาหารเพื่อสุขภาพสำหรับผู้สูงอายุ

2.2 แบบประเมินการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส (Sensory evaluation) การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเป็นการประเมินความพึงพอใจต่ออาหาร โดยมีเกณฑ์การประเมินอาหารทั้ง 10 รายการ คือ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติอาหาร และความชอบโดยรวม ซึ่งโดยหลักการควรมีผู้ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสอย่างน้อย 30 คนต่อรายการอาหาร และคะแนนที่ผู้วิจัยใช้ในการประเมินการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสในงานวิจัยนี้ คือ 5 คะแนน หรือที่เรียกว่าวิธีประเมิน 5-point hedonic scale เนื่องจากการวิจัยในครั้งนี้ศึกษาในกลุ่มผู้สูงอายุ ซึ่งการใช้สเกลขนาด 5 คะแนน จะเป็นการลดความซับซ้อนและความยากลำบากในการให้คะแนนในผู้สูงอายุ การแปลผลคะแนนความพึงพอใจ ดังนี้ ชอบมาก เท่ากับ 4.01-5.00 คะแนน ชอบ เท่ากับ 3.01-4.00 คะแนน ปานกลาง เท่ากับ 2.01-3.00 คะแนน ไม่ชอบ เท่ากับ 1.01-2.00 คะแนน และไม่ชอบมาก เท่ากับ 0.00-1.00 คะแนน

3. การเก็บข้อมูลงานวิจัย

3.1 ติดต่อเทศบาลตำบลเกาะเกิด จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เพื่อขอความอนุเคราะห์เก็บข้อมูล และนำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาตำรับอาหารท้องถิ่นสำหรับผู้สูงอายุ

3.2 ดำเนินการเก็บข้อมูลแบบแผนการบริโภคอาหารโดยใช้แบบสัมภาษณ์ประวัติอาหาร (diet history) ในผู้สูงอายุตำบลเกาะเกิด จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยสอบถามแบบแผนการบริโภคทั้งอาหารคาว อาหารว่าง และอาหารหวานที่ผู้สูงอายุรับประทานในช่วง 1 เดือนที่ผ่านมา

3.3 นำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ประวัติการบริโภคอาหารมาวิเคราะห์ เพื่อเลือกรายการอาหารที่ผู้สูงอายุนิยมรับประทานมากที่สุด โดยรายการอาหารที่ผู้สูงอายุนิยมรับประทานมากที่สุด แบ่งเป็นหมวดอาหารคาว 6 รายการ อาหารว่าง 1 รายการ และอาหารหวาน 3 รายการ จากนั้นทีมผู้วิจัยจึงทำการเก็บข้อมูลจากชาวบ้านหรือปราชญ์ชาวบ้าน โดยใช้แบบบันทึกรายการอาหารต้นตำรับ เพื่อเก็บรายละเอียดของรายการอาหาร ส่วนประกอบ น้ำหนักหรือปริมาณของส่วนประกอบ และวิธีทำ นอกจากนี้ ทีมผู้วิจัยจะสอบถามในเรื่องของการใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นมาทำเป็นอาหาร โดยการเก็บข้อมูลในขั้นตอนนี้ทีมผู้วิจัยจะเลือกบุคคลที่จะให้ข้อมูลดังกล่าว (ผู้รู้ทางด้านอาหารหรือปราชญ์ชาวบ้าน จำนวน 3 ครัวเรือนต่อ 1 รายการอาหาร) เพื่อเปรียบเทียบส่วนประกอบวัตถุดิบในแต่ละสูตร

3.4 ทีมผู้วิจัยทำการสำรวจอาหารในท้องถิ่นโดยการชิมอาหารจากผู้รู้หรือที่ปราชญ์ชาวบ้านได้ปรุงประกอบไว้ให้และชิมอาหารที่ขายในตลาดชุมชน เพื่อเปรียบเทียบรสชาติว่าหลังจากพัฒนาตำรับอาหารเพื่อสุขภาพแล้วจะมีรสชาติใกล้เคียงกับต้นตำรับหรือไม่ (เนื่องจากรายการอาหารไม่สามารถนำมาเก็บไว้ได้เป็นระยะเวลานาน เพราะข้อจำกัดระยะเวลาในการพัฒนากว่าจะแล้วเสร็จ อีกทั้งข้อจำกัดเรื่องการเดินทางลงพื้นที่ในชุมชนของนักศึกษา ทีมผู้วิจัยจึงใช้วิธีการชิม บันทึกรสชาติ และถ่ายรูปลักษณะของอาหารไว้)

3.5 นำข้อมูลแต่ละสูตรจากข้อ 3.3 มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคำนวณคุณค่าสารอาหาร Inmucal- Nutrient V.3 NB.3[6] ว่าสูตรไหนมีคุณค่าทางโภชนาการที่เหมาะสม คือ ไขมันต่ำ โซเดียมต่ำ ไม่หวานมาก และมีส่วนประกอบของรายการอาหารครบถ้วนมากที่สุด และนำสูตรนั้นมาปรับปรุงให้มีพลังงาน ไขมัน โปรตีน วิตามิน และแร่ธาตุ ดีขึ้นกว่าเดิม อีกทั้งยังมีการเพิ่มส่วนประกอบที่เป็นวัตถุดิบในท้องถิ่นเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ

3.6 นำสูตรอาหารที่ดัดแปลงมาทดลองปรุงประกอบ และศึกษาว่ามีรสชาติที่ใกล้เคียงกับสูตรต้นตำรับหรือไม่ โดยการพัฒนารายการอาหารแต่ละรายการจะพึ่งระลึกเสมอถึงรสชาติอาหารต้องอร่อยเป็นที่ยอมรับ ไม่ใช่ดัดแปลงเพื่อให้ดีต่อสุขภาพอย่างเดียว

3.7 นำสูตรอาหารที่ผ่านการทดลองแล้วมาประเมินการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส (sensory evaluation) โดยนักศึกษา เจ้าหน้าที่ และคณาจารย์ และให้แต่ละคนแสดงความคิดเห็นต่อรสชาติหรือความพึงพอใจโดยรวม เพื่อนำมาปรับปรุงสูตรอาหารดังกล่าวให้ดีขึ้น และเพื่อศึกษาปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นก่อนลงพื้นที่จริง (ไม่ได้แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนนี้ไว้ในผลการวิจัย)

3.8 นำคะแนนการประเมินการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส (sensory evaluation) จากข้อที่ 3.7 มาวิเคราะห์เพื่อดูผลการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส และปรับสูตรอาหารโดยทีมผู้วิจัย

3.9 นำสูตรอาหารที่ผ่านการทดลองแล้วมาประเมินการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส (sensory evaluation) โดยใช้ 5-point hedonic scale ในผู้สูงอายุในตำบลเกาะเกิด จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 30 คน ทั้งหมด 10 รายการอาหาร โดยทีมผู้วิจัยได้เตรียมน้ำอุ่นในการกลั้วปากก่อนชิมตัวอย่างอาหารถัดไป เนื่องจากน้ำอุ่นมีกลไกในการละลายสารแคปไซซินซึ่งเป็นสารที่ทำให้พริกเกิดความเผ็ด[7] ซึ่งอาจมีผลต่อการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสรายการอาหารถัดไปได้

3.10 นำคะแนนการประเมินการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส (Sensory evaluation) ของผู้สูงอายุในตำบลเกาะเกิด จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 30 คน มาวิเคราะห์เพื่อดูผลการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส

3.11 ดำเนินการพัฒนาคู่มือตำรับอาหารท้องถิ่นสำหรับผู้สูงอายุจังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยตำรับอาหารนั้นจะประกอบด้วย ชื่ออาหาร รูปภาพอาหาร ส่วนประกอบ วัตถุดิบ น้ำหนักหรือปริมาณส่วนประกอบของวัตถุดิบ ขั้นตอนการเตรียมและการปรุงประกอบ คุณค่าทางโภชนาการเปรียบเทียบระหว่างจากสูตรดั้งเดิมและสูตรดัดแปลง และส่งมอบคู่มือตำรับอาหารท้องถิ่นสำหรับผู้สูงอายุนี้ให้แก่ชุมชนต่อไป

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลอาหาร โดยใช้โปรแกรม Inmucal-Nutrien V.3 NB.3 เพื่อวิเคราะห์หาพลังงานและสารอาหารในเมนูอาหารแต่ละรายการ และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณา (descriptive analysis) ได้แก่ จำนวน (number) ร้อยละ (percent) ค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงแบนมาตรฐาน (standard Deviation) และนำเสนอข้อมูลแบบประเมินทางประสาทสัมผัสจะนำเสนอในรูปของค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงแบนมาตรฐาน (standard Deviation)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์ประวัติอาหาร (diet history) พบว่า ผู้สูงอายุนิยมบริโภคอาหารแกงประเภทที่มีกะทิ ได้แก่ แกงเขียวหวานไก่ ประเภทของแกงที่ไม่มีกะทิ ได้แก่ แกงส้มผักรวม อาหารประเภทนึ่งหรือลวก ได้แก่ ปลานึ่ง และลวกจิ้ม แต่เนื่องจากเมนูดังกล่าวยากต่อการนำมาพัฒนาคุณค่าทางสารอาหารได้ จึงนำอาหารที่ผู้สูงอายุนิยมบริโภครองลงมา คือ ห่อหมกปลาสวายมาพัฒนาให้ดีต่อสุขภาพ อาหารประเภทน้ำพริกหรือหลน ได้แก่ น้ำพริกกะปิ อาหารประเภทยำ ได้แก่ ยำปลาทู อาหารประเภททอดและผัด ได้แก่ ปลาทอด และผัดถั่วฝักยาว แต่เนื่องจากเมนูดังกล่าวยากต่อการนำมาพัฒนาคุณค่าทางสารอาหารได้ จึงตัดหมวดอาหารทอดและผัดออกจากงานวิจัย อาหารประเภทอาหารจานเดียว ที่ได้รับความนิยมรับประทานมากที่สุด ได้แก่ ขนมจีนน้ำยากะทิ อาหารประเภทอาหารว่าง ได้แก่ สาคูไส้หมู อาหารประเภทอาหารหวานหรือขนมหวาน ได้แก่ กล้วยบวชชี ฟักทองแกงบวด และตะโก้

ตารางที่ 1 พลังงานและสารอาหารของรายการอาหารต้นตำรับเปรียบเทียบกับรายการอาหารพัฒนาเพื่อสุขภาพ

รายการอาหาร		พลังงาน (กิโลแคลอรี)	คาร์โบไฮเดรต (ก.)	โปรตีน (ก.)	ไขมัน (ก.)	ไขมันอิ่มตัว (ก.)	คอเลสเตอรอล (มก.)	น้ำตาล (ก.)	ใยอาหาร (ก.)	โซเดียม (มก.)	แคลเซียม (มก.)	เบต้าแคโรทีน (มคก.)	วิตามินเอ (RAE)
แกงเขียวหวานนอกไก่	ต้นตำรับ	456.78	18.60	18.97	34.06	25.05	76.88	8.52	7.08	287.49	51.93	69.35	10.37
	พัฒนาเพื่อสุขภาพ	225.67	11.70	17.71	12.01	6.18	0.00	4.93	2.74	279.44	41.27	170.73	25.07
แกงส้มผักสามสีกับปลานิล	ต้นตำรับ	132.65	10.12	17.80	2.33	0.66	65.45	3.26	1.21	1,181.74	114.66	352.10	57.44
	พัฒนาเพื่อสุขภาพ	122.21	15.85	12.73	0.98	0.36	29.00	6.15	4.46	735.85	83.17	1,114.85	109.96
ห่อหมกปลากราย	ต้นตำรับ	357.05	7.07	13.97	30.33	20.43	139.28	2.53	1.92	172.42	64.32	193.49	69.43
	พัฒนาเพื่อสุขภาพ	148.43	5.25	12.07	8.83	2.82	210.93	1.53	0.66	388.53	107.96	368.99	165.74
น้ำพริกกะปิใส่ปลาซาบะ	ต้นตำรับ	56.79	10.35	3.21	0.28	0.08	0.00	6.14	1.53	1,054.80	81.50	64.52	5.78
	พัฒนาเพื่อสุขภาพ	89.60	14.54	5.98	0.84	0.28	6.60	7.63	3.06	1,070.57	97.26	240.62	20.46
ยำปลาทูมะเขือสองสี	ต้นตำรับ	94.36	5.23	12.85	2.45	0.69	44.00	0.04	2.08	412.04	95.60	102.39	14.50
	พัฒนาเพื่อสุขภาพ	102.26	6.83	13.15	2.48	0.70	44.00	0.66	2.64	414.17	99.74	109.96	15.15
น้ำยากะทิปลาช่อน	ต้นตำรับ	254.20	12.89	14.70	15.98	13.99	84.93	2.90	2.92	1,196.97	71.86	2.09	7.18
	พัฒนาเพื่อสุขภาพ	195.88	13.75	11.38	10.60	9.08	59.60	4.57	2.92	831.70	58.99	185.11	20.36
สาคูไส้ไก่	ต้นตำรับ	323.80	45.66	6.83	12.65	2.79	0.00	21.14	4.84	41.66	57.22	35.27	2.89
	พัฒนาเพื่อสุขภาพ	199.33	31.11	5.60	5.83	1.40	0.00	8.75	2.48	17.99	30.29	15.12	3.02
กล้วยบวชชี	ต้นตำรับ	476.52	46.89	4.52	30.10	27.95	0.00	28.97	4.63	440.29	20.00	0.00	0.00
	พัฒนาเพื่อสุขภาพ	157.41	30.03	1.18	3.62	1.97	0.00	15.56	1.52	133.91	9.43	96.00	8.00
ฟักทองแกงบวด	ต้นตำรับ	140.75	21.35	1.59	5.44	4.80	14.34	17.37	1.27	25.31	21.76	271.13	31.19
	พัฒนาเพื่อสุขภาพ	112.08	16.94	2.01	4.03	2.42	0.00	12.95	1.03	40.49	14.65	317.15	27.08

รายการอาหาร		พลังงาน (กิโลแคลอรี)	คาร์โบไฮเดรต (ก.)	โปรตีน (ก.)	ไขมัน (ก.)	ไขมันอิ่มตัว (ก.)	คอเลสเตอรอล (มก.)	น้ำตาล (ก.)	ใยอาหาร (ก.)	โซเดียม (มก.)	แคลเซียม (มก.)	เบต้าแคโรทีน (มคก.)	วิตามินเอ (RAE)
ตะโก้เผือกไรซ์เบอร์รี	ต้นตำรับ	85.37	17.47	1.04	1.26	1.10	0.00	6.32	0.45	17.45	10.03	11.82	0.99
	พัฒนาเพื่อสุขภาพ	52.37	10.98	0.50	0.72	0.17	0.00	4.33	0.57	40.88	11.78	7.83	0.65

ความหมายของตัวย่อ ก.=กรัม มก.=มิลลิกรัม และ มคก.=ไมโครกรัม

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงแบนมาตรฐานของผลคะแนนการยอมรับทางด้านประสาททางสัมผัสในการพัฒนาตำรับอาหารท้องถิ่นสำหรับผู้สูงอายุ จำนวน 30 คน

ชื่อรายการอาหาร	เกณฑ์การประเมิน				
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติอาหาร	ความชอบโดยรวม
สาคูไส้ไก่	4.23 ± 0.90	4.43 ± 0.63	4.23 ± 0.77	4.07 ± 0.98	4.43 ± 0.68
ยำปลาทูมะเขือสองสี	4.47 ± 0.73	4.50 ± 0.63	4.40 ± 0.77	4.23 ± 0.86	4.43 ± 0.82
น้ำพริกกะปิใส่ปลาซาบะ	4.23 ± 0.94	4.47 ± 0.73	4.37 ± 0.93	4.37 ± 0.85	4.43 ± 0.82
แกงส้มผักสามสีกับปลานิล	4.60 ± 0.62	4.30 ± 0.79	4.30 ± 0.88	4.47 ± 0.78	4.50 ± 0.78
ห่อหมกปลากราย	4.63 ± 0.76	4.60 ± 0.72	4.33 ± 0.88	4.50 ± 0.73	4.57 ± 0.82
แกงเขียวหวานอกไก่	4.48 ± 0.69	4.45 ± 0.87	4.31 ± 0.89	4.24 ± 0.79	4.31 ± 0.76
น้ำยากะทิปลาช่อน	4.53 ± 0.73	4.57 ± 0.63	4.53 ± 0.78	4.70 ± 0.60	4.67 ± 0.71
ตะโก้เผือกข้าวไรซ์เบอร์รี	4.43 ± 0.73	4.30 ± 0.84	4.33 ± 0.84	4.37 ± 0.85	4.40 ± 0.89
ฟักทองแกงบวด	4.57 ± 0.77	4.37 ± 0.76	4.43 ± 0.82	4.60 ± 0.72	4.47± 0.86
กล้วยบวชชี	4.23 ± 0.86	4.23 ± 1.04	4.20 ± 1.06	4.30 ± 0.75	4.27 ± 0.87

จากตารางที่ 1 แสดงพลังงานและสารอาหารของรายการอาหารต้นตำรับเปรียบเทียบกับรายการอาหารพัฒนาเพื่อสุขภาพสำหรับผู้สูงอายุ ทั้ง 10 เมนู โดยกลุ่มอาหารที่มีการปรับลดพลังงาน ไขมันทั้งหมด ไขมันอิ่มตัว และคอเลสเตอรอล ได้แก่ แกงเขียวหวานอกไก่ แกงส้มผักสามสีกับปลานิล ห่อหมกปลากราย น้ำยากะทิปลาช่อน สาคูไส้ไก่ กล้วยบวชชี และฟักทองแกงบวด ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้กะทิธัญพืชและนมถั่วเหลืองน้ำตาลต่ำแทนกะทิธรรมดา มีการปรับใช้น้ำมันรำข้าวแทนน้ำมันปาล์มจึงลดปริมาณไขมันอิ่มตัว และปรับชนิดของเนื้อสัตว์เป็นเนื้อสัตว์ไขมันต่ำ เช่น เปลี่ยนจากเนื้อหมูเป็นเนื้อไก่ในเมนูสาคูไส้ไก่ จึงเป็นการลดปริมาณคอเลสเตอรอลลง โดยกองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ได้แนะนำให้ลดพลังงานลงโดยเฉลี่ย 100 กิโลแคลอรีต่อทุกอายุ 10 ปีที่เพิ่มขึ้นเพราะเมื่อเราอายุมากขึ้น การเผาผลาญพลังงานของร่างกายจะลดลงการบริโภคอาหารที่มีพลังงานมากจนเกินไปอาจส่งผลให้ผู้สูงอายุเกิดภาวะโภชนาการเกินและเป็นสาเหตุการเกิดโรคเรื้อรัง อีกทั้งควรเลือกใช้น้ำมันพืชในการประกอบปรุงอาหาร เช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันข้าวโพด น้ำมันรำข้าว เป็นต้น เพื่อลดปริมาณไขมันอิ่มตัวและป้องกันการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ[8] กลุ่มอาหารที่มีการเพิ่มโปรตีน ได้แก่ น้ำพริกกะปิใส่ปลาซาบะ ยำปลาทูมะเขือสองสี และฟักทองแกงบวด ซึ่งเป็นผลมาจากผู้วิจัยได้เพิ่มเนื้อซาบะย่างในรายการน้ำพริกกะปิและเพิ่มเนื้อปลาทูนึ่งในรายการยำปลาทู จึงทำให้สูตรพัฒนาเพื่อสุขภาพมีโปรตีนสูงกว่าสูตรต้นตำรับซึ่งจากงานวิจัย อีกทั้งยังมีการเพิ่มไข่ขาวลงไปในเมนูฟักทองแกงบวด จากการศึกษาพบว่าโปรตีนช่วยเสริมสร้างและซ่อมแซมเนื้อเยื่อต่างๆ ของผู้สูงอายุ ในวัยผู้ใหญ่โปรตีนควรให้พลังงานได้ถึงร้อยละ 10-12 ของพลังงานทั้งหมดจากอาหาร โดยผู้ที่มีอายุตั้งแต่ 50 ปีขึ้นไป ควรได้โปรตีน 0.8 กรัม/ก.ก./วัน อาหารที่ให้โปรตีนคุณภาพดี ควรได้จากไข่เนื้อสัตว์ต่างๆ เช่น ปลาหรือเนื้อสัตว์สีขาวไม่ติดมัน เพื่อให้ได้กรดอะมิโนที่จำเป็นครบ[9] กลุ่มอาหารที่มีการปรับลดน้ำตาล ได้แก่ แกงเขียวหวานอกไก่ สาคูไส้ไก่ กล้วยบวชชี ฟักทองแกงบวด และตะโก้เผือกไรซ์เบอร์รี ซึ่งเป็นผลมาจากการลดปริมาณน้ำตาลจากสูตรตำรับ กลุ่มอาหารที่มีการเพิ่มใยอาหาร ได้แก่ แกงส้มผักสามสีกับปลานิล และน้ำพริกกะปิใส่ปลาซาบะ ซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มส่วนประกอบดอกแคสีม่วงในเมนูแกงส้ม และเพิ่มมะอึกและมะเขือพวงในเมนูน้ำพริกกะปิ ซึ่งวัตถุดิบเหล่านี้มีใยอาหารสูง โดยดอกแคสีม่วง มะเขือพวง และมะอึก 100 กรัม มีใยอาหาร 6 14 และ 4 กรัม ตามลำดับ[6] การเพิ่มวัตถุดิบเหล่านี้ลงไปในอาหารจึงช่วยให้เมนูอาหารมีใยอาหารเพิ่มขึ้น มีการศึกษาวิจัยพบว่าใยอาหารที่ละลายน้ำจะช่วยลดการดูดซึมของน้ำตาลที่เยื่อบุผิวของลำไส้ ลดการดูดซึมของไขมัน จึงมีประโยชน์ต่อการควบคุมระดับกลูโคสและไขมันในเลือด ส่วนใยอาหารชนิดหยาบจะทำให้เกิดเนื้ออุจจาระมาก มีช่วยในการส่งเสริมระบบขับถ่ายในผู้สูงอายุให้มีความสมดุลมากขึ้น[10] กลุ่มอาหารที่มีการลดโซเดียม ได้แก่ แกงส้มผักสามสีกับปลานิล น้ำยากะทิปลาช่อน สาคูไส้ไก่ และกล้วยบวชชี ซึ่งเป็นผลมาจากการลดปริมาณเกลือจากสูตรตำรับ การลดปริมาณโซเดียมจะช่วยลดความดันโลหิต[11] ลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคไต[12] และโรคเรื้อรังต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง กลุ่มอาหารที่มีการเพิ่มแคลเซียม ได้แก่ ห่อหมกปลากราย และน้ำพริกกะปิใส่ปลาซาบะ ซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มปริมาณใบยอในเมนูห่อหมกปลากรายมากขึ้นจากสูตรเดิม และเพิ่มมะเขือพวงในเมนูน้ำพริกกะปิ ซึ่งใบยอและมะเขือพวงเป็นแหล่งอาหารที่มีแคลเซียมสูง โดย 100 กรัม จะมีแคลเซียม 182 และ 469 มิลลิกรัม ตามลำดับ[6] โดยแคลเซียมในอาหารจะส่งผลต่อดีต่อมวลกระดูกในผู้สูงอายุ[13] กลุ่มอาหารที่มีการปรับเพิ่มเบต้าแคโรทีนและวิตามินเอ ได้แก่ แกงเขียวหวานอกไก่ แกงส้มผักสามสีกับปลานิล ห่อหมกปลากราย น้ำพริกกะปิใส่ปลาซาบะ น้ำยากะทิปลาช่อน กล้วยบวชชี และฟักทองแกงบวด โดยปกติร่างกายของมนุษย์เราสามารถเปลี่ยนเบต้าแคโรทีนไปเป็นวิตามินเอได้ เนื่องจากเบต้าแคโรทีนเป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ (pro vitamin A) โดยกลุ่มอาหารเหล่านี้มีเบต้าแคโรทีนและวิตามินเอสูงเนื่องจากการใช้ขมิ้นชัน ผักบุ้ง แครอท ดอกแค ใบยอ มะอึก กล้วย และฟักทอง ซึ่งเป็นแหล่งของเบต้าแคโรทีนและวิตามินเอ[14] มีการศึกษาพบว่าแบต้าแคโรทีนในพืชนั้นบำรุงสุขภาพของดวงตา เบต้าแคโรทีน เมื่อโดนย่อยสลายที่ตับแล้วจะได้เป็นวิตามินเอ ซึ่งร่างกายนำไปใช้สร้างสารโรดอปซินในดวงตา ส่วนเรตินาทำให้ตามีความสามารถในการมองเห็นในตอนกลางคืน และยังลดความเสื่อมของเซลล์ของลูกตา ลดความเสี่ยงต่อการเป็นต้อกระจกซึ่งมักพบในวัยผู้สูงอายุ[15]

หลังจากดำเนินการปรับสูตรอาหารโดยใช้วัตถุดิบท้องถิ่นและใช้โปรแกรมคำนวณคุณค่าสารอาหาร จนได้สูตรที่มีคุณค่าทางโภชนาการเหมาะสมกับผู้สูงอายุ จำนวน 10 รายการ จึงนำรายการอาหารทั้งหมดมาประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยผู้สูงอายุ จำนวน 30 คน ผลการทดลอง พบว่าคะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสในการพัฒนาตำรับอาหารท้องถิ่น ทั้ง 10 รายการอาหาร มีคะแนนเฉลี่ยทุกด้าน ทั้งลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติอาหาร และความชอบโดยรวม อยู่ในเกณฑ์ชอบมาก

(คะแนน ≥4.01 ขึ้นไป) โดยเมนูแกงส้มผักสามสีกับปลานิลและห่อหมกปลากราย มีคะแนนลักษณะปรากฏสูงที่สุด (4.60 และ 4.63 ตามลำดับ) เนื่องจากลักษณะของอาหารทั้งสองจะค่อนข้างโดดเด่นกว่าเมนูอื่นๆ ส่วนเมนูห่อหมกปลากรายและน้ำยากะทิปลาช่อน มีคะแนนสีสูงที่สุด (4.60 และ 4.57 ตามลำดับ) เนื่องจากทั้งสองเมนูมีสีส้มสดใสน่ารับประทาน ส่วนน้ำยากะทิปลาช่อนและฟักทองแกงบวด มีคะแนนกลิ่นสูงที่สุด (4.53 และ 4.43 ตามลำดับ) เนื่องจากผู้สูงอายุกล่าวว่าได้กลิ่นเครื่องแกงจากเมนูน้ำยากะทิปลาช่อนและหอมกลิ่นนมถั่วเหลืองและไข่ขาวจากเมนูฟักทองแกงบวด อีกทั้งเมนูน้ำยากะทิปลาช่อนและฟักทองแกงบวด ยังมีคะแนนรสชาติอาหารสูงที่สุด (4.70 และ 4.60 ตามลำดับ) โดยผู้สูงอายุกล่าวว่าทั้งสองเมนูรสชาติอร่อยกว่าสูตรต้นตำรับ โดยเมนูน้ำยากะทิปลาช่อนถึงรสชาติของเครื่องแกง ส่วนเมนูฟักทองแกงบวดน้ำกะทิมีรสชาติกลมกล่อมและเนื้อสัมผัสนิ่มๆ ของไข่ข่าว ถัดไปคือเมนูห่อหมกปลากรายและน้ำยากะทิปลาช่อน จะมีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด (4.57 และ 4.67 ตามลำดับ) เนื่องจากองค์ประกอบที่กล่าวไปแล้วข้างต้นคือทั้งสองเมนูนี้จะมีลักษณะปรากฏ สีสันสดใส กลิ่นของเครื่องแกงที่โดดเด่น และรสชาติที่อร่อยโดดเด่นกว่าเมนูอื่นๆ (ตารางที่ 2)

สรุป

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาเมนูอาหารที่ได้รับความนิยมและนำมาพัฒนาให้ดีต่อสุขภาพ ผู้วิจัยได้มีการทดลองปรุงประกอบอาหารให้มีรสชาติเป็นที่ยอมรับ จนทำให้อาหารทั้ง 10 รายการเป็นที่ยอมรับของผู้สูงอายุตำบลเกาะเกิด จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และพัฒนาตำรับอาหารท้องถิ่นให้มีคุณค่าทางโภชนาการที่เหมาะสม คือ พลังงาน ไขมัน ไขมันอิ่มตัว น้ำตาล และโซเดียมต่ำ แต่มีปริมาณโปรตีน ใยอาหาร แคลเซียม วิตามินเอ และเบต้าแคโรทีนสูง ส่วนผลคะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสในการพัฒนาตำรับอาหารท้องถิ่นเพื่อผู้สูงอายุ มีคะแนนเฉลี่ยทุกด้านอยู่ในเกณฑ์ชอบมาก ดังนั้น โภชนาการในผู้สูงอายุจึงเป็นเรื่องที่ต้องใส่ใจมากเป็นพิเศษ เพราะเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อสุขภาพของผู้สูงอายุ การมีภาวะโภชนาการที่ดียังช่วยในการต้านทานโรค ลดการติดเชื้อ การเจ็บป่วยและการเสียชีวิต ตลอดจนส่งผลให้มีชีวิตที่ยืนยาว การศึกษาในอนาคตควรทดสอบตำรับอาหารในผู้สูงอายุพื้นที่อื่นๆ และในประชากรกลุ่มใหญ่กว่านี้ หรือนำไปทดลองใช้กับผู้สูงอายุหรือบุคคลที่มีปัญหาสุขภาพ เช่น น้ำหนักเกิน ระดับน้ำตาลในเลือดสูง เพื่อศึกษาว่าตำอาหารนี้จะช่วยให้ปัญหาสุขภาพดีขึ้นหรือไม่ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผู้สูงอายุ นายกและเจ้าหน้าที่องค์การบริหารส่วนตำบลเกาะเกิด จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ที่เอื้ออำนวยสถานที่และให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูลเพื่อการพัฒนาตำรับอาหารเป็นอย่างดียิ่ง และขอขอบคุณนักศึกษาชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาโภชนาการและการกำหนดอาหาร รุ่นที่ 2 ที่ช่วยดำเนินการเก็บข้อมูลจนเสร็จสิ้นสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

1. ขวัญเรือน สมหาญ. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการบริโภคอาหารท้องถิ่นภาคเหนือของนักเรียนโรงเรียนโปลีเทคนิคลานนา จังหวัดเชียงใหม่. การค้นคว้าแบบอิสระ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาโภชนศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2545.
2. รศรินทร์ เกรย์ และคณะ. มโนทัศน์ใหม่ของนิยามผู้สูงอายุ : มุมมองเชิงจิตวิทยาสังคมและสุขภาพ. นครปฐม : สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล. [อินเตอร์เน็ต]. 2556 [เข้าถึงเมื่อ 2561 พฤษภาคม 6]. เข้าถึงได้จาก: http://www.ipsr.mahidol.ac.th/ipsrbeta/FileUpload/PDF/Report-File-419.pdf.
3. กรมกิจการผู้สูงอายุ. ข้อมูลสถิติจำนวนผู้สูงอายุประเทศไทย ปี 2561 ด้วยระบบ POWER BI. [อินเตอร์เน็ต]. 2561 [เข้าถึงเมื่อ 2562 พฤษภาคม 15]. เข้าถึงได้จาก: http://www.dop.go.th/th/know/1/153.
4. ณัฐพง ตั้งสุภูมิ. การรับรสที่เปลี่ยนแปลงในผู้สูงอายุ. [อินเตอร์เน็ต]. 2557 [เข้าถึงเมื่อ 6 พฤษภาคม 2561]. เข้าถึงได้จาก: https://www.prachachat.net/news_detail.

5. พัศมัย เอกก้านตรง, อรพินท์ บรรจง, อทิตดา บุญประเดิม และจินต์ จรูญรักษ์. การพัฒนาตำรับอาหารท้องถิ่นสำหรับผู้สูงอายุ. วารสารวิจัยระบบสาธารณสุข. 2553; 4(2): 249-56.
6. สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล. โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปคำนวณสารอาหาร INMUCAL-Nutrients V3 ฐานข้อมูลชุด NB3. นครปฐม; 2556.
7. Yumi Sakugawa. 9 ways to cool down your burning hot mouth after eating really spicy foods. [Internet]. 2019 [Cited 30 March 2019]. Available from: https://thesecretyumiverse.wonderhowto.com/how-to/9-ways-cool-down-your-burning-hot-mouth-after-eating-really-spicy-foods-0154031/.
8. รุจิรา สัมมะสุต. ความต้องการพลังงานและสารอาหารของผู้สูงอายุ. [อินเตอร์เน็ต]. 2543 [เข้าถึงเมื่อ 2561 ธันวาคม 16]. เข้าถึงได้จาก: http://www.elib-online.com/doctors2/senile_food01.html.
9. กรมอนามัย. ข้อกำหนดอาหารสำหรับคนไทย. [อินเตอร์เน็ต]. 2556 [เข้าถึงเมื่อ 2561 ธันวาคม 6]. เข้าถึงได้จาก: http://nutrition.anamai.moph.go.th/.
10. ประสงค์ เทียนบุญ. ใยอาหาร. [อินเตอร์เน็ต]. ม.ป.ป. [เข้าถึงเมื่อ 2561 ธันวาคม 5]. เข้าถึงได้จาก: http://www.med.cmu.
ac.th/dept/nutrition/DATA/COMMON/.
11. Graudal NA, Hubeck-Graudal T, Jurgens G. Effects of low sodium diet versus high sodium diet on blood pressure, renin, aldosterone, catecholamines, cholesterol, and triglyceride. Cochrane Database Syst Rev. 2017 Apr 9; 4: CD004022. doi: 10.1002/14651858.CD004022.pub4.
12. Rebholz CM, *et al.* DASH (Dietary Approaches to Stop Hypertension) diet and risk of subsequent kidney disease. Am J Kidney Dis. 2016 Dec; 68(6): 853-861. doi: 10.1053/j.ajkd.2016.05.019.
13. Hu JF, Zhao XH, Jia JB, Parpia B, Campbell TC. Dietary calcium and bone density among middle-aged and elderly women in China. Am J Clin Nutr. 1993 Aug; 58(2): 219-27.
14. สำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. เบต้าแคโรทีน (Beta-carotene). [อินเตอร์เน็ต]. 2557 [เข้าถึงเมื่อ 2562 พฤษภาคม 15]. เข้าถึงได้จาก: http://nutrition.anamai.moph.go.th/images/file/studen_beta_58.pdf.
15. วรัทยา รักอยู่ และมาริสา ขวัญเมือง. เบต้าแคโรทีน. [อินเตอร์เน็ต]. 2557 [เข้าถึงเมื่อ 2561 ธันวาคม 1]. เข้าถึงได้จาก: http://nutrition.anamai.moph.go.th/images/file/studen_beta_58.pdf.

[HS-P10] การพัฒนาตำรับอาหารท้องถิ่นสูตรลดพลังงาน

Development of the Reduced Calories-Thai Local Food Recipe

สาธิดา เจรียงโรจน์[1], สมศักดิ์ เหมือนชอบ[1], รัชนี ศรีโกศล[1], อุไรภรณ์ บูรณสุขสกุล[2], อลงกต สิงห์โต[2], และ นริศา เรืองศรี*[2]
Sathida Jriangrot[1], Somsak Muenchop[1], Ratchanee Srikosol[1], Uraiporn Booranasuksakul[2], Alongkote Singhato[2], and Narisa Rueangsri*[2]
[1]*สาขาวิชาชีวเวชศาสตร์ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา*
[2]*สาขาวิชาโภชนบำบัดและการกำนดอาหาร คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา*
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: narisa.nr@gmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาตำรับอาหารไทยที่ได้รับการคัดเลือก โดยปรับลดพลังงานที่ใช้จากเครื่องปรุงต่างๆ เพื่อให้มีความเหมาะสมกับสุขภาพของประชากรในพื้นที่จังหวัดชลบุรี เมนูฉู่ฉี่ปลาทูเป็นรายการอาหารที่ได้รับการคัดเลือกให้ใช้เป็นตำรับอาหารที่พัฒนาในการวิจัยครั้งนี้จากการสำรวจในอาสาสมัครจำนวน 520 คน จากนั้น เมนูอาหารดังกล่าวได้รับการปรุงโดยดัดแปลงส่วนประกอบต่างๆเพื่อลดปริมาณพลังงานรวมถึงปริมาณโซเดียมในอาหาร ทำการทดสอบความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสในอาสาสมัครจำนวน 30 คนเพื่อประเมินความพึงพอใจในด้านต่างๆ ได้แก่ ด้านลักษณะที่ปรากฏ ด้านสี ด้านรสชาติ ด้านกลิ่นขณะเคี้ยว ด้านเนื้อสัมผัส และความพึงพอใจโดยภาพรวม ผลที่ได้พบว่า คะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยของอาสาสมัครที่มีต่อเมนูอาหารฉู่ฉี่ปลาทูสูตรดัดแปลงสูงกว่าอย่างสูตรต้นตำรับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกด้าน ($p<0.05$) ยกเว้นด้านกลิ่น นอกจากนี้ คะแนนความพึงพอใจโดยภาพรวมเฉลี่ยของฉู่ฉี่ปลาทูสูตรดัดแปลงบ่งชี้ว่าอาสาสมัครพึงพอใจต่อตำรับดังกล่าง จากผลที่ได้สามารถสรุปได้ว่า รายการอาหารเมนูฉู่ฉี่ปลาทูสูตรลดพลังงานที่ได้รับการพัฒนาขึ้นได้รับการยอมรับจากอาสาสมัคร

คำสำคัญ: *อาหาร, โภชนาการ, ความพึงพอใจทางประสาทสัมผัส, โรคไม่ติดต่อเรื้อรัง*

Abstract

This study aimed to develop the Thai ethnic food recipe with reducing calories by seasonings and ingredients modification to determine the satisfaction among participants in Chonburi province. Chu Chee Pla Tu was the menu most selected by 520 participants to be the food sample of this study. The recipe modification was prepared for lowering calories and sodium. Then, the sensory evaluation was conducted among 30 participants to determine their satisfaction on appearance, color, taste, flavor, texture, and overall satisfaction toward the developed Chu Chee Pla. Results revealed that the modified recipe had the average satisfaction scores significantly higher than the original recipe in all aspects ($p<0.05$), except for flavor. Moreover, the average overall satisfaction score of the modified recipe had indicated participants were satisfied on the developed recipe. In conclusion, the developed reduced calories-Thai local food, Chu Chee Pla Tu, was acceptable to participants.

Keywords: *food, nutrition, sensory evaluation, non-communicable diseases*

บทนำ

ปัญหาโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (non-communicable diseases; NCDs) ถือเป็นปัญหาทางด้านสาธารณสุขสำคัญที่หลายประเทศกำลังเผชิญ มีลักษณะการดำเนินโรคแบบค่อยเป็นค่อยไปและใช้เวลานาน ส่งผลต่อการลดคุณภาพชีวิตและเพิ่มอัตราการเสียชีวิตของประชากร[1] นอกจากนี้ยังพบว่า ปัญหาการเจ็บป่วยโรคไม่ติดต่อเรื้อรังนั้นส่งผลทำให้ผู้ป่วยต้องมีภาระค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นจากการที่ต้องรักษาตัวในโรงพยาบาลและสถานบริการสุขภาพ ทำให้รัฐบาลในหลายประเทศต้องสิ้นเปลืองงบประมาณในการดูแลสุขภาพของประชากรในกลุ่มนี้เมื่อเกิดความเจ็บป่วย[2,3] จากตัวอย่างงานวิจัยก่อนหน้าในประเทศต่างๆ พบว่าอัตราส่วนความชุกของประชากรที่เจ็บป่วยด้วยโรคไม่ติดต่อเรื้อรังอยู่ในระดับที่สูง เช่น ตัวอย่างการวิจัยในประเทศอินเดีย พบอัตราส่วนการเจ็บป่วยโรคไม่ต่อเรื้อรังของประชากรอินเดียคิดเป็นร้อยละ 15-30[4] และการวิจัยในประเทศปากีสถาน พบว่าอัตราการเจ็บป่วยด้วยโรคความดันโลหิตสูง ซึ่งเป็นโรคไม่ติดต่อเรื้อรังชนิดหนึ่งคิดเป็นร้อยละ 40 ของประชากร[5] ในขณะที่งานวิจัยในประเทศไทยนั้น พบว่าประชากรไทยมีอัตราส่วนการเจ็บป่วยด้วยโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่สูงเช่นกัน โดยพบว่า อัตราการเสียชีวิตจากโรคหัวใจและหลอดเลือดของประชากรไทยมีสัดส่วนที่ 29 คน ต่อประชากร 100,000 คน และอัตราส่วนการเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดสมองมีสัดส่วนที่ 25 คนต่อประชากร 100,000 คน[6] เป็นต้น ปัจจัยที่เป็นสาเหตุหลักของการเพิ่มความเสี่ยงต่อการเจ็บป่วยด้วยโรคไม่ติดต่อเรื้อรังต่างๆนั้นพบว่า เกิดจากพฤติกรรมการรับประทานอาหารที่ไม่เหมาะสมของผู้ป่วย ที่มีการรับประทานอาหารที่ให้พลังงานสูง ทั้งจากไขมันและน้ำตาล รวมไปถึงการได้รับโซเดียมที่เกินคำแนะนำเป็นเวลานาน ควบคู่กับการไม่ค่อยได้เคลื่อนไหวร่างกายและไม่ออกกำลังกาย ทำให้ร่างกายมีการสะสมพลังงานส่วนเกินมากขึ้น ก่อให้เกิดภาวะน้ำหนักตัวเกินและเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังต่างๆในที่สุด[7] โดยเฉพาะพฤติกรรมการรับประทานอาหารนั้น พบว่าในปัจจุบันลักษณะการดำเนินชีวิตของคนไทยมีการเปลี่ยนแปลงไปจากอดีต อันเนื่องมาจากการขยายตัวของเขตเมืองที่ทำให้วิถีชีวิตของคนในปัจจุบันมีความเร่งรีบมากขึ้น จึงทำให้ประชากรนิยมหันมารับประทานอาหารจานด่วน (fast food) กันมากขึ้น ซึ่งพบว่าอาหารจานด่วนส่วนใหญ่นั้นมักมีส่วนประกอบที่มีไขมัน น้ำตาล และโซเดียมในปริมาณที่สูง[8] จากการวิจัยก่อนหน้าพบว่า พฤติกรรมการรับประทานอาหารจานด่วนติดต่อกันเป็นเวลานานนั้น เป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่เพิ่มความเสี่ยงต่อภาวะน้ำหนักตัวเกินเกณฑ์ที่นำไปสู่การเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง[9] นอกจากนี้ อาหารจานด่วนซึ่งมีโซเดียมสูงที่มาในรูปแบบของการใช้เครื่องปรุงรสเป็นเหตุให้ผู้บริโภคได้รับโซเดียมเกินคำแนะนำที่ร่างกายควรได้รับในแต่ละวัน ทำให้เพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ได้แก่ โรคความดันโลหิตสูง โรคไตเรื้อรัง[10] โดยนอกจากอาหารจานด่วนแล้ว พบว่าในปัจจุบัน อาหารที่มีการวางขายตามร้านอาหารในประเทศไทยและต่างประเทศที่เป็นอาหารท้องถิ่นเองก็มีการใช้เครื่องปรุงและไขมันในการประกอบอาหารในปริมาณมาก[11] ดังนั้น การส่งเสริมให้ผู้บริโภคปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการรับประทานอาหารโดยเลือกรับประทานอาหารที่มีพลังงานจากไขมันและน้ำตาลน้อยลง รวมถึงการหลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารที่มีโซเดียมสูง จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่พิสูจน์ได้ว่ามีส่วนช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังของประชากรได้[12]

จังหวัดชลบุรีเป็นจังหวัดติดทะเลที่ตั้งอยู่ในภาคตะวันออกของประเทศไทย โดยถือเป็นจังหวัดที่มีความสำคัญกับเศรษฐกิจของประเทศที่สุดจังหวัดหนึ่ง เนื่องจากเป็นที่ตั้งของนิคมอุตสาหกรรมหลายแห่ง และเป็นจังหวัดที่มีแหล่งท่องเที่ยวที่มีชื่อเสียงเป็นที่นิยมของชาวต่างชาติ นอกจากนี้ จังหวัดชลบุรียังเป็นหนึ่งในจังหวัดที่อยู่ภายใต้นโยบายเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (Eastern Economic Corridor; EEC) ซึ่งรัฐบาลมีการวางแผนยกระดับโครงสร้างพื้นฐานและระบบอุตสาหกรรมของภูมิภาคตะวันออก ดังนั้น จังหวัดชลบุรีจึงเป็นจังหวัดที่มีความหนาแน่นของประชากรที่สูงจังหวัดหนึ่งของประเทศ ทำให้ความต้องการบริการทางการแพทย์และแนวโน้มการพบอัตราส่วนของผู้ป่วยโรคไม่ติดต่อเรื้อรังมีแนวโน้มสูงขึ้นตามไปด้วย โดยจากการวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ประชากรที่อาศัยอยู่ในจังหวัดชลบุรีมีพฤติกรรมการรับประทานอาหารที่ไม่เหมาะสมกับสุขภาพและมีสัดส่วนของการเกิดภาวะน้ำหนักตัวเกินเกณฑ์ที่ค่อนข้างมาก[13] การพัฒนาตำรับอาหารเพื่อลดปริมาณพลังงานและโซเดียมที่เข้ากับบริบทและคุ้นเคยกับคนในท้องถิ่นจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยส่งเสริมภาวะสุขภาพ และเพื่อให้ประชากรในท้องถิ่นมีทางเลือกในการรับประทานอาหารเพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติอต่อเรื้อรังได้ จากรายงานวิจัยก่อนหน้าพบว่า มีการพัฒนาตำรับอาหารท้องถิ่นของภูมิภาคต่างๆ โดยปรับลดปริมาณพลังงานและเครื่องปรุงเพื่อให้มีความเหมาะสมกับสุขภาพของประชากร เช่น การ

พัฒนาอาหารท้องถิ่นของภาคเหนือ การพัฒนาอาหารท้องถิ่นของภาคใต้ เป็นต้น[14,15] อย่างไรก็ตามในปัจจุบันยังพบการพัฒนาตำรับอาหารท้องถิ่นสำหรับคนในภาคตะวันออกที่ผ่านการทดสอบความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสอยู่อย่างจำกัด จึงเป็นที่มาของการวิจัยครั้งนี้ในการพัฒนาตำรับอาหารสูตรลดพลังงานที่ได้รับยอมรับและความพึงพอใจของอาสาสมัครในจังหวัดชลบุรี

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบ Experimental study design ดำเนินการวิจัยที่มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตบางแสน จังหวัดชลบุรี มีการพัฒนาเครื่องมีที่ใช้ในการวิจัยและขั้นตอนต่างๆดังนี้

1. การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.1 การพัฒนาแบบสอบถามที่ใช้ในการสำรวจเมนูอาหารที่นิยมของอาสาสมัคร

ผู้วิจัยได้พัฒนาแบบสอบถามที่เป็นลักษณะเป็นแบบสอบถามปลายปิด เพื่อใช้ในการสำรวจเมนูอาหารในการใช้เป็นเมนูอาหารที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย โดยแบบสอบถามประกอบด้วยเมนูอาหารที่พบได้ทั่วไปในท้องถิ่นของจังหวัดชลบุรี จำนวน 20 รายการ ทำการสอบถามในกลุ่มอาสาสมัครที่มีสุขภาพดีทั้งเพศชายและเพศหญิงที่อาศัยอยู่ในจังหวัดชลบุรี จำนวน 520 คน[16] โดยให้อาสาสมัครเลือกตอบเมนูอาหารที่ปรากฏอยู่ในแบบสอบถามที่ตนเองชอบรับประทานมากที่สุด 1 เมนู จากนั้นเมนูอาหารที่ได้รับการเลือกมากที่สุดจากอาสาสมัครเป็นเมนูที่ใช้การดัดแปลงพลังงานเพื่อใช้ในการประเมินความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสในขั้นตอนต่อไป ตัวอย่างเมนูอาหารที่ปรากฏในแบบสอบถามเช่น พะแนงไก่ ฉู่ฉี่ปลาทู ผัดขี้เมาไก่ เป็นต้น

1.2 การพัฒนาแบบทดสอบความพึงพอใจทางประสาทสัมผัส

เป็นแบบสอบถามปลายปิด ดัดแปลงจากแบบสอบถาม 9 level-hedonic scale ซึ่งเป็นแบบสอบถามที่ใช้ในการทดสอบความพึงพอใจของอาสาสมัครที่มีต่ออาหาร เป็นแบบสอบถามที่นิยมและเป็นที่ยอมรับในเรื่องของความเที่ยงตรงในวงการอาหารและโภชนาการ[19] ลักษณะคำถามแบ่งออกเป็นการสอบถามระดับความพึงพอใจของอาสาสมัครที่มีต่อตัวอย่างอาหารในด้านต่างๆ ได้แก่ ด้านลักษณะที่ปรากฏ (appearance) ด้านสี (color) ด้านรสชาติ (taste) ด้านกลิ่นขณะเคี้ยว (favor) ด้านเนื้อสัมผัส (texture) และความพึงพอใจ โดยภาพรวม (overall satisfaction) โดยมีเกณฑ์ในการให้คะแนนคือ ชอบที่สุด=9 คะแนน ชอบมาก=8 คะแนน ชอบปานกลาง=7 คะแนน ชอบเล็กน้อย=6 คะแนน เฉยๆ=5 คะแนน ไม่ชอบเล็กน้อย=4 คะแนน ไม่ชอบปานกลาง=3 คะแนน ไม่ชอบมาก=2 คะแนน ไม่ชอบที่สุด=1 คะแนน (รูปที่ 1) โดยหากตำรับอาหารมีคะแนนความพึงพอใจโดยภาพรวมเฉลี่ยมากกว่า 7 คะแนนขึ้นไปจึงถือว่าอาสาสมัครให้การยอมรับต่อตำรับอาหารดังกล่าว[18]



ภาพที่ 1 ตัวอย่างแบบสอบถาม 9 level-hedonic scale

1.3 การพัฒนาตำรับอาหารที่มีการปรับลดพลังงานที่ใช้ในการวิจัย

เมนูอาหารที่ได้จากการเลือกมากที่สุดของอาสาสมัคร เป็นเมนูที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ โดยผู้วิจัยทำการเตรียมวัตถุดิบต่างๆและขั้นตอนในการปรุงเมนูอาหาร ณ ห้องปฏิบัติการโภชนคลินิก คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตบางแสน โดยเมนูที่ใช้ในการเป็นตัวอย่างอาหารนั้นทำการแบ่งออกเป็น 2 สูตรคือสูตรต้นตำรับและสูตรดัดแปลง โดยสูตรที่มีการดัดแปลงนั้น มีการดัดแปลงส่วนประกอบต่างๆของตำรับอาหารเพื่อลดพลังงาน เช่น การใช้กะทิธัญพืชแทนการใช้กะทิปกติ การลดการใช้ปริมาณน้ำมันในการปรุง การใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาลแทนการใช้น้ำตาลทรายในการปรุง การเลือกใช้เครื่องปรุง KCl ทดแทนเครื่องปรุงรสปกติที่มีสูตรทางเคมี NaCl เพื่อลดปริมาณโซเดียมในอาหาร เป็นต้น ทำการคำนวณปริมาณพลังงานและ

การกระจายพลังงานด้วยโปรแกรมวิเคราะห์สารอาหารสำเร็จรูป INMUCAL-Nutrients version 3.0 พัฒนาโดยสถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล ขั้นตอนในการเตรียมและปรุงอาหารดัดแปลงจากหนังสือคู่มือการปรุงอาหารไทย[19]

โดยแบบสอบถามทุกชุดได้รับการตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ในแบบสอบถามโดยผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญด้านอาหารและโภชนาการจำนวน 3 ท่าน จากนั้น แบบสอบถามทุกชุดที่ได้รับการแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิและขั้นตอนการดำเนินการวิจัยได้รับการรับรองจริยธรรมการวิจัยจากคณะอนุกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา โดยผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามที่ผ่านการรับรองจริยธรรมไปทดสอบความเข้าใจในเนื้อหาของแบบสอบถามในกลุ่มอาสาสมัครนำร่องจำนวน 12 คน ที่มีลักษณะพื้นฐานใกล้เคียงกับอาสาสมัครที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย[20]

2. อาสาสมัครที่ใช้ในการวิจัย

ในขั้นตอนการทดสอบความพึงพอใจทางประสาทสัมผัส ผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกอาสาสมัครจำนวน 30 คน[21] ทั้งเพศชายและเพศหญิงที่อาศัยอยู่ในจังหวัดชลบุรีโดยมีเกณฑ์ในการคัดเข้าคือ อายุระหว่าง 20-50 ปี เป็นผู้มีสุขภาพดีไม่มีโรคประจำตัว เชื้อชาติไทยสัญชาติไทย สามารถอ่านและเขียนภาษาไทยได้ และเกณฑ์ในการคัดออกคือ ผู้ที่มีความบกพร่องในการรับรสและรับกลิ่นของอาหาร ผู้ที่เป็นโรคตาบอดสี ผู้ที่มีความบกพร่องทางสติปัญญา ผู้ที่มีประวัติแพ้อาหาร อาสาสมัครที่มีความผิดปกติทางช่องปากที่มีผลต่อการเคี้ยวหรือกลืน อยู่ในช่วงตั้งครรภ์หรือให้นมบุตร และอาสาสมัครที่ทำผิดขั้นตอน

3. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.1 การประชาสัมพันธ์โครงการวิจัย

ผู้วิจัยได้ประชาสัมพันธ์โครงการวิจัยโดยติดแผ่นป้ายประชาสัมพันธ์ที่บอร์ดประชาสัมพันธ์บริเวณต่างๆของมหาวิทยาลัยบูรพาและเขตเทศบาลเมืองแสนสุข จังหวัดชลบุรี นอกจากนี้ มีการประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อสังคมออนไลน์ประเภทต่างๆ และเมื่อได้อาสาสมัครที่มีความสนใจเข้าร่วมโครงการที่มีคุณสมบัติตรงตามเกณฑ์คัดเข้าและคัดออกที่กำหนดแล้ว ในอีก 1 สัปดาห์ต่อมา ผู้วิจัยได้นัดหมายอาสาสมัครมาที่คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพาเพื่อชี้แจงรายละเอียดของโครงการวิจัย วัตถุประสงค์ ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยต่างๆ จากนั้นจึงให้อาสาสมัครเซ็นใบยินยอมการเข้าร่วมโครงการวิจัย

3.2 ขั้นตอนการทดสอบความพึงพอใจทางประสาทสัมผัส

เมื่ออาสาสมัครรับทราบรายละเอียดการดำเนินการวิจัยและเซ็นใบยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยแล้ว ในขั้นตอนต่อไปอาสาสมัครถูกเชิญให้เข้าไปในห้องปฏิบัติการโภชนคลินิก โดยผู้วิจัยได้จัดทำฉากกั้นที่จัดเตรียมไว้ให้ อาสาสมัครนั่งประจำที่ของตนในแต่ละช่องที่มีฉากกั้นไว้แล้วได้รับการเสิร์ฟตัวอย่างอาหารในถ้วยพลาสติกขนาดเล็ก ในแต่ละถ้วยนั้นมีการลงรหัสเป็นอักษร A และ B แทนสัญลักษณ์เมนูอาหารแต่ละสูตร โดยในขณะที่ชิมนั้น อาสาสมัครไม่สามารถทราบได้ว่ารหัสนั้นเป็นสูตรใด นอกจากนี้แต่ละช่องที่อาสาสมัครนั่งประจำที่มีการเตรียมน้ำเปล่าในแก้วและกระดาษทิชชู่ โดยอาสาสมัครต้องกลั้วปากด้วยน้ำเปล่าที่เตรียมไว้ให้ก่อนชิมตัวอย่างอาหารในแต่ละสูตรทุกครั้งเพื่อลดรสชาติและกลิ่นของอาหารก่อนหน้า และในการชิมตัวอย่างอาหารแต่ละสูตรนั้น อาสาสมัครต้องให้คะแนนระดับความพึงพอใจในด้านต่างๆลงในแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสสำหรับแต่ละสูตรที่จัดเตรียมไว้ให้จนครบทั้ง 2 สูตร ใช้เวลาในขั้นตอนนี้ประมาณ 20 นาที

4 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

คะแนนความพึงพอใจในด้านต่างๆของอาสาสมัครที่มีต่อตัวอย่างอาหารเมนูฉู่ฉี่ปลาในแต่ละสูตรถูกรายงานในรูปแบบของค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) โดยใช้สถิติ Dependent paired t-test ในการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยในแต่ละด้านระหว่าง 2 สูตร ใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติสำเร็จรูป Predictive Analytics Software Statistics (PASW) เวอร์ชัน 22 (SPSS Inc, Chicago, Il) กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติไว้ที่ $p<0.05$

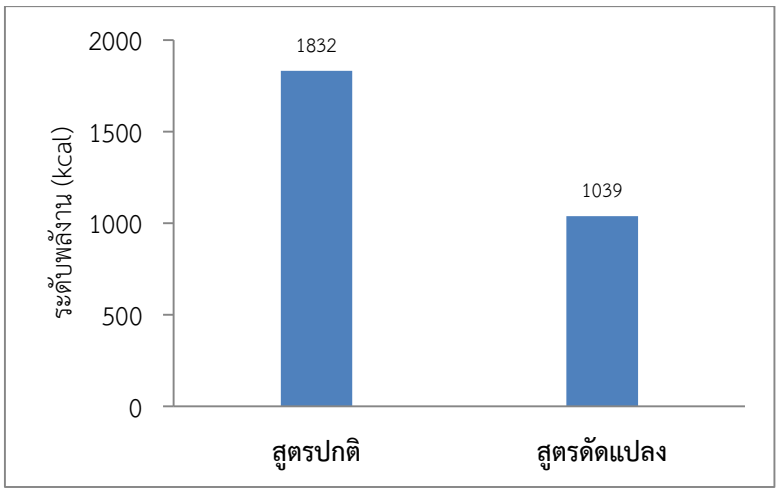
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลสำรวจรายการอาหารเพื่อใช้ในการพัฒนาเป็นตำรับอาหารลดพลังงาน

ผลจากการตอบแบบสอบถามเพื่อสำรวจรายการอาหารท้องถิ่นเพื่อใช้ในการพัฒนาเป็นตำรับอาหารลดพลังงานในการทดสอบความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสนั้น พบว่าเมนูอาหารฉู่ฉี่ปลาทูเป็นเมนูอาหารที่ได้รับการเลือกจากอาสาสมัครมากที่สุด (234 คน) ผู้วิจัยจึงนำเมนูอาหารฉู่ฉี่ปลาทูมาพัฒนาเป็นตำรับอาหารสูตรลดพลังงาน แบ่งออกเป็นเมนูฉู่ฉี่ปลาทูสูตรต้นตำรับและฉู่ฉี่ปลาทูสูตรลดพลังงาน ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยต่างๆดำเนินการที่ห้องปฏิบัติการโภชนคลินิก คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

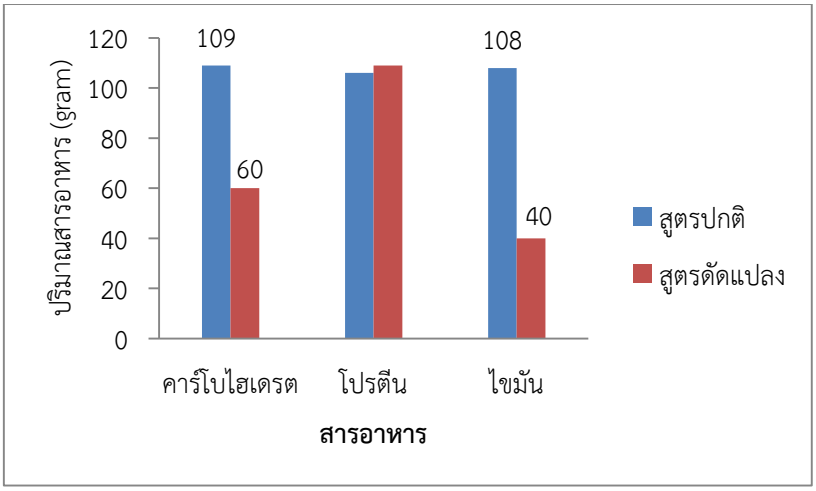
2. ปริมาณพลังงานและสารอาหารของเมนูฉู่ฉี่ปลาทูในแต่ละสูตร

จากการวิเคราะห์ปริมาณพลังงานและสารอาหารของเมนูฉู่ฉี่ปลาทูทั้งสูตรต้นตำรับและสูตรดัดแปลงนั้นพบว่า พลังงานรวมที่ 1 หน่วยบริโภคของฉู่ฉี่ปลาสูตรต้นตำรับมีพลังงาน 1832 kcal ส่วนสูตรดัดแปลงนั้นมีพลังงานที่ 1 หน่วยบริโภคที่ 1039 kcal โดยพลังงานที่ลดลงของสูตรดัดแปลงนั้น คิดเป็นพลังงานที่ลดลงประมาณร้อยละ 43 (รูปที่ 2)



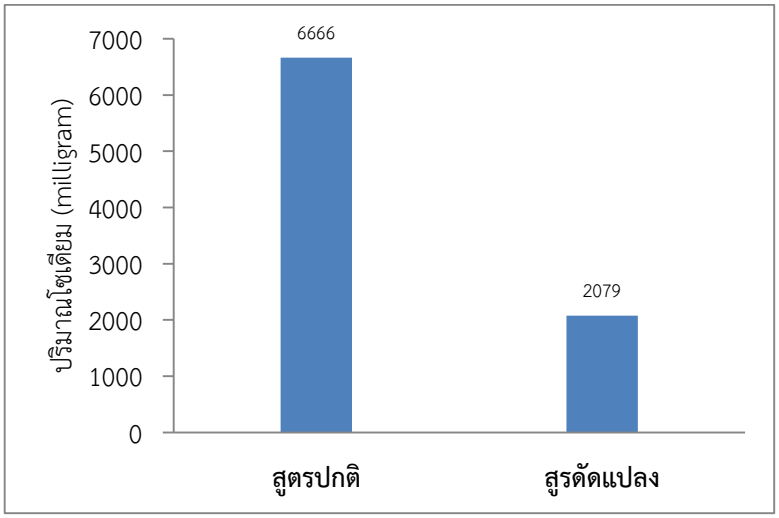
ภาพที่ 2 แสดงพลังงานรวมที่ 1 หน่วยบริโภคของฉู่ฉี่ปลาทูทั้ง 2 สูตร

ในส่วนของปริมาณสารอาหารในตำรับอาหารนั้น พบว่า ที่ 1 หน่วยบริโคของสูตรปกติมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตอยู่ที่ 109 กรัม ปริมาณโปรตีน 106 กรัม และปริมาณไขมัน 108 กรัม ส่วนสูตรดัดแปลงที่ 1 หน่วยบริโภคมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตอยู่ที่ 60 กรัม ปริมาณโปรตีน 109 กรัม และปริมาณไขมัน 40 กรัม จากข้อมูลพบว่า ปริมาณคาร์โบไฮเดรตของสูตรดัดแปลงลดลงคิดเป็นประมาณร้อยละ 50 และปริมาณไขมันลดลงคิดเป็นประมาณร้อยละ 63 เมื่อเทียบกับสูตรปกติ (รูปที่ 3)



ภาพที่ 3 แสดงปริมาณสารอาหารแต่ละชนิดที่ 1 หน่วยบริโภคของฉู่ฉี่ปลาทูทั้ง 2 สูตร

และในส่วนของปริมาณโซเดียมนั้น พบว่าเมนูฉู่ฉี่ปลาสูตรต้นตำรับมีปริมาณโซเดียมที่ 1 หน่วยบริโภคมีปริมาณโซเดียม 6666 มิลลิกรัม สูตรดัดแปลงมีปริมาณโซเดียม 2079 มิลลิกรัม โดยปริมาณโซเดียมในสูตรดัดแปลงที่ลดลงคิดเป็นประมาณร้อยละ 69 เมื่อเทียบกับสูตรปกติ (รูปที่ 4)



รูปที่ 4 แสดงปริมาณโซเดียมที่ 1 หน่วยบริโภคของฉู่ฉี่ปลาทูทั้ง 2 สูตร

3. ผลการประเมินความพึงพอใจทางประสาทสัมผัส

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจของอาสาสมัครที่มีต่อเมนูฉู่ฉี่ปลาสูตรดัดแปลงที่พัฒนาขึ้นมากกว่าสูตรต้นตำรับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกๆด้าน นอกจากนี้ คะแนนความพึงพอใจโดยภาพรวมเฉลี่ยของสูตรต้นตำรับเท่ากับ 7.20 คะแนน และสูตรดัดแปลงมีคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจโดยภาพรวมของสูตรดัดแปลงเท่ากับ 7.86 คะแนน แสดงให้เห็นถึงอาสาสมัครให้การยอมรับต่อตำรับอาหารเมนูฉู่ฉี่ปลาทั้ง 2 สูตร (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสของเมนูอาหารที่พัฒนาขึ้นทั้ง 2 สูตร

ความพึงพอใจทางประสาทสัมผัส	สูตรต้นตำรับ Mean (SD)	สูตรดัดแปลง Mean (SD)	P value
ด้านลักษณะที่ปรากฏ	7.33 (0.95)	8.03 (0.92)	**.049***
ด้านสี	7.13 (1.19)	7.90 (0.95)	**.048***
ด้านรสชาติ	7.20 (1.09)	7.83 (0.94)	**.014***
ด้านกลิ่นขณะเคี้ยว	7.06 (1.04)	7.70 (0.95)	**.183**
ด้านเนื้อสัมผัส	6.86 (1.33)	7.46 (1.00)	**.006***
ความพึงพอใจโดยภาพรวม	7.20 (1.29)	7.86 (1.30)	**.002***

คะแนนเต็ม 9 คะแนน

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากผลที่ได้พบว่า คะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสของอาสาสมัครที่มีต่อตำรับอาหารเมนูฉู่ฉี่ปลาทูสูตรดัดแปลงมากกว่าสูตรต้นตำรับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกๆด้าน ยกเว้นด้านกลิ่น นอกจากนี้ ฉู่ฉี่ปลาทูทั้ง 2 สูตรมีคะแนนความ

พึงพอใจโดยภาพรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับที่อาสาสมัครให้การยอมรับ แสดงให้เห็นว่าเมนูฉู่ฉี่ปลาทูสูตรดัดแปลงนั้นได้รับการยอมรับจากอาสาสมัครได้ดี สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าของต่างประเทศที่มีการพัฒนาอาหารเพื่อสุขภาพของตนเพื่อให้เหมาะสมกับภาวะสุขภาพของประชากรมากขึ้น เช่น ตัวอย่างงานวิจัยของประเทศเกาหลีใต้ที่มีการดัดแปลงอาหารพื้นบ้านเพื่อให้มีความเหมาะสมกับผู้ที่มีภาวะน้ำหนักตัวเกณฑ์และผู้ที่มีภาวะดื้อต่ออินซูลิน[22] และตัวอย่างงานวิจัยของประเทศอิหร่านที่มีการพัฒนาตำรับขนมปังพื้นบ้านเพื่อให้มีความเหมาะสมกับสุขภาพมากขึ้นล้วนได้รับการยอมรับและพึงพอใจจากอาสาสมัครเป็นอย่างดี[23] ดังนั้น เมนูฉู่ฉี่ปลาทูสูตรดัดแปลงที่ได้รับการพัฒนาขึ้นจึงเป็นแนวทางเบื้องต้นในการพัฒนาตำรับบอาหารที่มีความเหมาะสมกับสุขภาพของประชากรโดยเฉพาะผู้ที่อาศัยในภาคตะวันออก นอกจากนี้ การส่งเสริมภาวะโภชนาการของประชากรนอกจากการดัดแปลงปริมาณสารอาหารต่างๆให้มีพลังงานลดลงแล้ว ในทางโภชนาการนั้น การเติมสารอาหารต่างๆที่จำเป็นต่อร่างกายและเป็นสารอาหารที่ประชากรมักได้รับไม่เพียงพอต่อคำแนะนำแต่ละวันเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถส่งเสริมภาวะสุขภาพได้ เช่น การวิจัยผลิตภัณฑ์เต้าหู้เสริมแคลเซียมเพื่อส่งเสริมการได้รับแคลเซียมของประชากร เป็นต้น[24] ในส่วนของคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสของเมนูฉู่ฉี่ปลาทูที่สูตรดัดแปลงมากว่าสูตรต้นตำรับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกด้านนั้น เป็นไปได้ว่าเมนูดังกล่าวประกอบไปด้วยเครื่องแกงและเครื่องเทศในปริมาณมาก ดังนั้นเมื่อมีการดัดแปลงเครื่องปรุงต่างๆจึงไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความพึงพอใจของอาสาสมัคร ดังเช่นการวิจัยก่อนหน้าที่มีการพัฒนาไส้กรอกไก่ที่มีการปรุงรสเผ็ด พบว่าปริมาณเครื่องปรุงที่เสริมสร้างกลิ่นฉุนและรสเผ็ดช่วยเสริมสร้างความพึงพอใจของอาสาสมัครที่มีต่อไส้กรอกไก่ที่ได้รับการพัฒนาขึ้น[25,26]

จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้น เกี่ยวกับปัญหาพฤติกรรมการรับประทานอาหารของคนไทยที่ประกอบไปด้วยไขมันและโซเดียมในปริมาณที่สูง[27] ดังนั้น ตำรับอาหารฉู่ฉี่ปลาทูที่ได้รับการพัฒนาขึ้นจึงเป็นทางเลือกสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนักและจำกัดพลังงานจากอาหารเนื่องจากเป็นอาหารที่มีพลังงานและไขมันที่น้อยลง[28] อย่างไรก็ตาม ในขั้นตอนการดัดแปลงตำรับอาหารนั้นได้มีการลดปริมาณโซเดียมลง แต่พบว่าปริมาณโซเดียมในฉู่ฉี่ปลาทูสูตรดัดแปลงยังมีปริมาณโซเดียมที่สูง ใกล้เคียงกับปริมาณโซเดียมที่แนะนำต่อวันที่ไม่เกิน 2,300 มิลลิกรัมต่อวัน[29] อีกทั้งในขั้นตอนการดัดแปลงโซเดียมนั้นได้ใช้เครื่องปรุงที่เป็นน้ำปลาและซีอิ๊วที่มีสูตรเคมี KCl แทนที่การใช้น้ำปลาทั่วไปที่มีสูตรเคมี NaCl ดังนั้น เมนูฉู่ฉี่ปลาทูสูตรดัดแปลงที่ได้รับการพัฒนาขึ้นจึงมีปริมาณโพแทสเซียมที่สูงว่าสูตรปกติ จึงจำเป็นต้องหลีกเลี่ยงการใช้ในผู้ป่วยโรคไตวายเรื้อรังเนื่องจากเป็นกลุ่มผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะโพแทสเซียมสูงในเลือดเนื่องภาวะประสิทธิภาพการกรองของไตลดลง[30] ในการวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดคือกลุ่มอาสาสมัครเป็นขนาดเล็กที่เป็นประชากรที่อาศัยอยู่ในจังหวัดชลบุรี ดังนั้น การวิจัยในอนาคตจึงควรทดสอบความพึงพอใจทางประสาทสัมผัสในกลุ่มประชากรที่มีขนาดใหญ่ขึ้น รวมถึงต่อยอดการวิจัยเชิงคลินิกเพื่อติดตามประสิทธิผลของตำรับอาหารลดพลังงานที่มีผลต่อภาวะสุขภาพ

สรุป

จากผลการวิจัยครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่า เมนูอาหารฉู่ฉี่ปลาทูสูตรลดพลังงานที่ได้รับการพัฒนาขึ้นได้รับการยอมรับและพึงพอใจจากอาสาสมัคร

เอกสารอ้างอิง

1. McCaw-Binns AM, Campbell LV, Spence SS. The evolving contribution of noncommunicable diseases (NCDs) to maternal mortality in Jamaica, 1998-2015: a population based study. BJOG. 2018; doi: 10.1111/1471-0528.15154. (In Press).
2. Kankeu HT, Saksena P, Xu K, Evans DB. The financial burden from non-communicable diseases in low- and middle-income countries: a literature review. Health Res Policy Syst. 2013; 11: 31.

3. Divajeva D, Marsh T, Logstrup S, Kestens M, Vemer P, Kriaucioniene V, Peresson S, O'Kelly S, Rito S, Webber L. Economics of chronic diseases protocol: costeffectiveness modelling and the future burden of non-communicable disease in Europe. BMC Public Health. 2014; 14: 456.
4. Bhagyalaxmi A, Atul T, Shikha J. Prevalence of risk factors of non-communicable diseases in a district of Gujarat, India. J Health Popul Nutr. 2013; 31: 78–85.
5. Naseem S, Khattak UK, Ghazanfar H, Irfan A. Prevalence of non-communicable diseases and their risk factors at a semiurban community, Pakistan. Pan Afr Med J. 2016; 23: 151.
6. Angkurawaranon C, Wattanatchariya N, Doyle P, Nitsch D. Urbanization and non-communicable disease mortality in Thailand: an ecological correlation study. Trop Med Int Health. 2013; 18: 130–40.
7. Rippe JM, Angelopoulos TJ. Relationship between added Sugars consumption and chronic disease risk factors: Current understanding. Nutrients. 2016; 8: 697.
8. Chavasit V, Kriengsinyos W, Photi J, Tontisirin K. Trends of increases in potential risk factors and prevalence rates of diabetes mellitus in Thailand. Eur J Clin Nutr. 2017; 71: 839-43.
9. Asghari G, Yuzbashian E, Mirmiran P, Mahmoodi B, Azizi F. Fast food intake increases the incidence of metabolic syndrome in children and adolescents: Tehran lipid and glucose study. PLoS One. 2015; 10: e0139641.
10. Wright JA, Cavanaugh KL. Dietary Sodium in Chronic Kidney Disease: A Comprehensive Approach. Semin Dial. 2010; 23(4): 415–21.
11. Banwell C, Dixon J, Seubsman S, Pangsap S, Kelly M, Sleigh A. Evolving food retail environments in Thailand and implications for the health and nutrition transition. Public Health Nutr. 2013; 16: 608–15.
12. Ley SH, Hamdy O, Mohan V, Hu FB. Prevention and management of type 2 diabetes: Dietary components and nutritional strategies. Lancet. 2014; 383(9933): 1999–2007.
13. Horadakuna P, Lamsan J, Wittayacom K, Singhato A. Daily sugar intake and its relationship on body mass index among Burapha University students. In proceedings of the 6 th Burapha University International Conference 2017. 3-4 August, 2017; Holiday Inn, Pattaya: Burapha University. p. 338-44.
14. Praditsathaporn C, Doungtip E, ITiin N, Pinpu M, Wongkinee W. Traditional food recipe in Phayao: Inheritance of local wisdom and the nutritional value. Area Based Development Research Journal. 2017; 9: 297-313.
15. J a n j a r o e n K , W a n n a w i l a i P , Chaiwongnakkapun C. The traditional southern food: a treasure for health. The Southern College Network Journal of Nursing and Public Health. 2017; 4: 281-90.
16. Malinauskas BM, Aeby VG, Overton RF, Carpenter-Aeby C, Barber-Heidal K. A survey of energy drink consumption patterns among college students. Nutr J. 2007; 6: 35.
17. Wichchukita S, O'Mahony M. The 9 -point hedonic scale and hedonic ranking in food science: some reappraisals and alternatives. J Sci Food Agric. 2014; Doi 10.1002/jsfa.6993
18. Amerine MA, Pangborn RM, Roessler EB, editdors. Principles of Sensory Evaluation of Food. Academic Press: New York, p. 367–374; 1965.
19. Kongpun S, Krayom P, editors. 80 recipes of Thai traditional food. Sangdad Press: Bangkok; 2013.

20. Singhato A, Banjong O, Charoonruk G. Effectiveness and acceptance of the developed educational media on the application of a Thai ethnic snack, Thong Pub, with calcium fortification. J Ethn Foods. 2017; 4: 58-63.
21. Singh-Ackbarali D, Maharaj R. Sensory evaluation as a tool in determining acceptability of innovative products developed by undergraduate students in food science and technology at the University of Trinidad and Tobago. Journal of Curriculum and Teaching. 2014; 3: 10- 27.
22. Choi WH, Ahn J, Jung CH, Seo JS, lHa TY. Korean diet prevents obesity and ameliorates insulin resistance in mice fed a high-fat diet. J Ethn Foods. 2017; 4: 36-43.
23. Karizaki VM. Ethnic and traditional Iranian breads: different types, and historical and cultural aspects. J Ethn Foods. 2017; 4: 8-14.
24. Eadmusik S, Puwastien P, Nitithamyong A. Production of hard tofu from calcium fortifi ed soybean milk and its chemical and sensory properties. KKU Res J. 2013; 18: 371-9.
25. Seong PN, Seo HW, Kang SM, Kim YS, Cho SH, Kim JH, Hoa VB. Beneficial Effects of Traditional Seasonings on Quality Characteristics of Fermented Sausages. Asian-Australas J Anim Sci. 2016; 29: 1173–80.
26. Polsky S, Beck J, Stark RA, Pan Z, Hill JO, Peters JC. The Influence of Herbs, Spices, and Regular Sausage and Chicken Consumption on Liking of Reduced Fat Breakfast and Lunch Items. J Food Sci. 2014; 79: 2117–26.
27. Nethan S, Sinha D, Mehrotra R. Non Communicable Disease Risk Factors and their Trends in India. Asian Pac J Cancer Prev. 2017; 18: 2005–10.
28. Soeliman FA, Azadbakht L. Weight loss maintenance: A review on dietary related strategies. J Res Med Sci. 2014; 19: 268–75.
29. Ha SK. Dietary Salt Intake and Hypertension. Electrolyte Blood Press. 2014; 12: 7–18.
30. Korgaonkar S, Tilea A, Gillespie BW, Kiser M, Eisele G, Finkelstein F, Kotanko P, Pitt B, Saran R. Serum Potassium and Outcomes in CKD: Insights from the RRI-CKD Cohort Study. Clin J Am Soc Nephrol. 2010; 5: 762–9.

[HS-P11] ฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่นและฤทธิ์เพิ่มจำนวนของเซลล์ไฟโบรบลาสต์ในตำรับยาบำรุงโลหิต
Antioxidant Activities and Proliferation of Fibroblasts in Bum-Rung-Lo-Hit Remedy

แสงนภา จำปาสุริ*, กรวินท์วิชญ์ บุญพิสุทธินันท์, ปัฐมาภรณ์ ราชวัฒน์, กาญจนา ราชสมบูรณ์, พิชญา โพธิไทร และอรทัย ชูคำ
Saengnapa Champasuri*, Korawinwich Boonpisuttinant, Patamaporn Rachawat, Karnjana Rachsomboon, Phitchaya Posai and Orathai Chookum
สาขาการแพทย์แผนไทยประยุกต์ วิทยาลัยการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: saengnapa_c@rmutt.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและการกระตุ้นการเจริญของเซลล์ไฟโบรบลาสต์ในตำรับยาบำรุงโลหิต โดยการนำตำรับยามาสกัดด้วยเอทานอล 95%, เอทานอล 50% และการต้มด้วยน้ำ จากนั้นนำสารสกัดมาทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Free radical scavenging activity, lipid per oxidation, Metal chelation activity และทดสอบการเพิ่มจำนวนของเซลล์ไฟโบรบลาสต์ด้วยวิธี MTT Assay จากการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของตำรับยาบำรุงโลหิตด้วยวิธี DPPH พบว่าสารสกัดเอทานอล 50% มีฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่นดีที่สุด (IC_{50} = 0.31 ± 0.13 mg/ml) การทดสอบการยับยั้งเปอร์ออกซิเดชันของไขมันและฤทธิ์คีเลชันของโลหะ พบว่าสารสกัดเอทานอล 95% มีฤทธิ์ดีที่สุด มีค่า LC_{50} และ MC_{50} เท่ากับ 0.22 ± 0.11 และ 0.04 ± 0.4 mg/ml ตามลำดับ ส่วนการทดสอบการกระตุ้นการเจริญของเซลล์ ไฟโบรบลาสต์พบว่าสารสกัดเอทานอล 50% และสารสกัดที่ต้มด้วยน้ำมีผลทำให้เซลล์เพิ่มจำนวนมากขึ้นตามความเข้มข้นของสารสกัด การศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่ายาบำรุงโลหิตมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และเพิ่มจำนวนเซลล์ไฟโบรบลาสต์ ซึ่งอาจจะช่วยในการกระตุ้นการสร้างคอลลาเจนและอิลาสติน ทำให้ผิวพรรณเต่งตึงเปล่งปลั่งได้ แต่อย่างไรก็ตามควรศึกษาเชิงลึกเพื่อให้ได้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุนการใช้ยาบำรุงโลหิตต่อไป

คำสำคัญ: *ตำรับยาบำรุงโลหิต, การต้านอนุมูลอิสระ, การเพิ่มจำนวนเซลล์*

Abstract

This research aims to study antioxidant activities and proliferation of fibroblast cells. The remedy was extracted by maceration with 95% ethanol, 50% ethanol and boiling in water. All extracts were tested for free radical scavenging activity, lipid peroxidation, metal chelation activity and cells proliferation activity by MTT assay. The study of antioxidant activity by DPPH method found that 50% ethanol extract had the best antioxidant activity (IC_{50} = 0.31 ± 0.13 mg/ml). Lipid peroxidation and metal chelation activities were found that 95% ethanol extract had the best activity with the L_{C50} and MC_{50} values of 0.22 ± 0.11 and 0.04 ± 0.4 respectively. The study of cells proliferation found that 50% ethanol and water extracts resulted in increased cell counts according to the concentration of the extracts. This study shows that Bum-Rung-Lo-Hit has antioxidant activities and increase cells this may help to stimulate collagen and elastin these help skin to firmly shine. However, it should be studied in depth to obtain scientific information to support the use of the hematological remedy.

Keywords: *Bum-Rung-Lo-Hit remedy, antioxidant activities, cell proliferation*

บทนำ

จากการศึกษาของสำนักงานกิจการสตรีและสถาบันครอบครัว พบว่า เพศหญิงมีการดูแลสุขภาพมากกว่าเพศชาย ทำให้ผลิตภัณฑ์ยาและอาหารเสริมของผู้หญิงได้รับความนิยมและมีมูลค่าการซื้อขายที่สูงมาก และที่กำลังได้รับความนิยมในปัจจุบันคือผลิตภัณฑ์ยาและอาหารเสริมจากสมุนไพร จากผลการวิจัยของคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ซึ่งเคยสำรวจเฉพาะตลาดยาสมุนไพรที่จำหน่ายตามร้านขายยาจำนวน 121 ร้านทั่วประเทศ พบ มูลค่าการซื้อยาสมุนไพรจากศูนย์ขายส่งสมุนไพรมีจำนวนถึง 1,260 ล้านบาท และมูลค่าการขายให้ประชาชนเท่ากับ 2,240 ล้านบาท โดยยาที่ขายดีมากที่สุดคือ ยาบำรุงโลหิตมีมากถึงหนึ่งในสี่ หรือ 25.73% เทียบเท่ามูลค่าเงิน 576 ล้านบาท[1] จากข้อมูลของมูลนิธิสุขภาพไทยเปิดเผยว่า ยาสตรีเป็นยาที่ขายดีอันดับหนึ่ง และมีแนวโน้มว่าตลาดจะขยายตัวไปเรื่อยๆ ยาที่ขายดีมากที่สุดคือ ยาบำรุงโลหิต[2] ซึ่งมีสรรพคุณบำรุงเลือด ให้ประจำเดือนมาเป็นปกติ ยังช่วยให้มีสุขภาพที่ดีจากภายใน เมื่อเลือดลมดี ผิวพรรณก็เปล่งปลั่ง แม้ในระยะหลังจะไม่มีการโฆษณาแต่ยาตำรับบำรุงโลหิตอยู่ได้ด้วยสรรพคุณที่สืบทอดมาจากบรรพบุรุษโดยไม่ต้องโฆษณา จะเห็นว่ายาบำรุงโลหิตได้นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย

ปัจจุบันตำรับยาสมุนไพรบำรุงหิตมีหลายตำรับ ในบัญชียาหลักแห่งชาติ[3] มีตำรับยาบำรุงโลหิต มีสรรพคุณคือช่วยบำรุงโลหิต ประกอบด้วยสมุนไพรทั้งหมด 38 ชนิด ได้แก่ แก่นฝาง ดอกคำไทย ครั่ง เหง้าขิงแห้ง ดอกดีปลี รากเจตมูลเพลิงแดง เถาสะค้าน รากช้าพลู เถาขมิ้นเครือ เถามวกแดง แก่นกำลังวัวเถลิง ดอกสารภี ดอกพิกุล ดอกบุนนาค เกสรบัวหลวง ดอกจันทน์ ลูกจันทน์ ลูกกระวาน ดอกกานพลู เทียนดำ เทียนแดง เทียนขาว เทียนข้าวเปลือก เทียนตาตั๊กแตน โกฐสอ โกฐเขมา โกฐหัวบัว โกฐเชียง โกศจุฬาลัมพา เนื้อลูกสมอไทย เนื้อลูกสมอดีงู เนื้อลูกสมอพิเภก เปลือกชะลูด เปลือกอบเชยเทศ แก่นจันทน์แดง แก่นแสมสาร แก่นแสมทะเล และกฤษณา จากการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของพืชสมุนไพรที่มีในตำรับยาสตรีแผนโบราณ 6 ชนิด คือ คำฝอย กัญชาเทศ แก่นฝาง โกศหัวบัว ว่านมหาเมฆ และว่านสากเหล็ก ผลการศึกษาพบว่า แก่นฝางและว่านสากเหล็กมีปริมาณหมู่ฟีนอลรวมมากที่สุด การทดสอบความสามารถในการจับอนุมูลอิสระด้วย DPPH assay พบว่า ฝางและว่านสากเหล็กฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระได้ดี การศึกษาฤทธิ์ในการต้านการเกิดเปอร์ออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธี FTC assay พบว่าในวันที่ 7 กัญชาเทศมีค่าร้อยละของการยับยั้งการเกิดเปอร์ออกซิเดชันของไขมันสูงที่สุด รองลงมาคือโกศหัวบัว ว่านสากเหล็ก ฝาง คำฝอย และว่านมหาเมฆ ตามลำดับ[4] ซึ่งในตำรับยาบำรุงโลหิตมีฝางและโกศหัวบัวเป็นส่วนผสมในตำรับ

แม้ตำรับยาบำรุงโลหิตได้รับความนิยมในกลุ่มผู้หญิงและถูกบรรจุอยู่ในบัญชียาหลักแห่งชาติ แต่ยังไม่มีงานวิจัยหรือข้อมูลทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุนการใช้ยาตำรับนี้ และมีการศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพน้อยมาก ในการวิจัยครั้งนี้จึงสนใจศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพที่สอดคล้องกับการใช้แผนโบราณคือ ช่วยให้ผิวพรรณสวย มีน้ำมีนวลชะลอความแก่ของผิว ได้แก่ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี Free radical scavenging active วิธี Metal chelation activity และวิธี Inhibition of lipid peroxidation และฤทธิ์การเพิ่มจำนวนของเซลล์ไฟโบบลาสต์ ผลของงานวิจัยนี้จะทำให้ได้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์มายืนยันการใช้ตำรับยาบำรุงโลหิตมากขึ้น หากตำรับมีฤทธิ์ทางชีวภาพที่ศึกษาจะทำให้ส่งเสริมการใช้ยาสมุนไพรมากขึ้น ช่วยลดการนำเข้าอาหารเสริมที่มีราคาแพง และสามารถนำมาพัฒนาตำรับยาให้มีความทันสมัยและเหมาสมกับการใช้ในปัจจุบัน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การสกัดตำรับยาสมุนไพร

1.1 การสกัดด้วยวิธีการต้ม นำสมุนไพรแห้ง 38 ชนิด บดเป็นผงให้ละเอียด ชั่งผงยาบำรุงโลหิต 75 g (สัดส่วนตามบัญชียาหลักแห่งชาติ) เติมน้ำกลั่นปริมาตร 750 ml นำไปต้มบนเตาไฟฟ้าจนเดือด นาน 2 ชั่วโมง จากนั้นกรองสารสกัดด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำสารละลายที่ได้มามาทำให้แห้งด้วยวิธี Freeze dry นำน้ำหนักสารสกัดที่ได้มาคำนวณร้อยละผลผลิตของสารสกัดจากตำรับยาสมุนไพร

1.2 การสกัดด้วยวิธีการหมักแอลกอฮอล์ 95 % นำสมุนไพรแห้ง 38 ชนิด บดเป็นผงให้ละเอียด ชั่งผงยาบำรุงโลหิต 75 g

(สัดส่วนตามบัญชียาหลักแห่งชาติ) เติม ethanol 95% ปริมาตร 750 ml นำไปเขย่าด้วยเครื่อง shaker ที่อุณหภูมิ 37 °c เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นกรองสารสกัดด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำสารละลายที่ได้มาระเหยด้วยเครื่อง rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 50 °c จากนั้นทำการคำนวณผลผลิตร้อยละของสารสกัดจากตำรับยาสมุนไพร

1.3 การสกัดด้วยวิธีการหมักแอลกอฮอล์ 50 % นำสมุนไพรแห้ง 38 ชนิด บดเป็นผงให้ละเอียด ชั่งผงยาบำรุงโลหิต 75 g (สัดส่วนตามบัญชียาหลักแห่งชาติ) เติม ethanol 50% ปริมาตร 750 ml นำไปเขย่าด้วยเครื่อง shaker ที่อุณหภูมิ 37 °c เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นกรองสารสกัดด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำสารละลายที่ได้มาระเหยด้วยเครื่อง rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 50 °c จากนั้นทำการคำนวณผลผลิตร้อยละของสารสกัดจากตำรับยาสมุนไพร

2. การทดลองสอบฤทธิ์ต้านสารอนุมูลอิสระ (Free radical scavenging activity) ด้วยวิธี DPPH[5]

เตรียมสารสกัดที่ความเข้มข้น 0.001,0.01,0.1,1 และ 10 mg/ml จากนั้นเติมสารละลายตัวอย่างแต่ละความเข้มข้นปริมาณ 50 ul ลงใน 96 well plate จากนั้นเติมสารละลาย 0.5 mg/ml DPPH ปริมาณ 50 ul เขย่าให้สารละลายเข้ากัน เก็บไว้ในที่มืดนาน 30 นาที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Microplate reader ที่ความยาวคลื่น 540 nm ทำการทดลอบ 3 ซ้ำ จากนั้นคำนวณฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและคำนวณหาค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถยับยั้งสารอนุมูลอิสระ 50% (SC_{50}) จากสมการระหว่างเปอร์เซ็นต์การยับยั้งสารต้านอนุมูลอิสระและความเข้มข้นของสารสกัด[4] เปรียบเทียบกับการยับยั้งสารต้านอนุมูลอิสระของวิตามินซี

3. การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเปอร์ออกซิเจนเดชันของไขมัน (Inhibition of lipid peroxidation)[6]

เตรียมสารสกัดที่ความเข้มข้น 0.001,0.01,0.1,1 และ 10 mg/ml จากนั้นเติมสารละลายตัวอย่างแต่ละความเข้มข้นปริมาตร 50 ul ลงใน 96-well plate จากนั้นเติมสารละลาย linoleic acid emulsion 1 mg/ml ใน 50% ปริมาณ 50 ul จากนั้นเติมสารละลาย NH_4SCN 1 mg/ml ใน 1% HCI ปริมาณ 50 ul จากนั้นเติม $FeCl_2$ 1 mg/ml ใน 1% HCI ปริมาณ 50 ul เขย่าเพื่อให้สารละลายเข้ากัน เก็บไว้ในที่มืดนาน 60 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Microplate reader ที่ความยาวคลื่น 450 nm ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ จากนั้นคำนวณการยับยั้งปฏิกิริยาเปอร์ออกซิเดชันของไขมันและคำนวณหาค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน 50% (LC_{50}) เปรียบเทียบกับการยับยั้งปฏิกิริยาเปอร์ออกซิเดชันไขมันของวิตามินอี

4. การทดสอบฤทธิ์ดีเลชันของโลหะ (Metal chelation activity)[6]

เตรียมสารสกัดสมุนไพรจาก 10 ตำรับ ที่ความเข้มข้น 0.001, 0.01, 0.1, 1 และ 10 ul จากนั้นเติมสารละลายตัวอย่างแต่ละความเข้มข้นปริมาตร 50 ul ลงใน 96-well plate จากนั้นเติม Ferrozine ปริมาตร 50 ul เติมสารละลาย $FeCl_2$ เข้มข้น 1 mg/ml ใน 1% HCL ปริมาตร 550 ul เขย่าเพื่อให้สารละลายเข้ากัน เก็บไว้ที่มืดนาน 60 นาที จากนั้นนำเข้าเครื่อง Microplate reader ที่วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 nm ทำการทดลอง 3 ซ้ำ จากนั้นคำนวณฤทธิ์คีเลชันและคำนวณหาค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถยับยั้ง Metal chelating activity 50% (MC_{50})) เปรียบเทียบกับฤทธิ์คีเลชันของ EDTA

5. การทดสอบฤทธิ์กระตุ้นการเจริญของเซลล์ไฟโบรบลาสต์[7]

ทำการเลี้ยงเซลล์ Fibroblast ใน 96-well plate โดยใช้อาหาร media แต่ละหลุม แต่ละหลุมมีเซลล์ 5×10^4 เซลล์ นำไปบ่นที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จนเซลล์โตเกือบเต็มหลุม ประมาณ 80-90% ต่อหลุม บ่มเซลล์ Fibroblast ด้วยสารสกัดเอทานอล 95 เอทานอล 50 และสารสกัดน้ำที่ความเข้มข้น 0-100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และปรับปริมาตรให้ครบหลุมละ 100 ul จากนั้นดูดอาหารออกจากหลุม และเติมสารละลาย MTT บ่มเซลล์เป็นเวลา 1 ชั่วโมง วัดค่าดูดกลืนแสงของเซลล์ที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร คำนวณหาอัตราการเพิ่มจำนวนของเซลล์ โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มเซลล์ควบคุมที่ไม่ได้บ่มสารสกัด ซึ่งอัตราการรอดของเซลล์ในกลุ่มควบคุมคิดเป็น 100%จากนั้นคำนวณการเพิ่มจำนวนของเซลล์เป็นเปอร์เซ็นต์

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาการสกัดสารจากตำรับยาบำรุงโลหิต

จากการศึกษาการสกัดสารด้วยวิธีการต้มน้ำ วิธีการหมักด้วยเอทานอล 95% และการหมักด้วยเอทานอล 50% พบว่าการสกัดด้วยวิธีการหมักด้วยเอทานอล 95% ได้ผลผลิตร้อยละมากที่สุด ลักษณะสารสกัดเหลว เหนียว สีน้ำตาลเข้ม รองลงมาคือการสกัดด้วยวิธีการต้ม มีลักษณะเป็นก้อนแข็งสีน้ำตาลเข้มจนถึงสีดำ และการสกัดด้วยวิธีการหมักเอทานอล 50% ได้ผลผลิตน้อยที่สุด มีลักษณะเหนียวข้นเกือบแข็งสีน้ำตาลเข้ม ร้อยละผลผลิตและลักษณะสารสกัดแสดงดังตารางที่ 1

ตางรางที่ 1 ผลการศึกษาร้อยละผลผลิตของสารสกัดตำรับยาบำรุงโลหิต

การสกัด	ร้อยละผลผลิต (% yield)	ลักษณะสารสกัด
หมัก 95 %EtOH	9.79	เหลวเหนียว สีน้ำตาลเข้ม
หมัก 50 %EtOH	3.79	เหนียวกึ่งแข็ง สีน้ำตาลเข้ม
ต้มน้ำ	4.24	ก้อนแข็งสีน้ำตาลเข้มจนถึงสีดำ

2. ผลการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

จากการทดลองฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่าสารสกัดจากตำรับยาบำรุงโลหิตที่หมักด้วยเอทานอล 95% หมักด้วยเอทานอล 50% และวิธีการต้มน้ำ พบว่ามีค่า SC_{50} เท่ากับ 0.89 ± 0.01 mg/ml, 0.31 ± 0.13 mg/ml และ 1.34 ± 0.01 mg/ml ตามลำดับ เมื่อเทียบกับวิตามินซี ที่มีค่า SC_{50} เท่ากับ 0.11± 0.01 mg/ml พบว่า การหมักด้วยเอทานอล 50% มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกับวิตามินซี (p-value<0.05) ส่วนสารสกัดที่หมักด้วยเอทานอล 95% การสกัดโดยการต้มน้ำ มีฤทธิ์น้อยกว่าวิตามินซี แต่ก็ยังมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดี ผลแสดงดังตารางที่ 2 การที่สารสกัดตำรับบำรุงโลหิตมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ น่าจะมาจากในตำรับมีสารพฤกษเคมีเช่น แทนนินและฟลาโวนอยด์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยสารกลุ่มแทนนินเป็นองค์ประกอบ และมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH[8] ซึ่งในตำรับบำรุงโลหิตมีสารกลุ่ม Tannins ที่พบในสมุนไพร เช่น ฝาง ครั่ง ซึ่งเป็นตัวยาหลักมีปริมาณและอัตราส่วนมากที่สุดในตำรับและมีสมุนไพร กำลังวัวเถลิง กานพลู สมอไทย สมอพิเภก เป็นต้น สารกลุ่ม Flavonoids พบในสมุนไพรในตำรับเช่น ดอกคำไทย เกสรบัวหลวง ดอกกานพลู จันทน์แดง เทียนขาว เทียนข้าวเปลือก กำลังวัวเถลิง เป็นต้น อย่างไรก็ตามควรทำการศึกษาสมุนไพรเดี่ยวในตำรับด้วย เพื่อจะได้ทราบว่าสมุนไพรใดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

3. ผลการศึกษาฤทธิ์ยับยั้งเปอร์ออกซิเดชันของไขมัน ด้วยวิธี Ferric thiocyanate assay

สารสกัดตำรับยาบำรุงโลหิต ทั้ง 3 แบบ นำมาทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเปอร์ออกซิเดชันของไขมัน โดยใช้ปฏิกริยาออกซิเดชันของ linoleic acid กับโลหะไอออน เช่น Fe^{2+} ด้วยวิธี Ferric thiocyanate พบว่าสารสกัดตำรับยาบำรุงโลหิตที่หมักด้วยเอทานอล 95% มีฤทธิ์ยับยั้งเปอร์ออกซิเดชันของไขมันดีที่สุด มีค่า LC_{50} เท่ากับ 0.22 ± 0.05 mg/ml รองลงมาคือ เอทานอล 50% และต้มน้ำ มี LC_{50} 1.07±0.02 และ 1.50±0.44 mg/ml ตามลำดับ ผลแสดงดังตารางที่ 2 ซึ่งสารสกัดทั้ง 3 มีฤทธิ์ยับยั้งเปอร์ออกซิเดชันของไขมันดีกว่าวิตามินอี ที่มี LC_{50} 2.11±0.04 mg/ml ดังตารางที่ 2

4. ผลการศึกษาฤทธิ์คีเลชันของโลหะ

สารสกัดตำรับยาบำรุงโลหิต ทั้ง 3 มาทดสอบฤทธิ์คีเลชันของโลหะ ซึ่งเป็นการทดสอบการเกิดปฏิกริยาของสารเฟอร์โรซีน (ferrozine) โดยให้ EDTA เป็น Positive control ผลการทดลองพบว่า สารสกัดที่หมักด้วยเอทานอล 95% ให้ฤทธิ์คีเลชันของโลหะดีที่สุดมีค่า MC_{50} เท่ากับ 0.04 ± 0.4 mg/ml ซึ่งมีฤทธิ์ดีกว่า EDTA ซึ่งเป็นสารมาตรฐาน 13 เท่า EDTA มีค่า MC_{50} 0.53 ± 0.05 mg/ml ส่วนสารสกัดเอทานอล 50% และต้มน้ำ ไม่มีฤทธิ์คีเลชันของโลหะ มีค่า >10 mg/ml ผลแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดตำรับยาบำรุงโลหิต

สารสกัด	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH (SC_{50} (mg/ml))	ฤทธิ์ยับยั้งเปอร์ออกซิเดชันของไขมัน (LC_{50} (mg/ml))	ฤทธิ์คีเลชันของโลหะ (MC_{50} (mg/ml))
หมัก 95% EtOH	0.89 ± 0.01	0.22 ± 0.11	0.04 ± 0.4
หมัก 50% EtOH	0.31 ± 0.13	1.07 ± 0.02	> 10
ต้มน้ำ	1.34 ± 0.34	1.50 ± 0.44	> 10
Vitamin C	0.11 ± 0.01	-	-
Vitamin E	-	2.11 ± 0.04	-
EDTA	-	-	0.53 ± 0.05

5. ผลการทดสอบฤทธิ์เพิ่มจำนวนของเซลล์ ไฟโบรบลาสต์

นำสารสกัดตำรับยาสมุนไพรบำรุงโลหิตทั้ง 3 มาทดสอบการกระตุ้นการเจริญของเซลล์ ไฟโบรบลาสต์ด้วยวิธี MTT assay เป็นการทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์และการเพิ่มจำนวนของเซลล์ โดยเมื่อ MTT ถูก reduced ด้วย mitochondrial reductase จะทำให้สีของ MTT เปลี่ยนเป็นสีม่วง โดยสีจะถูกวัดค่าดูดกลืนแสงได้สูงสุดโดยใช้เครื่องสเปกโตโฟโตรมิเตอร์ (spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร ซึ่งปริมาณของสีม่วงที่เพิ่มขึ้นจะหมายถึงปริมาณของเซลล์มีชีวิตเพิ่มขึ้น จากผลการทดลองโดยใช้สารสกัดทั้ง 3 พบว่า สารสกัดที่หมักด้วยเอทานอล 95% ที่ความเข้มข้น 0.1 µg/ml ทำให้เซลล์เพิ่มจำนวนมากขึ้นเล็กน้อย เมื่อเทียบกับเซลล์กลุ่มควบคุม แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดขึ้นเรื่อยๆ พบว่าปริมาณเซลล์ลดลงเล็กน้อย ที่ความเข้มข้น 100 µg/ml ทำให้เซลล์ลดลงเล็กน้อยแต่ไม่มีพิษต่อเซลล์ (% cell survival>70%) ส่วนสารสกัดที่หมักด้วยเอทานอล 50% ทุกความเข้มข้นที่ทดสอบทำให้เซลล์เพิ่มจำนวนมากขึ้นเรื่อยๆตามความเข้มข้นของสารสกัด และไม่ทำให้เซลล์ตายเมื่อเทียบกับเซลล์กลุ่มควบคุม (p-value<0.05) สารสกัดน้ำเช่นเดียวกันทุกความเข้มข้นทุกความเข้มข้นที่ทดสอบทำให้เซลล์เพิ่มจำนวนมากขึ้นเรื่อยๆตามความเข้มข้นของสารสกัด และไม่ทำให้เซลล์ตายเมื่อเทียบกับเซลล์กลุ่มควบคุม (p-value<0.05) ดังนั้นสารสกัดด้วยการหมักด้วยเอทานอล 50 %และต้มน้ำมีฤทธิ์กระตุ้นการเพิ่มจำนวนของเซลล์ไฟโบบลาสและไม่มีพิษต่อเซลล์ ส่วนสารสกัดเอทานอล 95% ไม่มีฤทธิ์เพิ่มจำนวนเซลล์และไม่มีพิษต่อเซลล์ ผลแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ฤทธิ์กระตุ้นการเจริญของเซลล์ไฟโบรบลาสต์ของสารสกัดตำรับยาบำรุงโลหิต

สารสกัด	% การของเซลล์ไฟโบรบลาสต์				
	0.1 µg/ml	1 µg/ml	10 µg/ml	50 µg/ml	100 µg/ml
หมัก 95 %EtOH	107.81	95.51	99.80	88.75	88.81
หมัก 50 %EtOH	102.06	111.40	110.98	110.80	97.24
ต้มน้ำ	98.70	118.10	117.97	113.32	111.47

สรุป

การศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Free radical scavenging activity, lipid per oxidation, Metal chelation activity และทดสอบการเพิ่มจำนวนของเซลล์ไฟโบรบลาสต์ด้วยวิธี MTT Assay พบว่าตำรับที่แสดงคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดเมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH คือ ตำรับยาที่สกัดด้วยเอทานอล 50% ส่วนตำรับยาที่สกัดด้วยเอทานอล 95% มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระด้วยการยับยั้ง lipid per oxidation และ Metal chelation activity ได้ดีที่สุด และผลการทดสอบการเพิ่มจำนวน

ของเซลล์ไฟโบรบลาสต์พบว่าตำรับที่หมักด้วยเอทานอล 50% และการต้มด้วยน้ำพบว่าทุกความเข้มข้นที่ทดสอบทำให้เซลล์เพิ่มจำนวนมากขึ้นตามความเข้มข้นของสารสกัด และไม่ทำให้เซลล์ตายเมื่อเทียบกับเซลล์กลุ่มควบคุม การศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่ายาตำรับบำรุงโลหิตมีฤทธิ์ต้านอนุมูล ซึ่งจะช่วยปกป้องเซลล์จากอนุมูลอิสระ ที่จะทำให้เกิดการเจ็บป่วยต่างๆและมีฤทธิ์เพิ่มจำนวนเซลล์ไฟโบรบลาสต์ ซึ่งไฟโบรบลาสต์ เป็นเซลล์ที่สร้างคอลลาเจนมากที่สุด และยังสร้างเส้นใยเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เพื่อเพิ่มเสริมสร้างความแข็งแรงให้กับเนื้อเยื่อต่างๆ ดังนั้นยาบำรุงโลหิตอาจจะช่วยในการกระตุ้นการสร้างคอลลาเจนและอิลาสติน ทำให้ผิวพรรณเต่งตึงเปล่งปลั่งและแข็งแรงได้ แต่อย่างไรก็ตามควรศึกษาเชิงลึกเพื่อให้ได้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุนการใช้ยาบำรุงโลหิตต่อไปและสามารถนำมาต่อยอดในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ยาหรืออาหารเสริมต่อไปได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณวิทยาลัยการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. รัศมี ภาคภูมิ, วิภารัตย์ อมตวงษ์. การสำรวจสมุนไพรและผลิตภัณฑ์ธรรมชาติในตำรับยาในท้องตลาด. สารนิพนธ์เภสัชศาสตร์บัณฑิต. กรุงเทพฯ: คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล; 2539.
2. อรุณพร อิฐรัตน์, เพชรน้อย สิงห์ช่างชัย, ศุภดี หยูด้วง และคณะ. การสำรวจพฤติกรรมการใช้ยาสตรีแผนโบราณ ในเขตจังหวัดสงขลา. SongklanakarinJ Sci Technol. 2537; 16(4):447-452.
3. คณะกรรมการแห่งชาติด้านยา โดย คณะอนุกรรมการพัฒนายาบัญชียาหลักแห่งชาติ. บัญชียาหลักแห่งชาติ พ.ศ.2542 (บัญชียาจากสมุนไพร); 2542.
4. วีระพล บุณรงค์, เกศโร อิโน. ฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสมุนไพรที่มีในตำรับยาสตรีแผนโบราณ [อินเตอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 1 พ.ค.2561] เข้าถึงได้จาก: http://202.28.48.80/nc/thesis_detail.php?id=28.
5. ประภัสสร วีระพันธ์, วัชรี คุณกิตติ. คุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยในหลอดทดลอง. ว. เภสัชศาสตร์อีสาน. 2554; 7(3):30-38.
6. กรวินท์วิชญ์ บุญพิสุทธินันท์, จันสุพร ไตรชมพูนรินท์, วราพร สระบัว, อริสรา หุตะเจริญ, วิภาสิริ ดอกพุฒ, สุฑามาศ กาญจนวงค์วนิช และคณะ. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสของสารสกัดบัวผันสายพันธุ์ชมพู่ม่าเหมี่ยว. การประชุมวิชาการชมรมคณะปฏิบัติงานวิทยาการ อพ.สธ. ครั้งที่ 8 “ทรัพยากรไทย: ศักยภาพมากล้นมีให้เห็น” (ภาคนิทัศน์หน้า 516-521).
7. Tipton DA, Howell KJ, Dabbous MK. Increased proliferation, collagen, and fibronectin production by gingival fibromatosis fibroblast. J Periodontol. 1997; 68:524-530
8. เอนก หาลี, บุณยกฤต รัตนพันธุ์. การศึกษาประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระจากพืชผักสมุนไพรพื้นบ้าน 15 ชนิด. วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. 2560; 40(2):283-293.

[HS-P12] การศึกษาทางห้องปฏิบัติการถึงความเป็นพิษของสารสกัดด้วยน้ำจากสิงหโมราต่อเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดนิวเคลียสเดี่ยว

In vitro Cytotoxicity Study of Water Extract from *Cyrtosperma johnstonii* on Human Peripheral Blood Mononuclear Cells

นราวัลลภ์ แก้วทวี*
Narawan Kaewthawee*
ภาควิชาโลหิตวิทยาและจุลทรรศนศาสตร์คลินิก คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยรังสิต
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: narawan.k@rsu.ac.th*

บทคัดย่อ

สิงหโมรา (*Cyrtosperma johnstonii*) จัดเป็นสมุนไพรชนิดหนึ่งเจริญเติบโตได้ในประเทศไทยและแถบเอเชีย เช่น ประเทศมาเลเซียและอินโดนีเซีย สารสกัดสิงหโมราที่สกัดด้วยอะซิโตนมีสารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ยับยั้งการแบ่งตัวและการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งได้ แต่ยังไม่มีการรายงานความเป็นพิษของสารสกัดด้วยน้ำจากสิงหโมรากับเซลล์ของคนปกติมาก่อน ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงสนใจที่จะศึกษาทางห้องปฏิบัติการถึงความเป็นพิษของสารสกัดด้วยน้ำจากสิงหโมราที่ระดับความเข้มข้น 0.195, 0.39, 0.78, 1.56, 3.125, 6.25, 12.5, 25, 50 และ 100 mg/mL เป็นเวลา 24 ชั่วโมง กับเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดนิวเคลียสเดี่ยว (PBMCs) ของคนปกติ โดยใช้วิธี trypan blue exclusion test เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม จากผลการวิจัยพบว่าสารสกัดด้วยน้ำจากสิงหโมราที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 100 mg/mL มีความเป็นพิษต่อเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดนิวเคลียสเดี่ยวในคนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ขณะที่ระดับความเข้มข้นที่ต่ำกว่า 50 mg/mL จะไม่มีความเป็นพิษเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ดังนั้นสิงหโมราจัดเป็นสมุนไพรที่มีความน่าสนใจ สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดงานวิจัยในอนาคตได้

คำสำคัญ: *สารสกัดสิงหโมรา, ความเป็นพิษ, PBMCs*

Abstract

Cyrtosperma johnstonii is one of the herbs that grown in Thailand and also found in other Asian countries like Malaysia and Indonesia. The acetone extract of *Cyrtosperma johnstonii* has contained compounds with both antioxidant activity and cytotoxicity to cancer cells. However, cytotoxicity of water extract from *Cyrtosperma johnstonii* has not been reported yet in human normal cells. This study was investigated the *in vitro* cytotoxicity study of water extract from *Cyrtosperma johnstonii* concentrations of 0.195, 0.39, 0.78, 1.56, 3.125, 6.25, 12.5, 25, 50 and 100 mg/mL for 24 h in Peripheral blood mononuclear cells (PBMCs) by Trypan blue exclusion test compare with control groups. The results showed that the water extract from *Cyrtosperma johnstonii* significantly inhibited the cell proliferation of PBMCs at 50 and 100 mg/mL ($p<0.05$) compare negative control. However, the concentrations of *Cyrtosperma johnstonii* extract lower than 50 mg/mL did not affect the viability of the cells. Therefore, *Cyrtosperma johnstonii* extract is interesting herbs can be applied to future research.

Keywords: *Cyrtosperma johnstonii, cytotoxicity, PBMCs*

บทนำ

ในปัจจุบันคนให้ความสนใจในเรื่องสุขภาพกันมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการออกกำลังกาย การทำกิจกรรมต่างๆเพื่อผ่อนคลายความเครียด การตรวจสุขภาพประจำปี หรือแม้แต่การเลือกรับประทานอาหารที่มีประโยชน์ เป็นต้น [1] ขณะที่การรักษาโรคต่างๆ ในปัจจุบันมีวิวัฒนาการทางการแพทย์พัฒนาไปไกลมาก ทั้งทันสมัยและสามารถรักษาคนได้หลายวิธี แต่ก็ยังมีผลข้างเคียงของการรักษา อย่างไรก็ตามในสังคมคนไทยนั้นการแพทย์ทางเลือก (alternative medicine) [2] ก็ยังได้รับความนิยมเช่นกันเพราะปัจจุบันคนเลือกที่จะใช้ธรรมชาติบำบัด เลือกรับประทานพืช ผัก ผลไม้ หรือแม้แต่สมุนไพรไทยก็ได้รับความนิยมมากยิ่งขึ้น โดยที่พืชสมุนไพรไทยมีหลากหลายชนิด แต่ละชนิดก็มีแหล่งที่ปลูกตามท้องถิ่น โดยการรักษานั้นอาจจะเลือกใช้ส่วนต่างๆของพืชสมุนไพร เช่น ลำต้น ราก ใบ ผล เปลือก ยาง เป็นต้น นำมาสกัดเอาส่วนที่เป็นตัวยาสำคัญด้วยวิธีที่หลากหลาย เช่น ต้ม ฝน บด ดอง เป็นต้น โดยที่ตัวยาหลังจากปรุงตามตำราแล้วอาจจะมีลักษณะเป็นเม็ด เป็นผง เป็นน้ำ ผู้ป่วยสามารถรับประทานได้เลย ตัวยาบางประเภทอาจจะใช้วิธีการพอก หรือประคบตามอวัยวะที่มีการเจ็บปวดก็ได้ [3]

สิงหโมรา (*Cyrtosperma johnstonii*) หรือเรียกว่า ผักหนามฝรั่ง จัดเป็นสมุนไพรไทยชนิดหนึ่งที่มีคนรู้จักน้อย พบได้ในประเทศไทย มาเลเซียและอินโดนีเซีย เป็นต้น จัดเป็นไม้ล้มลุก ลำต้นสั้น ใบเลี้ยงเดี่ยว มีเหง้าอยู่ใต้ดิน รูปร่างของใบมีลักษณะเป็นรูปศรปลายแหลมสีเขียวเข้ม เส้นกลางใบสีชมพู เมื่อใบอ่อนมีลายสีแดงแต้ม ที่ก้านใบมีหนามขนาดเล็กทู่ๆสีดำ ดอกเป็นช่อแท่งยาว มีใบประดับคล้ายกาบเรือสีน้ำตาลหุ้มอยู่ ผลสดมีขนาดเล็กมีเนื้อนุ่มหุ้มอยู่ข้างนอก ภายในมีเมล็ดที่มีเปลือกแข็งหุ้ม สามารถพบได้บริเวณลำธารที่พื้นเป็นดินโคลนเลนหรือป่าดิบชื้นที่มีแสงแดดเล็กน้อย [4] ส่วนสรรพคุณของสิงหโมรานั้นมีการรายงานพบว่าสารสกัดจากเหง้าสิงหโมรามีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) และยังมีฤทธิ์ต้านเซลล์มะเร็ง (anticancer) ได้หลายชนิด โดยพบว่าสารสกัดสิงหโมราที่สกัดด้วยอะซิโตน (acetone) สามารถยับยั้งการแบ่งตัวและเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งปอดเพาะเลี้ยง (GLC4) ซึ่งมีค่าความเข้มข้นที่ทำให้ปริมาณของเซลล์ลดลงครึ่งหนึ่ง (IC50) เท่ากับ 6 μg/mL และเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวสายมัยอีลอยด์เพาะเลี้ยง (K562) มีค่า IC50 เท่ากับ 11 μg/mL [5] นอกจากนี้เมื่อปี ค.ศ. 2014 กมลวรรณ และคณะ พบว่าสารสกัดด้วยน้ำจากสิงหโมรามีฤทธิ์ยับยั้งการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งได้ โดยทดสอบความเป็นพิษด้วยวิธี trypan blue exclusion ซึ่งพบว่าที่ระดับความเข้มข้นของสารสกัดสิงหโมราที่มากขึ้นจะมีฤทธิ์ยับยั้งการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวเพาะเลี้ยงชนิด Jurkat cells มากยิ่งขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่า IC50 เท่ากับ 3.59 และ 4.40 mg/mL ที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง ตามลำดับ [6] ส่วนสารที่ได้มาจากธรรมชาติคือ สารกลุ่มพฤกษเคมี (phytochemical) ของสิงหโมรานั้นมีการรายงานของ Lois Englberger และคณะเมื่อปีค.ศ. 2008 พบว่าพืชที่อยู่ในสกุล *Cyrtosperma* จะมีสารกลุ่ม Carotenoid เป็นส่วนประกอบ เช่น beta-carotene, alpha-carotene และ lutein เป็นต้น [7] ส่วนการรายงานของ Siriporn Okonogi และคณะเมื่อปี ค.ศ. 2013 พบว่าสารสกัดสิงหโมราที่สกัดด้วยอะซิโตนจะมีสาร Rutin เป็นส่วนประกอบหลักและยังมีสารประกอบกลุ่ม Polyphenolic อีกด้วย [5] แต่อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับสารสกัดสิงหโมราพบได้น้อย และยังไม่ทราบว่าสารสกัดด้วยน้ำจากสิงหโมรานั้นเป็นพิษต่อเซลล์ของคนปกติหรือไม่

ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงสนใจศึกษาทางห้องปฏิบัติการถึงความเป็นพิษของสารสกัดด้วยน้ำจากสิงหโมรา (*Cyrtosperma johnstonii*) ต่อเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดนิวเคลียสเดี่ยว (peripheral blood mononuclear cells; PBMCs) ในคนปกติ เพื่อทดสอบว่าสารสกัดด้วยน้ำจากสิงหโมรามีผลกับเซลล์ของคนปกติหรือไม่ เพราะสมุนไพรที่นำมาใช้นั้นต้องมีผลกับเซลล์ปกติให้น้อยที่สุดจึงจะเกิดผลดีกับผู้ป่วย

วิธีดำเนินการวิจัย

ตัวอย่างเลือดที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นเลือดของคนปกติสุขภาพดี เกณฑ์การคัดเลือกใช้อาสาสมัครที่เป็นคนปกติ สุขภาพดี อายุ 18 ปีขึ้นไป ไม่เจ็บไข้ ไม่ป่วย ไม่มีโรคประจำตัว ไม่ดื่มสุรา ไม่สูบบุหรี่ และนำเลือดของอาสาสมัครผู้เข้าร่วมโครงการแต่ละคนไปปั่นแยกส่วนเพื่อเก็บเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดนิวเคลียสเดี่ยว (peripheral blood mononuclear cells; PBMCs) โดยโครงการวิจัยนี้ได้ขอจริยธรรมการวิจัยในคนจากสถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยรังสิต

การเตรียมสารสกัดสิงหโมรา (*Cyrtosperma johnstonii*) โดยงานวิจัยครั้งนี้ใช้สารสกัดสิงหโมราที่สกัดด้วยน้ำจากส่วนของลำต้นสิงหโมรา ซึ่งได้ความอนุเคราะห์สารสกัดสิงหโมรามาจากอาจารย์ณิราวรรณ์ กิจประไพอำพล อาจารย์ประจำคณะแพทย์แผนตะวันออก มหาวิทยาลัยรังสิต ส่วนการเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงเซลล์จะใช้อาหารชนิด RPMI-1640 with L-glutamine medium ร่วมกับ 10% fetal bovine serum และ 1% penicillin streptomycin และจะเพาะเลี้ยงเซลล์ในตู้อบเพาะเลี้ยงที่มีอุณหภูมิ 37ºC และ 5%CO_2

การเตรียมเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดนิวเคลียสเดี่ยว (PBMCs) โดยนำตัวอย่างเลือดของคนปกติสุขภาพดีที่เจาะเก็บได้จากคนเดียวกันมารวมกันในหลอดทดลอง และเจือจางสัดส่วน 1:1 กับสารละลาย 1X phosphate buffer saline (PBS) แล้วปั่นแยกเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิด PBMCs ออกจากเลือด ด้วยวิธี ficoll-Paque density centrifugation โดยดัดแปลงขั้นตอนการปั่นแยกเซลล์จากวิธีของทิพย์วรรณ ชื่นจิตร และคณะเมื่อปี ค.ศ. 2010 โดยปั่นที่อุณหภูมิห้อง (25ºC) ด้วยความเร็วรอบ 2,500 rpm เป็นเวลา 30 นาที [8] และดัดแปลงขั้นตอนการปั่นล้างเซลล์จากวิธีของ Biddison WE และคณะเมื่อปี ค.ศ. 2001 โดยปั่นล้างเซลล์ PBMCs ด้วย 1X PBS ปั่นที่อุณหภูมิ 20ºC ความเร็วรอบ 1,500 rpm เป็นเวลา 10 นาที จำนวน 1 ครั้งก่อน [9] แล้วจึงปั่นล้างเซลล์ PBMCs ด้วยอาหารเลี้ยงเซลล์ (RPMI-1640) ปั่นที่อุณหภูมิ 20ºC ความเร็วรอบ 1,500 rpm เป็นเวลา 10 นาที จำนวน 2-3 ครั้ง โดยครั้งสุดท้ายให้ปั่นที่ความเร็วรอบ 750 rpm เป็นเวลา 15 นาที ซึ่งเมื่อได้เซลล์ PBMCs แล้ว จึงนำไปตรวจวัดเซลล์ที่มีชีวิตรอดด้วยวิธี trypan blue exclusion ก่อน ซึ่งควรมีเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอด (%cell viability) ของเซลล์มากกว่าเท่ากับ 90% จึงสามารถนำไปใช้ในการทดสอบต่อไปได้ แล้วจึงนำเซลล์ PBMCs ไปเลี้ยงในอาหารเพาะเลี้ยงในตู้อบเพาะเลี้ยงต่อไป โดยทำการทดสอบทั้งหมดจำนวน 3 ครั้ง

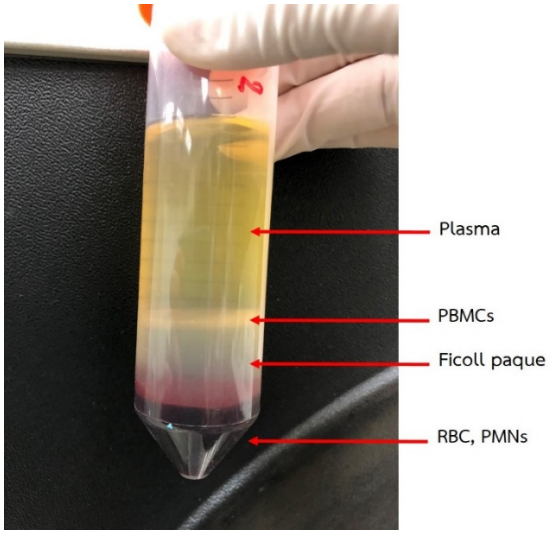
การศึกษาทางห้องปฏิบัติการถึงความเป็นพิษของสารสกัดด้วยน้ำจากสิงหโมราต่อเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดนิวเคลียสเดี่ยว (PBMCs) ในคนปกติ โดยใช้วิธี trypan blue exclusion นำเซลล์ PBMCs 1 x 10^6 cells/mL มาทดสอบกับสารสกัดสิงหโมราที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ คือ 0.195, 0.39, 0.78, 1.56, 3.125, 6.25, 12.5, 25, 50 และ 100 mg/mL ตามลำดับ โดยมี negative control คือ สารสกัดสิงหโมราที่ระดับความเข้มข้น 0 mg/mL (อาหารเลี้ยงเซลล์ RPMI-1640) และใช้ positive control เป็นยา vincristine sulfate 1 mg/mL ทำการเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 37°C และ 5%CO_2 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลา นำเซลล์มาทดสอบการมีชีวิตรอดด้วยวิธี trypan blue exclusion ซึ่งดูการติดสี trypan blue ของเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์และใช้ hemocytometer นับแยกเซลล์ที่มีชีวิตรอดกับเซลล์ที่ตายแล้ว ซึ่งเซลล์ที่มีชีวิตรอดจะมองเห็นเป็นเซลล์ที่มีลักษณะวาวใส ส่วนเซลล์ที่ตายแล้วจะติดสีน้ำเงิน คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเซลล์ (%cell viability) จากสูตร และรายงานเป็นค่าเฉลี่ย %cell viability ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) คำนวณหาความแตกต่างระหว่างกลุ่มที่ได้รับสารสกัดสิงหโมราที่ระดับความเข้มข้นต่างๆกัน เทียบกับกลุ่มควบคุม (negative control) โดยใช้ค่าสถิติ One-way ANOVA โดยทำการทดสอบทั้งหมดจำนวน 3 ครั้ง

$$\%\text{Cell viability} = (\text{Live cells count} / \text{Total cells count}) \times 100$$

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการเตรียมเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดนิวเคลียสเดี่ยวด้วยวิธี Ficoll Paque density centrifugation ซึ่งดัดแปลงขั้นตอนการปั่นแยกเซลล์จากวิธีของทิพย์วรรณ ชื่นจิตร และคณะเมื่อปี ค.ศ. 2010 (8) และวิธีของ Biddison WE และคณะเมื่อปี ค.ศ. 2001 (9) โดยที่ ficoll paque มีความหนาแน่นเท่ากับ 1.077 g/mL หลังจากการปั่นพบว่า สารในหลอดแบ่งแยกออกมาเป็นสามส่วน ดังภาพที่ 1 โดยเซลล์ PBMCs จะมีความหนาแน่นน้อยกว่า จึงทำให้อยู่ด้านบนของชั้น ficoll paque ส่วนด้านล่างคือเซลล์เม็ดเลือดแดงและเซลล์เม็ดเลือดขาวที่มีหลายนิวเคลียส (polymorphonuclear cells; PMNs) ได้แก่ neutrophil และ eosinophil ซึ่งมีความหนาแน่นมากกว่า 1.077 g/mL ทำให้อยู่ส่วนล่างสุด และส่วนที่เป็นน้ำใสด้านบนสุดคือ plasma โดยพบว่าการเตรียมเซลล์ PBMCs ด้วยวิธีนี้จะได้เซลล์ที่มีการปนเปื้อนของเกล็ดเลือดน้อยลง และได้จำนวนเซลล์ PBMCs ปริมาณมาก

เพียงพอ และยังมีเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอด (%cell viability) ของเซลล์เมื่อทดสอบด้วยวิธี trypan blue exclusion เท่ากับ 98% ซึ่งเหมาะสมและสามารถนำไปใช้ในการทดสอบต่อไปได้



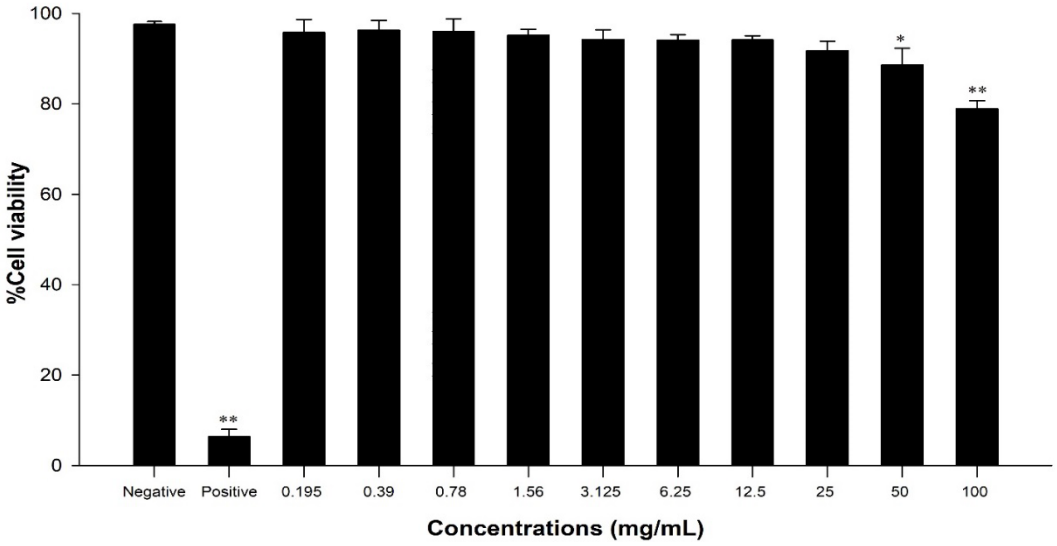
ภาพที่ 1 การแบ่งแยกส่วนของ PBMCs ด้วยวิธี Ficoll Paque density centrifugation

ผลการศึกษาทางห้องปฏิบัติการถึงความเป็นพิษของสารสกัดด้วยน้ำจากสิงหโมรา (*Cyrtosperma johnstonii*) ต่อเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดนิวเคลียสเดี่ยว (PBMCs) ในคนปกติ โดยใช้วิธี trypan blue exclusion พบว่า %cell viability ของ negative control คือสารสกัดสิงหโมราที่ระดับความเข้มข้น 0 mg/mL (อาหารเลี้ยงเซลล์ RPMI-1640) มีค่าเท่ากับ 97.56 ± 0.64% และ positive control (ยา vincristine sulfate 1 mg/mL) มีค่าเท่ากับ 6.34 ± 1.64% ส่วนเซลล์ PBMCs ที่ได้รับสารสกัดสิงหโมราที่ระดับความเข้มข้น 0.195, 0.39, 0.78, 1.56, 3.125, 6.25, 12.5, 25, 50 และ 100 mg/mL มีค่า %cell viability เท่ากับ 95.79 ± 2.88%, 96.27 ± 2.19%, 96.01 ± 2.80%, 95.23 ± 1.28%, 94.17 ± 2.20%, 94.09 ± 1.17%, 94.12 ± 0.97%, 91.81 ± 2.07%, 88.61 ± 3.69% และ 78.91 ± 1.83% ตามลำดับ

โดยที่งานวิจัยนี้พบว่าระดับความเข้มข้นของสารสกัดสิงหโมราที่มากขึ้นจะมีค่าเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอด (%cell viability) ของเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดนิวเคลียสเดี่ยว (PBMCs) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เป็นแบบขึ้นกับปริมาณสาร (dose-dependent) กล่าวคือ สารสกัดสิงหโมราที่ระดับความเข้มข้น 50 mg/mL มีค่า %cell viability ของเซลล์เท่ากับ 88.61 ± 3.69% ซึ่งมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และสารสกัดสิงหโมราที่ระดับความเข้มข้น 100 mg/mL มีค่า %cell viability ของเซลล์เท่ากับ 78.91 ± 1.83% ซึ่งมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) เมื่อเทียบกับกลุ่มเซลล์ควบคุม (negative control) จากกราฟดังภาพที่ 2

จากงานวิจัยนี้พบว่าสอดคล้องกับการรายงานของ Siriporn Okonogi และคณะ เมื่อปี ค.ศ. 2013 ที่ทดสอบการมีชีวิตรอดของเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดนิวเคลียสเดี่ยว (PBMCs) ของคนปกติเช่นกัน แต่ทดสอบด้วยสารสกัดสิงหโมราที่สกัดด้วยตัวทำละลายหลากหลายชนิด เช่น Hexane, Acetone, Ethyl acetate และ Methanol เป็นต้น โดยใช้สารสกัดสิงหโมราที่ระดับความเข้มข้น 0.5 ถึง 100 μg/mL ทดสอบกับเซลล์เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วทดสอบความเป็นพิษด้วยวิธี MTT พบว่าสารสกัดสิงหโมราที่สกัดด้วย Acetone, Ethyl acetate และ Methanol ที่ระดับความเข้มข้นมากขึ้นจะมีผลต่อการมีชีวิตรอดของเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิด PBMCs ของคนปกติลดลง แต่ในขณะที่สารสกัดสิงหโมราที่สกัดด้วย Hexane ระดับความเข้มข้นที่มากขึ้นกลับไม่มีผลต่อการมีชีวิตรอดของเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิด PBMCs ของคนปกติเลย แต่เนื่องจากสารสกัดสิงหโมราที่สกัดด้วย Hexane นั้นกลับมี

ฤทธิ์ยับยั้งการแบ่งตัวและเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งได้น้อยที่สุด [5] ขณะที่การศึกษาวิจัยครั้งนี้พบว่าสารสกัดสิงหโมราที่สกัดด้วยน้ำที่ระดับความเข้มข้นต่ำกว่า 50 mg/mL จะไม่มีความเป็นพิษต่อเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดนิวเคลียสเดี่ยว (PBMCs) โดยที่การเลือกใช้สารสกัดสิงหโมราที่สกัดด้วยน้ำ สารออกฤทธิ์และปริมาณที่ได้อาจจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับตัวทำละลาย และการใช้น้ำเป็นตัวทำละลายผลข้างเคียงของน้ำซึ่งเป็นตัวทำละลาย อาจจะมีผลต่อการทดสอบน้อยกว่าการใช้สารชนิดอื่นๆได้



ภาพที่ 2 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอด (%cell viability) ของเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดนิวเคลียสเดี่ยว (PBMCs) ที่ทดสอบกับสารสกัดสิงหโมรา (*Cyrtosperma johnstonii*) ที่ความเข้มข้นต่างๆกัน ด้วยวิธี trypan blue exclusion test โดยใช้ค่าสถิติ One-Way ANOVA (turkey comparison) ซึ่ง * หมายถึง ค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) และ ** หมายถึง ค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.001) เมื่อเทียบกับ negative control

นอกจากนี้ยังมีการรายงานพบว่าสารสกัดสิงหโมราส่วนของเหง้าที่สกัดด้วยอะซิโตน (acetone) จะมีฤทธิ์ยับยั้งการแบ่งตัวและเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวเพาะเลี้ยงและเซลล์มะเร็งปอดเพาะเลี้ยงได้ดีว่าตัวทำละลายชนิดอื่นๆและยังไม่มีผลต่อเซลล์ของคนปกติ (PBMCs) ร่วมด้วย ทั้งนี้พบว่าสารสกัดสิงหโมราที่สกัดด้วยอะซิโตนนั้นมีสาร Rutin เป็นส่วนประกอบหลัก [5] โดยที่ Rutin จัดอยู่ในกลุ่ม Flavonoids ซึ่งมีสรรพคุณได้หลายอย่าง เช่น มีฤทธิ์ในการยับยั้งการแบ่งและเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็ง (anticancer) [10] และเหนี่ยวนำให้เกิดการตายแบบอะพอพโทซิส (apoptosis) ในเซลล์มะเร็งเต้านมเพาะเลี้ยง (MB-MDA-231) [11] และมีฤทธิ์ต้านการอักเสบ (anti-inflammatory) [12] เป็นต้น ขณะที่การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นเพียงการศึกษาเบื้องต้น คาดว่าสารสกัดด้วยน้ำจากสิงหโมราน่าจะมีสารออกฤทธิ์หลายชนิดเช่นกัน แต่คงต้องนำไปศึกษาพัฒนาต่อยอดเพื่อทดสอบหาสารที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของสารสกัดสิงหโมรานี้ต่อไป เพราะแหล่งดินที่ปลูก สภาพอากาศ สิ่งแวดล้อม หรือแม้แต่วิธีการสกัด ส่วนที่นำมาสกัด ตัวทำละลาย ก็สามารถให้สารที่เป็นองค์ประกอบปริมาณที่แตกต่างกันได้ ดังนั้นสิงหโมราจัดเป็นสมุนไพรที่มีความน่าสนใจ สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดงานวิจัยในอนาคตได้ แต่อย่างไรก็ตามการเลือกใช้สมุนไพรมาใช้รักษาผู้ป่วยนั้น ควรเลือกสมุนไพรที่สามารถออกฤทธิ์ได้แต่มีผลข้างเคียงกับเซลล์ปกติให้น้อยที่สุด

สรุป

จากผลการศึกษาทางห้องปฏิบัติการถึงความเป็นพิษของสารสกัดด้วยน้ำจากสิงหโมรา (*Cyrtosperma johnstonii*) ต่อเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดนิวเคลียสเดี่ยว (peripheral blood mononuclear cells; PBMCs) ในคนปกติ ด้วยวิธี trypan blue exclusion พบว่าสารสกัดสิงหโมราที่สกัดด้วยน้ำที่ระดับความเข้มข้นต่ำกว่า 50 mg/mL จะไม่มีความเป็นพิษต่อเซลล์เม็ดเลือด

ขาวชนิดนิวเคลียสเดี่ยว (PBMCs) เมื่อเทียบกับกลุ่มเซลล์ควบคุม (negative control) แต่อย่างไรก็ตามการการศึกษาความเป็นพิษของสารสกัดด้วยวิธี trypan blue exclusion เพื่อตรวจดูองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการตายของเซลล์ ซึ่งอาจจะได้ผลการทดสอบเบื้องต้น เพราะเป็นวิธีที่ราคาประหยัด ทั้งนี้สามารถเลือกการตรวจวัดด้วยวิธีอื่นๆ ที่มีความไวกว่าได้ เช่น วิธี MTT assay, วิธี XTT assay เป็นต้น และควรนำสารสกัดสิงหโมรานี้ไปทดสอบหาสารที่เป็นองค์ประกอบสำคัญต่อไปเพื่อเป็นประโยชน์ ซึ่งสิงหโมราจัดเป็นสมุนไพรที่มีความน่าสนใจ สามารถนำความรู้ที่ได้ไปต่อยอดการวิจัยเพิ่มเติมได้ เนื่องจากเป็นสมุนไพรที่น้อยคนจะรู้จักและการศึกษาวิจัยยังมีอยู่น้อย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยรังสิต ที่อนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ในการวิจัย และเจ้าหน้าที่ที่ให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวก

เอกสารอ้างอิง

1. ธีรวีร์ วราธรไพบูลย์. พฤติกรรมการบริโภค: อาหารนิยมบริโภคกับอาหารเพื่อสุขภาพ consumption behavior : consumerism food and health-conscious food วารสารปัญญาภิวัฒน์2014;5(2):255-64.
2. Moquin B, Blackman MR, Mitty E, Flores S. Complementary and alternative medicine (CAM). Geriatr Nurs2009 May-Jun;30(3):196-203.
3. กรุณา จันทุม, กัลยารัตน์ กำลังเหลือ. การรักษาโรคด้วยสมุนไพรและตำรับยาโบราณของหมอพื้นบ้าน. Journal of Medicine and Health Sciences2017;24(2):48-57.
4. สำนักงานข้อมูลสมุนไพร. ว่านสิงหโมรา. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล2008 [cited 2019]; Available from: http://medplant.mahidol.ac.th/user/reply.asp?id=5328.
5. Okonogi S, Khonkarn R, Mankhetkorn S, Unger FM, Viernstein H. Antioxidant activity and cytotoxicity of *Cyrtosperma johnstonii* extracts on drug sensitive and resistant leukemia and small cell lung carcinoma cells. Pharm Biol2013 Mar;51(3):329-38.
6. กมลวรรณ เถาสมบูรณ์, ธัญญธร ชัยสอน, พรสุดา พิชัยยุทธิ์, ยุพา อินทะเสน, อนุรักษ์ มนตรีชน. การศึกษาความเป็นพิษของสารสกัดสิงหโมราในเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวชนิด T-Cells (Cytotoxic Effect of *Cyrtosperma johnstonii* Extract in Leukemia T-Cells) ปทุมธานี: คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยรังสิต; 2014.
7. Englberger L, Schierle J, Kraemer K, Aalbersberg W, Dolodolotawake U, Humphries J, et al. Carotenoid and mineral content of Micronesian giant swamp taro (*Cyrtosperma*) cultivars. Journal of Food Composition and Analysis2008;21(2):93-106.
8. ทิพย์วรรณ ชื่นจิตร, สุจิตรา สุขวิทย์, ฉัตรี คมกริช, สุชชนา แทบประสิทธ์, จุฑาภรณ์ จั่นวงศ์แก้ว, อวิรุทธ์ อุ่นอารมย์, et al. การแยกเม็ดเลือดขาวชนิดโมโนซัยท์อย่างง่ายโดยวิธีการปั่นแยกด้วยเปอร์คอล. เวชสารแพทย์ทหารบก (Royal Thai Army Medical Journal) 2010;63(1):13-22.
9. Biddison WE. Preparation and culture of human lymphocytes. Curr Protoc Cell Biol2001 May;Chapter 2:Unit 2
10. Ganeshpurkar A, Saluja AK. The Pharmacological Potential of Rutin. Saudi Pharmaceutical Journal2016;25(2):149-64.
11. Iriti M, Kubina R, Cochis A, Sorrentino R, Varoni EM, Kabala-Dzik A, et al. Rutin, a Quercetin Glycoside, Restores Chemosensitivity in Human Breast Cancer Cells. Phytother Res2017 Oct;31(10):1529-38.

12. Yoo H, Ku S-K, Baek Y-D, Bae J-S. Anti-inflammatory effects of rutin on HMGB1-induced inflammatory responses in vitro and in vivo. Inflammation Research2014;63(3):197-206.

[HS-P13] การศึกษาผลของสารสกัดด้วยน้ำจากสิงหโมราต่อลักษณะรูปร่างของเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวชนิด Jurkat cells

The Effect of Water Extract from *Cyrtosperma johnstonii* on the Morphology of Jurkat Cells

ชัชชัย เสียงดัง* และ นราวัลลภ์ แก้วทวี
Chatchai Seangdang* and Narawan Kaewthawee
[1]*ภาควิชาโลหิตวิทยาและจุลทรรศนศาสตร์คลินิก คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยรังสิต*
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: chatchai.s37@hotmail.com*

บทคัดย่อ

สิงหโมรา (*Cyrtosperma johnstonii*) จัดเป็นสมุนไพรไทยชนิดหนึ่งที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการแบ่งตัวและการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งได้หลายชนิด มะเร็งเม็ดเลือดขาวนั้นจัดเป็นมะเร็งที่มีการเร่งสร้างเซลล์เม็ดเลือดขาวเป็นจำนวนมาก โดยมีหน้าที่ในการทำงานที่ผิดปกติไปจากปกติ การรักษามะเร็งเม็ดเลือดขาวจะนิยมใช้ยาเคมีบำบัดเป็นหลัก แต่มักจะเกิดผลข้างเคียงจากการรักษา ปัจจุบันจึงมีการนำสมุนไพรไทยมาใช้ร่วมกันกับยาแผนปัจจุบันกันมากขึ้นเพื่อลดผลข้างเคียงของยา โดยสิงหโมราจัดเป็นสมุนไพรที่ยับยั้งการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวได้ แต่กลไกการตายของเซลล์ยังไม่ทราบแน่ชัด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาลักษณะรูปร่างของเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวเพาะเลี้ยงชนิด Jurkat cells ที่ทดสอบด้วยสารสกัดด้วยน้ำจากสิงหโมราเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ด้วยวิธี Wright-Giemsa staining เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม จากผลการวิจัยพบว่า ลักษณะรูปร่างของเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวเพาะเลี้ยงชนิด Jurkat cells ที่ทดสอบด้วยสารสกัดสิงหโมราที่ระดับความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น จะมีลักษณะการขดรวมตัวของโครมาตินมากยิ่งขึ้น และยังพบเศษของนิวเคลียสได้อีกด้วย ดังนั้นสารสกัดสิงหโมราอาจจะเป็นทางเลือกหนึ่งที่มีความน่าสนใจในการนำมาประยุกต์ใช้รักษาโรคมะเร็งเม็ดเลือดขาวได้ในอนาคต

คำสำคัญ: *สารสกัดสิงหโมรา, ลักษณะรูปร่าง, โครมาตินขดรวมตัว, Jurkat cells*

Abstract

Cyrtosperma johnstonii is one of the Thai traditional herbs for the treatment of many diseases including several types of cancer. Leukemia is classified as cancer that rapid production of abnormal white blood cells. Chemotherapeutic agents are mainly used for the treatment of leukemia but they have side effects from treatment. However, herbs and alternative medicine are used together with conventional medicine for decreasing side effect. The extract from *Cyrtosperma johnstonii* had also been reported to have an anticancer activity but the mechanism of action is unclear. This study investigated the effect of water extract from *Cyrtosperma johnstonii* on the morphology of Jurkat cells. Jurkat cells were cultured *in vitro* and treated with various concentration of *Cyrtosperma johnstonii* extract for 24 h and cells were stained with Wright-Giemsa dye to observe the morphology of cell compared with cells in the negative control. The results of Wright-Giemsa staining shows that morphology of Jurkat cells have chromatin condensation in dose-dependent manner compare negative control and also found nuclear fragmentation. Therefore, *Cyrtosperma johnstonii* extract is another option that can be used to treat leukemia.

Keywords: *Cyrtosperma johnstonii, morphology, chromatin condensation, Jurkat cells*

บทนำ

มะเร็งเม็ดเลือดขาวเป็นมะเร็งที่เกิดขึ้นจากความผิดปกติของกระบวนการและกลไกที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเซลล์เม็ดเลือดในไขกระดูก ทำให้มีการเร่งสร้างเซลล์เม็ดเลือดขาวเป็นจำนวนมากและมีหน้าที่การทำงานที่ผิดปกติไป [(1)] โดยที่มะเร็งเม็ดเลือดขาวเป็นโรคมะเร็งในเด็กที่พบได้บ่อยที่สุด สามารถแบ่งออกได้หลายชนิด และแต่ละชนิดมีอุบัติการณ์ที่แตกต่างกัน โดยชนิดที่พบได้บ่อยคือ มะเร็งเม็ดเลือดขาวเฉียบพลันชนิดลิมโฟบลาสต์ (Acute lymphoblastic leukemia; ALL) ซึ่งปัจจัยเสี่ยงที่ก่อให้เกิดโรคโดยทั่วไปเกิดจากปัจจัยภายนอกหรือสิ่งแวดล้อม เช่น การได้รับสัมผัสสารก่อมะเร็ง (carcinogen) และปัจจัยทางพันธุกรรมซึ่งเป็นปัจจัยที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ที่จำเพาะของแต่ละคน [(2)] ปัจจุบันมีการศึกษาเพื่อพัฒนาการรักษาโรคอย่างกว้างขวาง ส่งผลทำให้ผู้ป่วยเด็กโรคนี้มีอัตราการรอดชีวิตที่สูงขึ้นเรื่อยๆ การรักษาโดยทั่วไปจะใช้ยาเคมีบำบัดเป็นหลัก และนอกจากนี้ยังมีวิธีการรักษาด้วยรังสีรักษา (radiation) การปลูกถ่ายไขกระดูก การให้ยารักษาตรงเป้า (targeted therapy) และการแพทย์ทางเลือก (alternative medicine) เป็นต้น โดยการแพทย์ทางเลือกนั้นเป็นที่น่าสนใจในปัจจุบัน ซึ่งจะช่วยรักษาโรค หรือใช้เพื่อลดผลข้างเคียงของยาที่ใช้อยู่ให้ลดน้อยลง หรือบรรเทาอาการของโรคได้ การแพทย์ทางเลือกนั้นมีหลากหลายรูปแบบในการรักษา เช่น การฝังเข็ม แพทย์แผนจีน การใช้สมุนไพร เป็นต้น [(3)] ในปัจจุบันนั้นได้มีการค้นพบสารชนิดต่างๆ ที่ได้มาจากธรรมชาติคือสารกลุ่มพฤกษเคมี (phytochemical) โดยมีสรรพคุณเป็นสารป้องกันมะเร็ง (chemopreventive agents) หรือสารยับยั้งการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็ง (anticancer) ซึ่งพบได้บ่อยในพืชผัก ผลไม้ หรือแม้แต่สมุนไพรไทยบางชนิด [(4)]

สิงหโมรา (*Cyrtosperma johnstonii*) เป็นสมุนไพรชนิดหนึ่ง พบได้ในประเทศไทยและแถบเอเชีย เช่น ประเทศมาเลเซียและอินโดนีเซีย โดยพบว่าสิงหโมราถูกนำมาใช้ในการแพทย์แผนไทยเพื่อรักษาโรคหลายชนิด รวมทั้งโรคมะเร็งด้วย โดยมีการรายงานพบว่าสรรพคุณของสิงหโมรามีฤทธิ์ต้านเซลล์มะเร็งได้ สามารถยับยั้งการแบ่งตัวและเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งปอดเพาะเลี้ยงชนิด GLC4 และเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวสายมัยอีลอยด์เพาะเลี้ยงชนิด K562 ได้ นอกจากนี้ยังมีสรรพคุณเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) ได้อีกด้วย และยังพบว่าสารสกัดสิงหโมราที่สกัดด้วยอะซิโตน (acetone) จะมีสาร Rutin เป็นส่วนประกอบหลัก [(5)] โดยที่ Rutin (3, 3’,4’,5 ,7-pentahydroxyflavone-3-rhamnoglucoside) จัดอยู่ในกลุ่ม Flavonoids ซึ่งมีสรรพคุณได้หลายอย่าง เช่น มีฤทธิ์ในการยับยั้งการแบ่งเซลล์มะเร็ง (anticancer) ฤทธิ์ในการช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน ฤทธิ์ต้านเบาหวานและไขมัน เป็นต้น [(6)] และจากการศึกษายังพบว่าสารสกัดสิงหโมราสามารถยับยั้งการแบ่งตัวและเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวเพาะเลี้ยงชนิด Jurkat cells ได้ โดยมีค่าความเข้มข้นที่ทำให้ปริมาณของเซลล์ลดลงครึ่งหนึ่ง (IC50) เท่ากับ 2.60 mg/mL เมื่อทดสอบด้วยวิธี Trypan blue exclusion test [(7)] แต่ยังไม่ทราบว่าสารสกัดสิงหโมราทำให้รูปร่างของเซลล์มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

กลไกการตายของเซลล์เกิดจากกระบวนการที่แตกต่างกันสองกระบวนการคือการตายแบบอะพอพโทซิส (apoptosis) และการตายแบบเนโครซิส (necrosis) โดยอะพอพโทซิสเป็นแบบแผนการตายของเซลล์ (programmed cell death) ที่ถูกควบคุมด้วยยีน ซึ่งเซลล์จะถูกชักนำให้เกิดการตายเมื่อได้รับสัญญาณจากภายในเซลล์หรือจากนอกเซลล์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นภายในเซลล์ผ่านสัญญาณต่างๆ โดยจะพบลักษณะของเซลล์ที่เปลี่ยนแปลงคือ เซลล์มีการหดตัวขึ้น (cell shrinkage) เกิดการสูญเสียปริมาตรของเซลล์ (loss of cell volume) บริเวณ nuclear membrane และ plasma member มีลักษณะเป็นถุงที่เรียกว่า blebbing หรือนิวเคลียสรวมตัวกันแน่น (nuclear condensation) โครมาตินเกาะกลุ่ม (chromatin aggregation) และดีเอ็นเอถูกย่อยเป็นชิ้นเล็กๆ (endonucleocytic degradation of DNA into nucleosomal fragments) เป็นต้น [(8)] และท้ายสุดเซลล์จะถูกทำให้แตกและถูกห่อหุ้มด้วย membrane เรียกว่า apoptotic bodies ซึ่งภายในจะมี condensed chromatin และโครงสร้างต่างๆ จากนั้นเซลล์ macrophage จะจับกิน apoptosis bodies ต่อไป ซึ่งแตกต่างจากการตายแบบเนโครซิส (necrosis) ซึ่งเซลล์และโครงสร้างของเซลล์จะบวมและแตก ทำให้องค์ประกอบภายในเซลล์ถูกปล่อยออกสู่เซลล์ข้างเคียง ทำให้เกิดการตอบสนองแบบ inflammatory response ทำให้เซลล์และเนื้อเยื่อเกิดการอักเสบและถูกทำลายได้ [(9)]

ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงสนใจศึกษาลักษณะรูปร่างของเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวเพาะเลี้ยงชนิด Jurkat cells ที่ทดสอบด้วยสารสกัดด้วยน้ำจากสิงหโมราเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ด้วยวิธี Wright-Giemsa staining เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม เพื่อดูกลไก

การตายของเซลล์ว่าเกิดจากกระบวนการใด โดยสมุนไพรชนิดนี้อาจจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการรักษาโรคมะเร็งเม็ดเลือดขาว และหากการวิจัยครั้งนี้สำเร็จไปด้วยดีจะสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางการรักษาโรคมะเร็งเม็ดเลือดขาวต่อไปในอนาคตได้

วิธีดำเนินการวิจัย

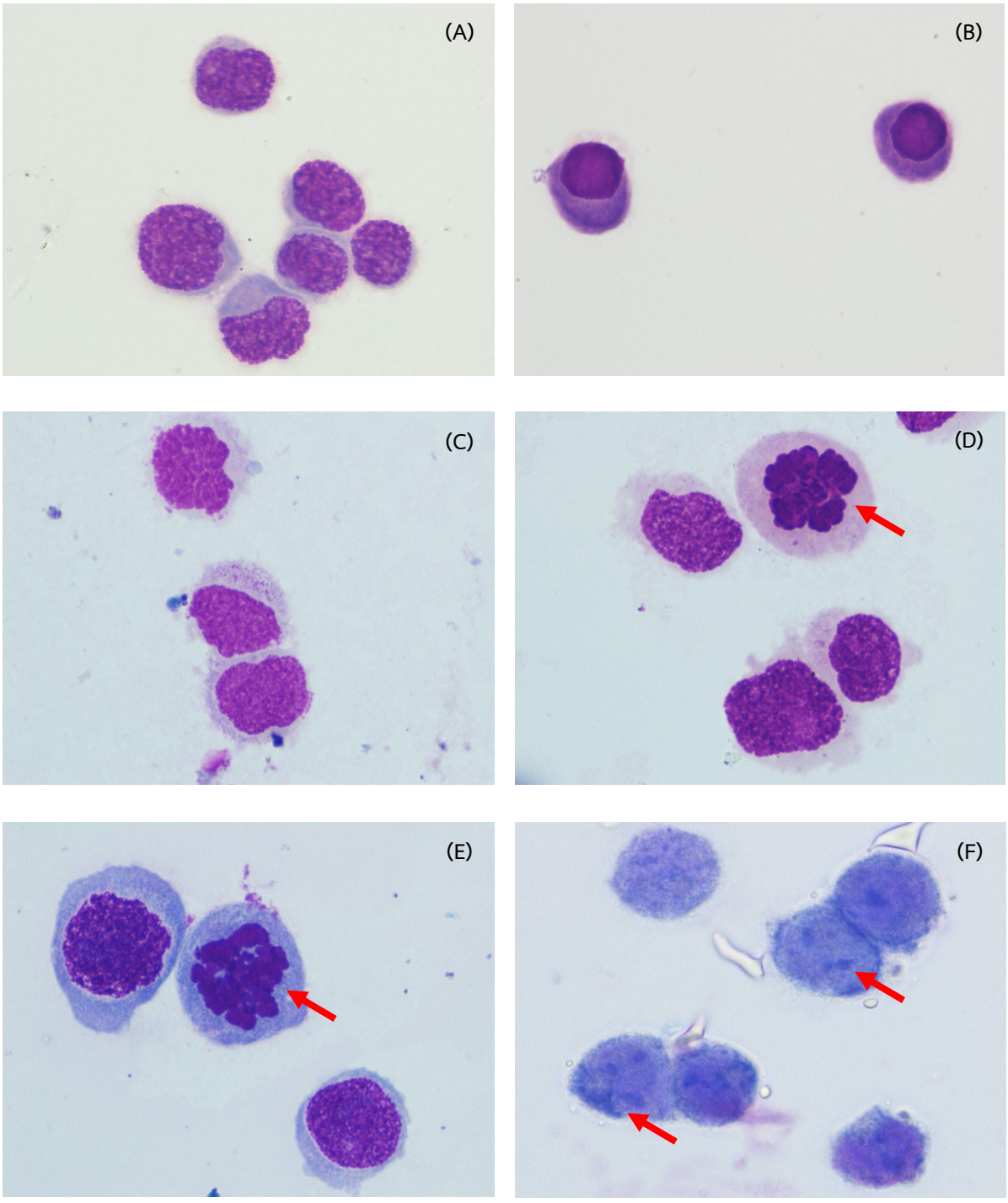
การเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงเซลล์จะใช้อาหารชนิด RPMI-1640 with L-Glutamine medium ร่วมกับ 10% Fetal Bovine Serum และ 1% Penicillin Streptomycin ทำการเพาะเลี้ยงเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวชนิด Jurkat cells ซึ่งเป็นตัวแทนของเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวสายลิมฟอยด์ โดยเพาะเลี้ยงเซลล์ในตู้อบเพาะเลี้ยงที่มีอุณหภูมิ 37ºC และ 5% CO_2

การเตรียมสารสกัดสิงหโมรา (*Cyrtosperma johnstonii*) จะใช้ส่วนของลำต้นสิงหโมรามาสกัดด้วยน้ำเพื่อให้ได้สารสกัดสิงหโมรา โดยได้ความอนุเคราะห์สารสกัดสิงหโมรามาจากอาจารย์ณิราวรรณ์ กิจประไพอำพล อาจารย์ประจำคณะแพทย์แผนตะวันออก มหาวิทยาลัยรังสิต

การศึกษาผลของสารสกัดด้วยน้ำจากสิงหโมรา (*Cyrtosperma johnstonii*) ต่อลักษณะรูปร่าง (morphology) ของเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวชนิด Jurkat cells ด้วยวิธี Wright-Giemsa staining โดยนำเซลล์เพาะเลี้ยงชนิด Jurkat cells 0.5 x 10^6 cells/mL มาทดสอบด้วยสารสกัดสิงหโมรา (*Cyrtosperma johnstonii*) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ กัน คือ 0.195, 0.39, 0.78, 1.56, 3.125, 6.25, 12.5, 25, 50 และ 100 mg/mL ตามลำดับ ซึ่งมี negative control คือสารสกัดสิงหโมราที่ระดับความเข้มข้น 0 mg/mL และ positive control คือยา vincristine sulfate 1 mg/mL เพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 37°C และ 5% CO_2 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำเซลล์ที่ได้ไปปั่นล้างและสเมียร์ลงสไลด์ ย้อมด้วยสี Wright-Giemsa stain และส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิด Light microscope และบันทึกภาพด้วยโปรแกรม NIS-Element D โดยสังเกตลักษณะของรูปร่างของเซลล์ที่ทดสอบกับสารสกัดว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรเมื่อเปรียบเทียบกับ negative control โดยทำการทดสอบจำนวน 3 ครั้ง

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการศึกษาลักษณะรูปร่าง (morphology) ของเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวชนิด Jurkat cells ที่ทดสอบด้วยสารสกัดด้วยน้ำจากสิงหโมรา (*Cyrtosperma johnstonii*) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และย้อมดูลักษณะรูปร่างของเซลล์ด้วยวิธี Wright-Giemsa staining พบว่า ลักษณะรูปร่างของเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวชนิด Jurkat cells ที่ทดสอบด้วยสารสกัดสิงหโมราที่ระดับความเข้มข้นต่างๆกัน มีการเปลี่ยนแปลงของรูปร่างของเซลล์เกิดขึ้น ดังภาพที่ 1 เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (negative control) และกลุ่มที่ใช้ยา Vincristine sulfate (positive control) โดยพบว่าที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 1.56 mg/mL จะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงของลักษณะรูปร่างของเซลล์ Jurkat คือ โครมาตินมีการขดรวมตัว (condensation) และที่ระดับความเข้มข้นของสารสกัดสิงหโมราที่เพิ่มขึ้นจะเห็นการขดรวมตัวของโครมาตินชัดเจนมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังพบเศษของนิวเคลียส (nuclear fraction) ได้อีกด้วย ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับการตายแบบอะพอพโทซิส (apoptosis) ซึ่งงานวิจัยนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Takahiro Maeda และคณะ เมื่อปี ค.ศ. 1999 พบว่าเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวเพาะเลี้ยงชนิด adult T-cell leukemia cell line (KOB) ที่ทดสอบกับ anti-Fas monoclonal antibody เป็นเวลา 16 ชั่วโมง และย้อมด้วยสี May-Grunwald Giemsa stain พบว่าเซลล์มีการตายแบบ apoptosis โดยมีขนาดเซลล์ลดลง (reduction of cell size) มีการขดรวมตัว (condensation) และเกาะกลุ่ม (aggregation) ของโครมาติน และพบเศษของนิวเคลียส (nuclear fraction) [(10)]



ภาพที่ 1 ลักษณะรูปร่างของเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวชนิด Jurkat cells ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด Light microscope ที่กำลังขยาย 100x เมื่อทดสอบกับสารสกัดสิงหโมราที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

(A) Negative control (สารสกัดสิงหโมรา 0 mg/mL) (B) Positive control (Vincristine Sulfate 1 mg/mL)

(C) สารสกัดสิงหโมรา 0.39 mg/mL (D) สารสกัดสิงหโมรา 3.125 mg/mL

(E) สารสกัดสิงหโมรา 12.5 mg/mL (F) สารสกัดสิงหโมรา 100 mg/mL

Christin Kretzschmar และคณะ เมื่อปี ค.ศ. 2014 พบว่าสารประกอบ arylindolylmaleimide (PDA-66) สามารถยับยั้งการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวของสายลิมฟอยด์เพาะเลี้ยงชนิด SEM (B-ALL cell lines) และ Jurkat cells ได้

โดยเมื่อนำเซลล์ที่ทดสอบเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ไปย้อมสี pappenheim stain และดูใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่า โครมาตินของเซลล์มีการขดรวมตัวกัน (chromatin condensation) มากขึ้น และพบว่านิวเคลียสเกิดการแตกหักแบบ karyorrhexis [11] และเมื่อปี ค.ศ. 2014 Daniela Beck da Silva Marcondes และคณะ พบว่าสารสกัดจาก *Lafoensia pacari* สามารถชักนำให้เกิดการตายแบบ apoptosis ของเซลล์มะเร็งได้ โดยเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวที่ทดสอบด้วยสารสกัดที่สกัดด้วย methanol ที่เวลา 6 ถึง 48 ชั่วโมง แล้วนำมาย้อมด้วยสี May-Grunwald Giemsa stain จะพบแวคิวโอล (vacuoles) ในไซโตพลาสซึม มีการขดรวมตัวของโครมาติน (chromatin condensation) พบเศษของนิวเคลียส (nuclear fragmentation) และพบ apoptotic bodies ของเซลล์ได้ และที่เวลา 48 ชั่วโมง จะพบลักษณะของแวคิวโอลเพิ่มมากขึ้น ร่วมกับการพบโครมาตินขดรวมตัวกันมากยิ่งขึ้นเช่นกัน [12]

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยใช้ Positive control คือยา Vincristine Sulfate เนื่องจากมีการรายงานของ Groninger และคณะ เมื่อปี ค.ศ. 2000 พบว่ายา Vincristine สามารถชักนำให้เกิดการตายแบบ apoptosis ใน peripheral blood mononuclear cells (PBMCs) ของเด็กที่เป็นมะเร็งเม็ดเลือดขาวชนิด Acute lymphoblastic leukemia (ALL) โดยทำการทดสอบด้วยวิธี Terminal deoxynucleotide transferase-mediated dUTP-digoxigenin nick-end labeling (TUNEL) assay [13] นอกจากนี้ยังมีการศึกษาผลของยาที่ใช้รักษามะเร็งชนิดต่างๆทั้งที่มีฤทธิ์ต้านการแบ่งตัว (antimitotic) และมีฤทธิ์ทำลายดีเอ็นเอ (DNA-damaging drug) โดยพบว่าเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวเพาะเลี้ยงชนิด Jurkat เมื่อทดสอบกับยาต้านมะเร็งชนิดต่างๆ เช่น Etoposide, Cisplatin, Taxol และ Nocodazole เป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบว่าเซลล์มีลักษณะการตายแบบ apoptosis โดยพบ nuclei มีขนาดใหญ่และรูปร่างผิดปกติ (enlarged and irregular nuclei) มีนิวเคลียสหลายนิวเคลียส (multinucleated) และพบการแบ่งตัวแบบ mitosis ที่ผิดปกติด้วย [14]

สรุป

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของสารสกัดสิงหโมราที่เพิ่มขึ้นสามารถเหนี่ยวนำให้เซลล์มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเซลล์เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (negative control) และกลุ่มที่ใช้ยา Vincristine sulfate (positive control) โดยพบว่า โครมาตินของเซลล์มีการขดรวมตัว และพบเศษของนิวเคลียส ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับการตายแบบ apoptosis แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาการตายของเซลล์แบบ apoptosis จะยืนยันได้นั้นต้องตรวจวัดด้วยวิธีอื่นๆเพิ่มเติม เช่น วิธีย้อมสี Hoechst และ Propidium iodide, วิธี Annexin V/PI, วิธี DNA fragmentation, วิธีการตรวจวัดเอนไซม์ Caspase และวิธี Terminal deoxynucleotidyl transferase dUTP nick end labeling (TUNEL) assay เป็นต้น โดยสิงหโมราจัดเป็นสมุนไพรที่มีความน่าสนใจและอาจจะเป็นทางเลือกหนึ่งที่ใช้ในการรักษาโรคมะเร็งเม็ดเลือดขาวได้ในอนาคต และสามารถนำความรู้ที่ได้ไปต่อยอดการวิจัยเพิ่มเติมได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยรังสิต ที่อนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ในการวิจัย และเจ้าหน้าที่ที่ให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวก

เอกสารอ้างอิง

1. จิรายุ เอื้อวรากุล. มะเร็งเม็ดเลือดขาว: การวินิจฉัยระดับเซลล์และโมเลกุล. สาขาวิชาโลหิตวิทยา ภาควิชาอายุรศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล 2009
2. สามารถ ภคกษมา. โรคมะเร็งเม็ดเลือดขาวในเด็ก Childhood Leukemia คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล 2016

3. Moquin B, Blackman MR, Mitty E, Flores S. Complementary and alternative medicine (CAM). Geriatr Nurs 2009 May-Jun;30(3):196-203.
4. Surh Y-J. Cancer chemoprevention with dietary phytochemicals. Nature Reviews Cancer 2003;3:768.
5. Okonogi S, Khonkarn R, Mankhetkorn S, Unger FM, Viernstein H. Antioxidant activity and cytotoxicity of Cyrtosperma johnstonii extracts on drug sensitive and resistant leukemia and small cell lung carcinoma cells. Pharm Biol 2013 Mar;51(3):329-38.
6. Ganeshpurkar A, Saluja AK. The Pharmacological Potential of Rutin. Saudi Pharmaceutical Journal2016;25(2):149-64.
7. ซาฮีรา มะรีเป็น, ธวัชชัย คุรุนันท์, มะสำซู บือซา, มูนีเราะห์ เจ๊ะมะ, ยีสมณี ยีเร็ง. ผลของสารสกัดสิงหโมราต่อความเป็นพิษในเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาว(Effect of *Cyrtosperma johnstonii* Extract on Cytotoxicity in Leukemia Cells). . ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยรังสิต; 2015.
8. ปกป้อง ประยงค์, นาถธิดา วีระปรียากูร, สหพัฒน์ บรัศว์รักษ์. อะพอพโทซิส: วิถีและการตรวจวัด Journal of Health Research2007;21(3):227-38.
9. Pollard TD, Earnshaw WC, Lippincott-Schwartz J, Johnson GT. Chapter 46 - Programmed Cell Death. Cell Biology (Third Edition): Elsevier; 2017. p. 797-815.
10. Maeda T, Yamada Y, Moriuchi R, Sugahara K, Tsuruda K, Joh T, et al. Fas gene mutation in the progression of adult T cell leukemia. J Exp Med 1999 Apr 5;189(7):1063-71.
11. Kretzschmar C, Roolf C, Langhammer T-S, Sekora A, Pews-Davtyan A, Beller M, et al. The novel arylindolylmaleimide PDA-66 displays pronounced antiproliferative effects in acute lymphoblastic leukemia cells. BMC Cancer 2014;14(1):71.
12. Da Silva Marcondes DB, Reichert CL, de Andrade LF, de Moraes Santos CA, Weffort-Santos AM. Cytotoxicity and apoptogenic effects of Lafoensia pacari. J Ethnopharmacol 2014 Nov 18;157:243-50.
13. Groninger E, de Graaf SS, Meeuwsen-de Boer GJ, Sluiter WJ, Poppema S. Vincristine-induced apoptosis in vivo in peripheral blood mononuclear cells of children with acute lymphoblastic leukaemia (ALL). Br J Haematol 2000 Dec;111(3):875-8.
14. Maskey D, Yousefi S, Schmid Is, Zlobec I, Perren A, Friis R, et al. ATG5 is induced by DNA-damaging agents and promotes mitotic catastrophe independent of autophagy. Nature Communications 2013;4:2130.

[HS-P14] การศึกษาแนวโน้มระดับน้ำตาลและระดับคอเลสเตอรอลในเลือด ของประชากรในจังหวัดสมุทรปราการระหว่างปี 2550 – 2559

A Study of the Blood Glucose and Cholesterol Level in Samutprakarn Population between 2007-2016

สุชา จุลสำลี* , ภัทรพงษ์ วงษ์อนันต์, พีรวัส เรือนทวีพสุ, ณัฐฌา จาตุรนต์วาณิชย์, สมหญิง งามอุรุเลิศ, นนทยา ทางเรือ, และ ธนสาร ศิริรัตน์

Sucha Chulsomlee*, Phattharaphong Wonganan , Peerawat Ruanthaweepasu , Natcha Jaturonvanit, Somying Ngamurulert, Nontaya Thangrue, and Tanasan Sirirat

[1]คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: staveesit@gmail.com*

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวโน้มระดับน้ำตาลและระดับคอเลสเตอรอลในเลือด รวมทั้งความชุกของภาวะเมตาบอลิกซินโดรม ระหว่างปี 2550 – 2559 จำนวน 1,430 คน โดยศึกษาจากผลการตรวจเลือด และแบบสอบถามที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ Spearman rank correlation และ One-way ANOVA จากการวิจัยพบว่ามีประชากรชายมากกว่าร้อยละ 50 และประชากรหญิงเกือบร้อยละ 50 มีระดับน้ำตาลสูงกว่าปกติ โดยในปี 2559 ค่าเฉลี่ยของระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้นร้อยละ 10 จากปี 2550 ส่วนระดับคอเลสเตอรอลของประชากรนั้นพบว่าเกือบร้อยละ 50 ของประชากรชายและประชากรหญิงมีระดับคอเลสเตอรอลสูงกว่าปกติ โดยในปี 2558 ค่าเฉลี่ยของระดับคอเลสเตอรอลลดลงร้อยละ 8 จากปี 2550 เมื่อทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำตาลในเลือด และระดับคอเลสเตอรอลในเลือดต่อปัจจัยต่าง ๆ พบว่าระดับน้ำตาลในเลือดของประชากรมีความสัมพันธ์กับอายุ ความดันโลหิต ค่าดัชนีมวลกาย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) นอกจากนั้นแล้วพบว่าระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของประชากรมีความสัมพันธ์กับอายุ ความดันโลหิต อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และเมื่อทำการศึกษาความสัมพันธ์ของค่าดัชนีมวลกายพบว่าค่าดัชนีมวลกายในประชากรมีความสัมพันธ์กับการสูบบุหรี่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

คำสำคัญ: *เบาหวาน, ภาวะไขมันในเลือดผิดปกติม เมตาบอลิกซินโดรมม คอเลสเตอรอลม น้ำตาลในเลือด*

Abstract

The purpose of this study was to study blood sugar level and blood cholesterol level trends, and prevalence of metabolic syndrome in Samutprakarn population between 2007-2016. The total subject was 1,430 and questionnaire was used as a tool to collect data. The statistics used in the data analysis was Spearman rank correlation and One-way ANOVA. The study found that over 50% of males and nearly 50% of females had a higher blood sugar level than normal. We found that the blood sugar level in 2016 increases by about 10% compared to 2007. Nearly 50% of both males and females found to have a higher cholesterol level than normal. However, the cholesterol level in 2015 decreases by 8% compared to 2007. When exploring the relationship between blood sugar and blood cholesterol levels and health affecting factors, we found that blood glucose level was significantly associated with age, blood pressure, and body mass index ($p<0.05$). In addition, blood cholesterol was significantly correlated with blood pressure ($p <0.05$). Lastly, body mass index was significantly correlated with smoking ($p<0.05$).

Keywords: *diabetes, dyslipidemia, metabolic syndrome, cholesterol, blood sugar*

บทนำ

จากการศึกษาข้อมูลการเจ็บป่วยของประชากรในจังหวัดสมุทรปราการ ประจำปี 2546 ถึง 2555 สถิติการเจ็บป่วยพบว่าผู้ป่วยโรคเบาหวาน มีจำนวน 3,239 , 1,802 , 3,265 , 4,410 , 4,135 , 4,484 , 5,144 , 5,132 , 4,538 และ 4,006 รายตามลำดับ[1] ซึ่งจากข้อมูลทางสถิติทำให้ทราบว่า โรคเบาหวาน เป็นโรคที่ประชากรไทยป่วยกันมาก เป็นโรคที่เกิดขึ้น 1 ใน 10 ของโรคที่คุกคามประชากรไทยมากที่สุด(1) พบได้ในทุกช่วงวัยและยังมีแนวโน้มที่จะมีผู้ป่วยเพิ่มมากขึ้นทุกปี ทั้งนี้การเป็นโรคเบาหวานเกิดขึ้นจากหลายปัจจัย เช่น อาหาร พฤติกรรมการใช้ชีวิต การออกกำลังกาย พันธุกรรม เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบอีกว่าคนไทยมีระดับคอเลสเตอรอลที่ผิดปกติถึง 9 ล้านคนหรือ 19.4% โดยผู้หญิงมีความชุกมากกว่าผู้ชาย(2) ซึ่งทั้งโรคเบาหวานและการมีระดับคอเลสเตอรอลที่ผิดปกตินั้นส่งผลให้ประชากรไทยป่วยเป็นภาวะเมตาบอลิกซินโดรม (Metabolic syndrome) และโรคหลอดเลือดและหัวใจ (Coronary Heart Disease) เพิ่มมากขึ้นจากผลการสำรวจในปี 2552 พบว่าประชากรไทยอายุมากกว่า 15 ปีขึ้นไปเป็นภาวะเมตาบอลิกซินโดรม มากกว่า 1 ใน 3 ของประชากร[2] ขณะเดียวกันพบการขยายตัวเพิ่มขึ้นของภาวะเมตาบอลิกซินโดรมในเด็กอายุ 1-14 ปี โดยจะพบเด็กที่มีภาวะน้ำหนักเกินและอ้วนอย่างน้อย 1 คนในเด็กทุก ๆ 10 คน(3) และยังพบผู้ป่วยด้วยโรคหลอดเลือดและหัวใจเพิ่มมากขึ้นโดยในปี พ.ศ. 2550 มีอัตราการเสียชีวิตด้วยโรคหลอดเลือดและหัวใจ 20.8 ต่อประชากรแสนคน[4] และเพิ่มขึ้นต่อเนื่องทุกปีจนในปี พ.ศ. 2557 อัตราการเสียชีวิตเพิ่มเป็น 90.34 ต่อประชากรแสนคน[5] โดยสถิติการเสียชีวิตด้วยโรคหลอดเลือดและหัวใจสูงเป็นอันดับ 2 รองจากโรคมะเร็งเท่านั้น การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ศึกษาถึงแนวโน้มของระดับน้ำตาลในเลือด ระดับคอเลสเตอรอลในเลือด และความชุกเมตาบอลิกซินโดรมของประชากรในจังหวัดสมุทรปราการ ในช่วงเวลา 10 ปีที่ผ่านมา ผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้อาจเพื่อเป็นแนวทางในการปรับใช้ในชีวิตประจำวัน เพื่อให้ความเป็นอยู่และมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น ลดความเสี่ยงต่อการเกิดการเจ็บป่วยอื่น ๆ รวมทั้งเป็นเครื่องในการประเมินการเข้าถึงทางการบริการทางสาธารณสุขในการป้องกันและรักษาโรคระดับน้ำตาลในเลือดสูง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ขั้นตอนการวิจัย

1.1 วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ประกอบด้วย แบบสอบถาม โดยส่วนที่ 1 ประวัติส่วนตัว ส่วนที่ 2 ผลการตรวจสุขภาพ

1.2 ตัวอย่าง ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ ประชากรในจังหวัดสมุทรปราการที่มารับการตรวจ มฉก. บริการชุมชน ระหว่างปี 2550 ถึง 2559 จำนวน 1,430 คน จาก อ.พระประแดง อ.เมือง อ. พระสมุทรเจดีย์ อ.บางบ่อ และอำเภอบางเสาธง โดยผู้เข้าร่วมโครงการมีอายุระหว่าง 20-95 ปี ในวิจัยครั้งนี้ได้เจาะเก็บสิ่งส่งตรวจโดยการเจาะ เลือดประมาณ 5 mL ใน NaF tube เพื่อตรวจระดับน้ำตาลในเลือด และ clotted blood tube เพื่อตรวจระดับไขมันในเลือด

1.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลจะได้รับการวิเคราะห์สามแบบ คือ การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ การวิเคราะห์เชิงปริมาณ และการหาความสัมพันธ์และความแตกต่างระหว่างพฤติกรรมการใช้ชีวิต (การออกกำลังกาย การสูบบุหรี่ การดื่มสุรา) การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ ได้แก่ การออกกำลังกาย การสูบบุหรี่ และการดื่มสุรา โดยแสดงเป็นความถี่และ ร้อยละ และการวิเคราะห์เชิงปริมาณ ได้แก่ ระดับน้ำตาลในเลือด ระดับ Cholesterol ในเลือด (mg/dL) และ ค่าดัชนีมวลกาย (BMI) การหาความสัมพันธ์และความแตกต่างระหว่างพฤติกรรมการใช้ชีวิตและผลการตรวจสุขภาพใช้โปรแกรมทางสถิติ Spearman rank correlation ที่ระดับนัยสำคัญ 95% และหาความแตกต่างระหว่างกลุ่มโดยใช้โปรแกรมทางสถิติ One-way ANOVA

ผลการวิจัย

ประวัติส่วนตัว (อายุ การออกกำลังกาย และค่าความดันโลหิต)

ผู้วิจัยทำการศึกษาประวัติส่วนตัวของประชากรในจังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งประกอบด้วย อายุ การออกกำลังกาย และค่าความดันโลหิต

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของประวัติส่วนตัวของประชากรในจังหวัดสมุทรปราการ

ประวัติส่วนตัว	เพศชาย (%)	เพศหญิง (%)
1. อายุของประชากร		
อายุ 20 – 29 ปี	13 (4.6)	42 (3.7)
อายุ 30 – 39 ปี	23 (8.1)	118 (10.3)
อายุ 40 – 49 ปี	65 (22.8)	295 (25.7)
อายุ 50 – 59 ปี	62 (21.8)	335 (29.3)
อายุ 60 – 69 ปี	69 (24.2)	235 (20.5)
อายุ 70 – 79 ปี	36 (12.5)	88 (7.7)
อายุ 80 – 89 ปี	7 (2.5)	10 (0.9)
อายุ 90 – 99 ปี	0 (0)	1 (0.1)
ไม่มีข้อมูล	10 (3.5)	21 (1.8)
2. การออกกำลังกาย		
ไม่เคยออกกำลังกายเลย	61 (21.4)	264 (23.1)
ออกกำลังกายบางครั้ง	154 (54)	656 (57.3)
ออกกำลังกายทุกวัน	63 (22.1)	187 (16.3)
ไม่มีข้อมูล	7 (2.5)	38 (3.3)
3. ความดันโลหิตแบบ Systolic		
น้อยกว่า 120 mmHg	68 (23.9)	419 (36.6)
มากกว่าหรือเท่ากับ 120 mmHg	180 (63.1)	546 (47.7)
ไม่มีข้อมูล	37 (13)	180 (15.7)
4. ความดันโลหิตแบบ Diastolic		
น้อยกว่า 80 mmHg	91 (31.9)	436 (38.1)
มากกว่าหรือเท่ากับ 80 mmHg	157 (55.1)	528 (46.1)
ไม่มีข้อมูล	37 (13)	181 (15.8)

ผลการตรวจระดับน้ำตาลในเลือด และระดับคอเลสเตอรอลในเลือด

การแปลผลการตรวจระดับน้ำตาลและคอเลสเตอรอลในเลือด ดังนี้

ระดับน้ำตาลในเลือด

ระดับกลูโคส	70-99 mg/dl	ปกติ
ระดับกลูโคส	100-125 mg/dl	เสี่ยงต่อการเป็นโรคเบาหวาน
ระดับกลูโคส	≥ 126 mg/dl	อาจเป็นโรคเบาหวาน

ระดับคอเลสเตอรอล

ระดับคอเลสเตอรอล	< 200 mg/dl	ปกติ
ระดับคอเลสเตอรอล	200-239 mg/dl	เสี่ยงต่อการมีระดับคอเลสเตอรอลสูง
ระดับคอเลสเตอรอล	≥ 240 mg/dl	มีระดับคอเลสเตอรอลสูง

จากการวิเคราะห์ระดับน้ำตาลในเลือดของประชากรในจังหวัดสมุทรปราการ โดยใช้เกณฑ์ของ American Diabetes Association 2010 พบว่า ประชากรมีระดับน้ำตาลต่ำกว่าค่าปกติ เป็นชาย 6 คน คิดเป็น ร้อยละ 2.1 เป็นหญิง 28 คน คิดเป็น ร้อยละ 2.4 ระดับปกติ เป็นชาย 121 คน คิดเป็น ร้อยละ 42.5 เป็นหญิง 585 คน คิดเป็น ร้อยละ 51.1 ระดับเสี่ยงที่จะสูง เป็นชาย 99 คน คิดเป็น ร้อยละ 34.7 เป็นหญิง 373 คน คิดเป็น ร้อยละ 32.6 ระดับสูงกว่าค่าปกติ เป็นชาย 57 คน คิดเป็น ร้อยละ 20.0 เป็นหญิง 153 คน คิดเป็น ร้อยละ 13.4 และไม่ระบุข้อมูล เป็นชาย 2 คน คิดเป็น ร้อยละ 0.7 เป็นหญิง 6 คน คิดเป็น ร้อยละ 0.5 (ตารางที่ 2) โดยในปี 2559 ค่าเฉลี่ยของระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้นร้อยละ 10 จากปี 2550 (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละระดับน้ำตาลในเลือดของประชากรในจังหวัดสมุทรปราการ

ระดับน้ำตาลในเลือด	จำนวนชาย (%)	จำนวนหญิง (%)
ระดับต่ำกว่าค่าปกติ (< 70 mg/dL)	6 (2.1)	28 (2.4)
ระดับปกติ (70 – 99 mg/dL)	121 (42.5)	585 (51.1)
ระดับเสี่ยงที่จะสูง (100 – 125 mg/dL)	99 (34.7)	373 (32.6)
ระดับสูงกว่าค่าปกติ (≥ 126 mg/dL)	57 (20)	153 (13.4)
ไม่มีข้อมูล	2 (0.7)	6 (0.5)
รวม	285 (100)	1145 (100)

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระดับน้ำตาลในเลือด และจำนวนผู้ปกติ ผิดปกติ มีความเสี่ยงของระดับน้ำตาลในเลือด รวมทั้งผู้ที่ไม่มีข้อมูลในแต่ละปี

ปี	ค่าเฉลี่ย (mg/dL)	จำนวนปกติ (%)	จำนวนเสี่ยง (%)	จำนวนผิดปกติ (%)	ไม่มีข้อมูล (%)	รวม
2550	103.4	153 (68.3)	34 (15.2)	37 (16.5)	-	224
2551	102.5	145 (65.3)	56 (25.2)	21 (9.5)	-	222
2552	116.8	18 (28.7)	33 (52.3)	12 (19)	-	63
2556	94.7	144 (71.6)	33 (16.4)	23 (11.5)	1 (0.5)	201
2557	109.8	122 (60.1)	55 (27.1)	25 (12.3)	1 (0.5)	203
2558	109.7	104 (51)	70 (34.3)	30 (14.7)	-	204
2559	113.5	88 (28.1)	157 (50.2)	62 (19.8)	6 (1.9)	313
รวม	107.2	773 (54.1)	439 (30.7)	210 (14.7)	8 (0.5)	1,430

จากการวิเคราะห์ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของประชากรในจังหวัดสมุทรปราการ โดยใช้เกณฑ์ของ National Institute of Health , U.S. Department of Health and Human Services พบว่า มีระดับคอเลสเตอรอลอยู่ในระดับปกติ เป็นชาย 92 คน คิดเป็น ร้อยละ 32.3 เป็นหญิง 272 คน คิดเป็น ร้อยละ 23.8 ระดับเสี่ยงที่จะสูง เป็นชาย 69 คน คิดเป็น ร้อยละ 24.2 เป็นหญิง 291 คน คิดเป็น ร้อยละ 25.4 ระดับสูงกว่าค่าปกติ เป็นชาย 49 คน คิดเป็น ร้อยละ 17.2 เป็นหญิง 206 คน คิดเป็น ร้อยละ 18.0 และไม่ระบุข้อมูล เป็นชาย 75 คน คิดเป็น ร้อยละ 26.3 เป็นหญิง 376 คน คิดเป็น ร้อยละ 32.8 (ตารางที่ 4) โดยในปี 2558 ค่าเฉลี่ยของระดับคอเลสเตอรอลลดลงร้อยละ 8 จากปี 2550 ในปี 2559 บริการชุมชนไม่ได้มีการตรวจระดับคอเลสเตอรอลจึงไม่มีข้อมูลของปีดังกล่าว (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 4 จำนวนและร้อยละระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของประชากรในจังหวัดสมุทรปราการ

ระดับคอเลสเตอรอลในเลือด	จำนวนชาย (%)	จำนวนหญิง (%)
อยู่ในระดับปกติ (< 200 mg/dL)	92 (32.3)	272 (23.8)
อยู่ในระดับเสี่ยงที่จะสูง (200 – 239 mg/dL)	69 (24.2)	291 (25.4)
อยู่ในระดับสูงกว่าค่าปกติ (≥ 240 mg/dL)	49 (17.2)	206 (18)
ไม่มีข้อมูล	75 (26.3)	376 (32.8)
รวม	285 (100)	1145 (100)

ตารางที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระดับคอเลสในเลือด และจำนวนผู้ปกติ ผิดปกติ มีความเสี่ยงของระดับคอเลสเตอรอลในเลือด รวมทั้งผู้ที่ไม่มีข้อมูล

ปี	ค่าเฉลี่ย (mg/dL)	จำนวนปกติ (%)	จำนวนเสี่ยง (%)	จำนวนผิดปกติ (%)	ไม่มีข้อมูล (%)	รวม
2550	222.9	72 (32.2)	74 (33)	78 (34.8)	-	224
2551	210.7	86 (38.7)	97 (43.7)	39 (17.6)	-	222
2552	187.7	46 (73)	14 (22.2)	3 (4.8)	-	63
2556	212.1	66 (32.8)	78 (38.8)	55 (27.4)	2 (1)	201
2557	212.6	61 (30)	74 (36.5)	66 (32.5)	2 (1)	203
2558	205.4	33 (16.2)	23 (11.3)	14 (6.8)	134 (65.7)	204
2559	-	-	-	-	313 (100)	313
รวม	208.6	364 (25.5)	360 (25.2)	255 (17.8)	451 (31.5)	1,430

เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างประวัติส่วนตัวกับระดับน้ำตาลในเลือดของประชากรในจังหวัดสมุทรปราการ พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างอายุ ความดันโลหิตทั้ง SP/OP และค่าดัชนีมวลกาย กับระดับน้ำตาลในเลือด มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value < 0.05) ไม่พบความแตกต่างของการออกกำลังกายกับระดับน้ำตาลในเลือด (p-value =0.344) (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุ การออกกำลังกาย และการตรวจร่างกายกับระดับน้ำตาลในเลือดของประชากรในจังหวัดสมุทรปราการ

ประวัติส่วนตัวและการตรวจร่างกาย	ระดับน้ำตาลในเลือด	
	p-value	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
อายุ (Age)	0.000*	0.274
การออกกำลังกาย (Exercise)	0.344**	-
ความดันโลหิต (SP)	0.000*	0.228
ความดันโลหิต (OP)	0.000*	0.151
ค่าดัชนีมวลกาย (BMI)	0.000*	0.142

หมายเหตุ *Correlation is significant at 0.05 level , **One-way ANOVA

เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างประวัติส่วนตัวกับระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของประชากรในจังหวัดสมุทรปราการ พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างอายุ ความดันโลหิตทั้ง SP/OP กับระดับคอเลสเตอรอลในเลือด มีความสัมพันธ์น้อยแต่ในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value < 0.05) ค่าดัชนีมวลกาย พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับระดับคอเลสเตอรอลในเลือด (p-value = 0.635) การดื่มสุรา การสูบบุหรี่ และการออกกำลังกาย ไม่พบความแตกต่างทางสถิติกับระดับคอเลสเตอรอลในเลือด (p-value = 0.079, p-value = 0.119, p-value = 0.532 ตามลำดับ) (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุ การออกกำลังกาย และการตรวจร่างกายกับระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของประชากรในจังหวัดสมุทรปราการ

ประวัติส่วนตัว	ระดับคอเลสเตอรอลในเลือด	
	p-value	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
อายุ (Age)	0.001*	0.109
การดื่มสุรา (Drinking)	0.079**	-
การสูบบุหรี่ (Smoking)	0.119**	-
การออกกำลังกาย (Exercise)	0.532**	-
ความดันโลหิต (SP)	0.006*	0.089
ความดันโลหิต (OP)	0.007*	0.087
ค่าดัชนีมวลกาย (BMI)	0.635	0.019

หมายเหตุ *Correlation is significant at 0.05 level, **One-way ANOVA

เมื่อนำค่าดัชนีมวลกายของประชากรในจังหวัดสมุทรปราการมาเปรียบเทียบความแตกต่างกับประวัติส่วนตัว พบว่าความแตกต่างในพฤติกรรมการการสูบบุหรี่ (ไม่สูบ/สูบบางครั้ง/สูบทุกวัน) มีผลต่อค่าดัชนีมวลกายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ไม่พบความแตกต่างในอายุกับค่าดัชนีมวลกาย (p-value = 0.548) ในส่วนของการดื่มสุรา และการออกกำลังกายนั้น ไม่พบความสัมพันธ์ทางสถิติกับค่าดัชนีมวลกาย (p-value = 0.289, p-value = 0.391, ตามลำดับ) (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างประวัติส่วนตัวกับค่าดัชนีมวลกายของประชากรในจังหวัดสมุทรปราการ

ประวัติส่วนตัว	ค่าดัชนีมวลกาย	
	p-value	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
อายุ (Age)	0.548	-0.023
การดื่มสุรา (Drinking)	0.289*	-
การสูบบุหรี่ (Smoking)	0.040*	-
การออกกำลังกาย (Exercise)	0.391*	-

หมายเหตุ *One-way ANOVA

อภิปรายผล

ในปัจจุบันการเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจ สังคม ความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์ การแพทย์ และเทคโนโลยี ประชากรจึงเป็นกำลังสำคัญในการผลักดันประเทศให้มีความเจริญก้าวหน้า ความเป็นอยู่ และคุณภาพชีวิตจึงเป็นสิ่งสำคัญในอันดับต้นๆ ที่ควรให้ความใส่ใจเป็นอย่างมาก สังคมไทยปัจจุบันเป็นที่ทราบดีว่าเป็นสังคมที่เน้นทางด้านเศรษฐกิจทำให้ต้องทำทุกอย่างเพื่อแข่งกับเวลาจนทำให้ประชากรส่วนใหญ่ละเลยในด้านการดูแลสุขภาพของตนเอง

ในการศึกษานี้มีประชากรชายมากกว่าร้อยละ 50 ที่มีระดับน้ำตาลสูงกว่าปกติและประชากรหญิงเกือบร้อยละ 50 เมื่อนำผลระดับน้ำตาลในเลือดมาเปรียบเทียบกันในแต่ละปีพบว่าตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่าชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่พบว่าในเพศชายมีระดับน้ำตาลสูงกว่าค่าปกติร้อยละ 14 ซึ่งมากกว่าเพศหญิงที่มีระดับน้ำตาลสูงกว่าค่าปกติร้อยละ 13[(6)] และสอดคล้องกับการสำรวจสุขภาพประชากรไทยครั้งที่ 5 ซึ่งพบว่าเพศชายมีภาวะเสี่ยงต่อการเป็นโรคเบาหวานร้อยละ 15.1 ซึ่งมากกว่าเพศหญิงที่มีภาวะเสี่ยงต่อการเป็นโรคเบาหวานร้อยละ 13.4[(7)] และสอดคล้องกับงานวิจัยอีกเรื่องที่พบว่าในเพศชายมีความเสี่ยงต่อการเป็นโรคเบาหวานร้อยละ 28.3 ซึ่งมากกว่าเพศหญิงที่มีความเสี่ยงต่อการเป็นโรคเบาหวานร้อยละ 19.1[(8)] เมื่อพิจารณาระดับคอเลสเตอรอลของประชากรในจังหวัดสมุทรปราการพบว่าเกือบร้อยละ 50 ของเพศชายและเพศหญิงมีระดับคอเลสเตอรอลสูงกว่าปกติ เมื่อนำผลระดับคอเลสเตอรอลในเลือดมาเปรียบเทียบกันในแต่ละปีแม้พบว่าในปี 2558 ค่าเฉลี่ยของระดับคอเลสเตอรอลลดลงร้อยละ 8 จากปี 2550 แต่จากผลการศึกษาระดับคอเลสเตอรอลในเลือดมีแนวโน้มสูงขึ้นจากร้อยละ 4.8 ในปี พ.ศ. 2552 เป็นร้อยละ 32.5 ในปี พ.ศ. 2557 ในปี พ.ศ. 2559 ไม่ได้มีการทดสอบ ซึ่งสอดคล้องกับ World Health Organization ที่พบว่าปี 2008 ความชุกของภาวะคอเลสเตอรอลทั่วโลกประมาณร้อยละ 39[(10)]

ทางผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำตาลในเลือด และระดับคอเลสเตอรอลในเลือดต่อปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อภาวะสุขภาพ เช่น อายุ เพศ การดื่มสุรา การสูบบุหรี่ การออกกำลังกาย ความดันโลหิต และ ค่าดัชนีมวลกาย โดยใช้วิธีการทางสถิติต่าง ๆ พบว่าระดับน้ำตาลในเลือดของประชากรในจังหวัดสมุทรปราการมีความสัมพันธ์กับอายุ ความดันโลหิต (SP) ความดันโลหิต (OP) ค่าดัชนีมวลกาย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยอื่นที่ผ่านมา[(11-14)] นอกจากนั้นแล้วพบว่าระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของประชากรในจังหวัดสมุทรปราการมีความสัมพันธ์กับอายุ ความดันโลหิต (SP) ความดันโลหิต (DP) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sakurai M. et al., Richard A. et al. และ Craig J. et al.[(15-17)] เมื่อทำการศึกษาความสัมพันธ์ของค่าดัชนีมวลกายพบว่าค่าดัชนีมวลกายมีความสัมพันธ์กับการสูบบุหรี่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุป

ประชากรชายและประชากรหญิงในจังหวัดสมุทรปราการประมาณร้อยละ 50 มีระดับน้ำตาลและระดับคอเลสเตอรอลสูงกว่าปกติ โดยในปี 2559 ค่าเฉลี่ยของระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้นร้อยละ 10 จากปี 2550 และในปี 2558 ค่าเฉลี่ยของระดับคอเลสเตอรอลลดลงร้อยละ 8 จากปี 2550 ระดับน้ำตาลในเลือดของประชากรมีความสัมพันธ์กับอายุ ความดันโลหิต และค่าดัชนี

มวลกาย และระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของประชากรมีความสัมพันธ์กับอายุ และความดันโลหิต อีกด้วย ในขณะที่ค่าดัชนีมวลกายในประชากรมีความสัมพันธ์กับการสูบบุหรี่

เอกสารอ้างอิง

1. คัทรี ชัยชาญวัฒนากุล, ชนิกา ตู้จินดา, สุภาวดี ลิขิตมาศกุล. โรคเบาหวานในเด็กและวัยรุ่น. กรุงเทพฯ: เรือนแก้วการพิมพ์; 2542
2. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ. กลุ่มโรค NCDs. [อินเตอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 2560 มีนาคม 25].เข้าถึงได้จาก: http://www.thaihealth.or.th/microsite/categories/5/ncds/2/173/176-กลุ่มโรค+NCDs.html
3. ฉัตร์ชัย นกดี. คนไทยเป็นโรคอ้วนอันดับ2ของอาเซียน. [อินเตอร์เน็ต].[เข้าถึงเมื่อ 2560 เมษายน 6].เข้าถึงได้จาก: http://www.thaihealth.or.th/Content/24745-คนไทยเป็นโรคอ้วนอันดับ%202%20ของอา เซียน.html
4. สุวรรณชัย วัฒนายิ่งเจริญชัย. สถานการณ์การบริโภคอาหารหวาน มัน เค็มของคนไทยผลกระทบต่อสุขภาพ. [อินเตอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 2560 เมษายน 6].เข้าถึงได้จาก:http://phnu.ph.mahidol.ac.th/meeting_59/09.00-10.05.pdf
5. นิตยา พันธุเวทย์, หทัยชนก ไชยวรรณ. ประเด็นสารรณรงค์วันหัวใจโลกปี พ.ศ. 2558. [อินเตอร์เน็ต].[เข้า ถึงเมื่อ 2560 เมษายน 6].เข้าถึงได้จาก: http://www.thaincd.com/document/hot%20news/%E0%B 8% A7%E0%B8%B1%E0%B8%99%E0%B8%AB%E0%B8%B1%E0%B8%A7%E0%B9%83%E0%B 8%88%E0%B9%82%E0%B8%A5%E0%B8%81%202558.pdf
6. Tomi Thomas, Shalini Prabhata, and Sameer Valsangkar. Diabetes screening and the distribution of blood glucose levels in rural areas of North India. J Family Community Med 2015; 22:140-44.
7. วิชัย เอกพลากร และคณะ. การสำรวจสุขภาพประชาชนไทยโดยการตรวจร่างกาย ครั้งที่ 5. 2557.
8. Segundo N Seclen, Moises E Rosas, Arturo J Arias, Ernesto Huayta, and Cecilia A Medina. Prevalence of diabetes and impaired fasting glucose in Peru: report from PERUDIAB, a national urban population-based longitudinal study. BMJ Open Diab Res Care 2015; 1-7.
9. World Health Organization. Global Health Observatory data. Cholesterol. http://www.who.int/gho/ncd/risk_factors/Cholesterol_prevalence/en. 2015.
10. American Medical Association. Prevalence of Cholesterol Screening and High Blood Cholesterol Among Adults— United States, 2005, 2007, and 2009. JAMA 2012;308(17):1730-1736.
11. Gary TC Ko, Hendena PS Wai, and Joyce SF Tang. Effects of Age on Plasma Glucose Levels in Non-diabetic Hong Kong Chinese. Croat Med J 2006; 47(5):709–13.
12. Onyesom Innocent, Oweh O ThankGod, Etumah O Sandra and Ifie E Josiah. Correlation between body mass index and blood glucose levels among some Nigerian undergraduates. HOAJ Biology 2013; 2:1-4
13. Qun Yan, Dongmei Sun, Xu Li, Guoliang Chen, Qinghu Zheng, Lun Li, Chenhong Gu and Bo Feng. Association of blood glucose level and hypertension in Elderly Chinese Subjects: a community based study. BMC Endocr Disord 2016; 16:1-8.
14. Neaton JD and Wentworth D. Serum cholesterol, blood pressure, cigarette smoking, and death from coronary heart disease overall findings and diferrences by age for 316099 white men. Arch Intern Med 1992;152(1):56-64.
15. Masaru Sakurai, Jeremiah Stamlerb, Katsuyuki Miurac, Ian J Brownd, Hideaki Nakagawaa, Paul Elliottd, Hirotsugu Ueshimac, Queenie Chand, Ioanna Tzoulakid, Alan R Dyerb, Akira Okayamae, Liancheng Zhaof,

and The INTERMAP Research Group. Relationship of dietary cholesterol to blood pressure: The INTERMAP study. J Hypertens 2011 Feb; 29(2): 222–228.

16. Richard A. Kronmal, Kevin C. Cain, Zhan Ye, and Gilbert S. Omenn. Total Serum Cholesterol Levels and Mortality Risk as a Function of Age. Arch Intern Med 1993; 153(9):1065-1073.
17. Craig J. Newschaffer, Trudy L. Bush, and William E. Hale. Aging and Total Cholesterol Levels: Cohort, Period, and Survivorship Effects. Am J Epidemiol 1992; 136: 23–34.

[HS-P15] การตรวจหา Enterobacteriaceae ดื้อยากลุ่มคาร์บาพีเนมโดยการสร้างคาร์บาพีนีเมสที่แยกได้จากผู้ป่วยในโรงพยาบาลสมุทรปราการและโรงพยาบาลสระบุรี

Detection of Carbapenemase-producing Carbapenem-resistant Enterobacteriaceae Isolated from Patients in Samutprakan Hospital and Saraburi Hospital

วัชรินทร์ รังษีภาณุรัตน์*[1], พรพิมล กาญจนวาศ[2] ,มานพ สุทธิประภา[3] ,สิรินทรา จั่นโตกุล[4]
สมจินต์ พรมเคน[1] ,ปานแก้ว อินจัน[1] ,ดารารัตน์ มูลจัด[1], แล ะพัชรี กัมมารเจษฎากุล[1]
Watcharin Rangsipanuratn*[1], Pornpimon Kanjanavas[2], Manop Suttiprapha[3], Sirintra Juntokull[4],
Somjin Promken[1], Pankaew Injun[1], Dararat Munjud[1] and Patcharee Kammarnjassadakul[1]
[1]คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
[2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
[3]กลุ่มงานเทคนิคการแพทย์ โรงพยาบาลสมุทรปราการ
[4]กลุ่มงานเทคนิคการแพทย์และพยาธิวิทยาคลินิก โรงพยาบาลสระบุรี
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล : watcharin.rang@gmail.com*

บทคัดย่อ

Carbapenem-resistant Enterobacteriaceae (CRE) เป็นปัญหาสำคัญทางสาธารณสุขที่พบทั่วโลกรวมทั้งประเทศไทย การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจหาเชื้อ CRE ที่มีกลไกการดื้อยาโดยการสร้างเอนไซม์คาร์บาพีนีเมสที่แยกได้จากสิ่งส่งตรวจของผู้ป่วยในโรงพยาบาลสมุทรปราการและโรงพยาบาลสระบุรี โดยเก็บตัวอย่างเชื้อ CRE จำนวน 45 สายพันธุ์ จำแนกเป็นโรงพยาบาลสระบุรีจำนวน 18 สายพันธุ์และโรงพยาบาลสมุทรปราการจำนวน 27 สายพันธุ์ ทำการตรวจหาการสร้างเอนไซม์คาร์บาพีนีเมสโดยวิธีทางฟีโนไทป์ ได้แก่ modified Hodge test (MHT) และ modified carbapenem inactivation method (mCIM) และวิธีทางจีโนไทป์โดยการตรวจหายีน bla_{NDM-1} ด้วยเทคนิค PCR ผลการวิจัยพบว่าเป็นเชื้อ *Klebsiella pneumoniae, Escherichia coli* และ *Enterobacter cloacae* ร้อยละ 75.6, 17.8 และ 6.7 ตามลำดับ ผลการตรวจหาเอนไซม์คาร์บาพีนีเมส ด้วยวิธี MHT และ mCIM ให้ผลบวกทุกสายพันธุ์ และพบความชุกของยีน bla_{NDM-1} ร้อยละ 68.9 (31/45) ผลการศึกษานี้เป็นข้อมูลทางด้านระบาดวิทยา สามารถใช้เป็นแนวทางในการควบคุมและเฝ้าระวังการแพร่กระจายของเชื้อดื้อยา

***คำสำคัญ**: คาร์บาพีนีเมส, Carbapenem-resistant Enterobacteriaceae, ยีน bla_{NDM-1}*

Abstract

Carbapenem-resistant Enterobacteriaceae (CRE) is a major public health problem worldwide including Thailand. This study aimed to detect carbapenemase-producing CRE isolated from patients in Samutprakan Hospital and Saraburi Hospital. A total of 45 isolates of CRE included 18 isolates from Saraburi Hospital and 27 isolates from Samutprakan Hospital. Carbapenemase activity was determined by phenotypic method (modified Hodge test (MHT) and modified carbapenem inactivation method (mCIM) and further detected for bla_{NDM-1} by genotypic method (PCR). All isolates were identified as *Klebsiella pneumonia*e (75.6%), *Escherichia coli (*17.8%) and *Enterobacter cloacae* (6.7%). All isolates had carbapenemase activity which was determined by both MHT and mCIM method. The prevalence of bla_{NDM-1} gene by PCR technique was 68.9% (31/45). Therefore, the result is useful information for epidemiology in order to be strategic planning for protective and should be aware of spread out of these bacteria.

***Keyword**: Carbapenemase, Carbapenem-resistant Enterobacteriaceae, bla_{NDM-1} gene*

บทนำ

Carbapenem-Resistant Enterobacteriaceae (CRE) เป็นแบคทีเรียที่พบประจำถิ่นในลำไส้และดื้อยากลุ่มคาร์บาพีเนมส์ (carbapenems) ชนิดใดชนิดหนึ่ง (ตัวอย่าง ได้แก่ imipenem, ertapenem, meropenem, doripenem เป็นต้น) ที่เป็นยาขั้นสูงที่ใช้รักษาโรคติดเชื้อแบคทีเรียแกรมลบดื้อยา เชื้อนี้สามารถถ่ายทอดยีนดื้อยาบนพลาสมิดข้ามสายพันธุ์ได้ ทำให้มีการแพร่กระจายของเชื้อดื้อยามากขึ้น และเป็นสาเหตุสำคัญของโรคติดเชื้อในโรงพยาบาล รายงานการสำรวจขององค์การอนามัยโลก (WHO)[1] พบปัญหาแบคทีเรียดื้อยาหลายกลุ่มที่ต้องการยาต้านจุลชีพในการรักษาโดยเร็วที่สุดแพร่กระจายทั่วโลกหรือที่เรียกว่า Superbug 12 ชนิด โดย CRE จะจัดอยู่ในกลุ่มรุนแรงระดับวิกฤติ (critical) ที่พบทั่วโลกรวมทั้งประเทศไทย กลไกการดื้อยาได้แก่ (1) การสร้างเอนไซม์คาร์บาพีนีเมส (carbapenemase) ทำลายโครงสร้างของยาบริเวณ beta-lactam ring [2] การมี mutation ทำให้มีการเปลี่ยนแปลง porin ซึ่งเป็น outer membrane protein ทำให้ยาไม่สามารถผ่านเข้าเซลล์ได้ [3] การดัดแปลง penicillin-binding protein ทำให้ยาจับกับเป้าหมายไม่ได้ [4] การขับยาออกนอกเซลล์ (efflux) การสร้างเอนไซม์ carbapenemase เป็นกลไกสำคัญที่พบบ่อย และต้องเฝ้าระวัง เนื่องจากยีนที่ควบคุมการสร้างอยู่บนพลาสมิด ทำให้มีการถ่ายทอดระหว่างแบคทีเรียและแพร่กระจายได้ง่าย

Carbapenemase แบ่งตามโครงสร้างโมเลกุลเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ serine beta-lactamase (class A, C, D) และ metallo-beta-lactamase (class B) เอนไซม์นี้มีหลายชนิด ได้แก่ *Klebsiella pneumoniae* carbapenemase (KPC), New Delhi metallo-beta lactamase (NDM), IMP, VIM และ OXA-48 จากรายงานของระบบเฝ้าระวังเชื้อดื้อยาระดับชาติ[2] พบว่ามีอุบัติการณ์ CRE ในประเทศไทยร้อยละ 17.5 (237/1358) เป็นชนิด NDM มากที่สุดถึงร้อยละ 86.5 (205/237) โดย NDM-1 จัดเป็น metallo-beta-lactamase ชนิดอุบัติใหม่ พบครั้งแรกในปี พ.ศ. 2551 ที่ประเทศสวีเดนจากผู้ป่วยติดเชื้อ *Klebsiella pneumoniae* ในระบบทางเดินปัสสาวะและมีประวัติเข้ารับการรักษาตัวในโรงพยาบาลที่เมืองนิวเดลี ประเทศอินเดีย ต่อมามีรายงานการพบในเชื้อวงศ์ Enterobacteriaceae อีกหลายจีนัส ปัจจุบันมีรายงาน NDM-1 ถึง NDM-6 และพบในหลายประเทศทั่วโลก เชื้อที่สร้างเอนไซม์นี้จะดื้อต่อยากลุ่ม beta-lactam ในระดับสูงและมักจะดื้อยากลุ่มอื่นร่วมด้วย เช่น fluoroquinolone และ aminoglycoside

โรงพยาบาลสมุทรปราการและโรงพยาบาลสระบุรีตรวจพบเชื้อ CRE จากสิ่งส่งตรวจของผู้ป่วยเช่นกัน โดยในปี พ.ศ. 2561ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาในโรงพยาบาลสมุทรปราการตรวจพบ CRE ร้อยละ 9.50 และโรงพยาบาลสระบุรีตรวจพบเชื้อ CRE ร้อยละ 2.94 โดยวิธี disk diffusion แต่ยังไม่มีการตรวจหาความชุกของเชื้อที่มีกลไกการดื้อยาโดยการสร้างเอนไซม์ carbapenemase ด้วยเหตุนี้ทางคณะผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาความชุกของเชื้อ CRE ในโรงพยาบาลสมุทรปราการและโรงพยาบาลสระบุรีที่มีการดื้อยาด้วยกลไกการสร้างเอนไซม์ carbapenemase โดยวิธีทางฟีโนไทป์ ได้แก่ modified Hodge Test (MHT) และ modified carbapenem inactivation method (mCIM) และตรวจหายีน bla_{NDM-1} โดยวิธีทางจีโนไทป์ ได้แก่ polymerase chain reaction (PCR) เพื่อใช้เป็นข้อมูลทางด้านระบาดวิทยา การควบคุมและการเฝ้าระวังการแพร่กระจายของเชื้อดื้อยาในโรงพยาบาลต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ตัวอย่างเชื้อแบคทีเรีย

ตัวอย่างเชื้อ Enterobacteriaceae ดื้อต่อยา imipenem หรือ ertapenem หรือ meropenem (CRE) จากสิ่งส่งตรวจได้แก่ เลือด หนอง และปัสสาวะของผู้ป่วยในโรงพยาบาลสมุทรปราการจำนวน 27 สายพันธุ์ โรงพยาบาลสระบุรีจำนวน 18 สายพันธุ์ รวม 45 สายพันธุ์ ในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2561 นำมาพิสูจน์และยืนยันเชื้อโดยการทดสอบทางชีวเคมี สรุปเป็นเชื้อ *Klebsiella pneumoniae* 34 สายพันธุ์ *Escherichia coli* 8 สายพันธุ์ และ *Enterobacter cloacae* 3 สายพันธุ์

การตรวจหาเอนไซม์ carbapenemase โดยวิธีทางฟีโนไทป์

1. Modified-Hodge test (MHT)[3]

เตรียม *E. coli* ATCC 25922 (สายพันธุ์ที่ไวต่อยา ertapenem) โดยวิธี direct colony suspension ในน้ำเกลือให้ได้ความขุ่นเทียบกับ 0.5 McFarland standard แล้วเจือจางให้เป็น 1:10 ในน้ำเกลือ ใช้ไม้พันสำลีปราศจากเชื้อจุ่มเชื้อและป้ายบนผิวหน้า Mueller-Hinton agar (MHA) 3 ระนาบ ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3-10 นาที วางแผ่นยาทดสอบ ertapenem ขนาด 10 ไมโครกรัม ที่กลางจานอาหาร ใช้ loop ขนาด 10 ไมโครลิตร เขี่ยเชื้อ CRE ที่จะทำการทดสอบ 3-5 โคโลนีที่เพาะบน Blood agar เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง ป้ายเป็นเส้นตรงลากจากขอบแผ่นยาทดสอบมาจนสุดขอบจานอาหารยาวอย่างน้อย 20-25 มิลลิเมตร โดยเชื้อทดสอบ 1 เชื้อทำสองซ้ำ บ่มอาหารเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 35 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16-20 ชั่วโมง

การอ่านผล โดยดู enhanced growth ของเชื้อ *E. coli* ATCC 25922 ที่ตำแหน่งที่ตัดกับเชื้อที่ทดสอบ ถ้าพบ enhanced growth แสดงว่าเชื้อที่ทดสอบมีการสร้าง carbapenemase (carbapenemase production positive) ถ้าไม่พบ enhanced growth แสดงว่าไม่สร้าง carbapenemase (carbapenemase production negative)

2. Modified carbapenem inactivation method (mCIM)[4]

ใช้ loop ขนาด 1 โมโครลิตรเขี่ยเชื้อ CRE ที่เพาะบน blood agar เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมงมาละลาย (suspend) ใน trypticase soy broth (TSB) ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ให้เป็นเนื้อเดียวกันโดยใช้ Vortex mixer เป็นเวลา 10-15 วินาที ใช้ forceps ปราศจากเชื้อคีบแผ่นยา meropenem 10 ไมโครกรัม ใส่ในหลอด โดยกดให้จมในอาหารทั้งแผ่นยา นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 ± 2 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศปกติเป็นเวลา 4 ชั่วโมง ± 15 นาที

เตรียมเชื้อ *E. coli* ATCC 25922 (สายพันธุ์ที่ไวต่อยา meropenem) โดยวิธี direct colony suspension ในน้ำเกลือให้ได้ความขุ่นเทียบกับ 0.5 McFarland standard จากนั้นใช้ไม้พันสำลีปราศจากเชื้อจุ่มเชื้อและป้ายบนผิวหน้า MHA 3 ระนาบ ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3-10 นาที

ใช้ loop เขี่ยแผ่นยา meropenem ขึ้นมาจาก TSB และวางที่ผนังด้านในของหลอดเพื่อกำจัดอาหารเลี้ยงเชื้อ TSB ที่เกินออกไป จากนั้นใช้ forceps คีบมาวางที่บริเวณกลางจานอาหาร MHA ที่เพาะเชื้อ *E. coli* ATCC 25922 นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 ± 2 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศปกติเป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง

การอ่านผล โดยการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของวงใสที่เชื้อถูกยับยั้งการเจริญ (inhibition zone) ถ้ามีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของวงใส 6-15 มิลลิเมตร หรือ 16-18 มิลลิเมตรที่มีโคโลนีขนาดเล็ก (pinpoint colonies) ภายในวงใส แสดงว่าเชื้อที่ทดสอบมีการสร้าง carbapenemase (carbapenemase production positive) และถ้ามีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของวงใส ≥ 19 มิลลิเมตร แสดงว่าเชื้อที่ทดสอบไม่มีการสร้าง carbapenemase (carbapenemase production negative) แต่ถ้ามีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของวงใส 16-18 มิลลิเมตร หรือมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 19 มิลลิเมตร แต่มีโคโลนีขนาดเล็ก (pinpoint colonies) ภายในวงใส ไม่สามารถสรุปได้ว่าเชื้อมีการสร้างเอนไซม์ carbapenemase (indeterminate)

การตรวจหาเอนไซม์ carbapenemase โดยวิธีทางจีโนไทป์[5]

นำตัวอย่างเชื้อ CRE มาสกัดดีเอ็นเอโดยเขี่ยเชื้อที่ต้องการทดสอบ 1 ลูปผสมกับสารละลาย lysis buffer ปริมาตร 100 ไมโครลิตร นำไปให้ความร้อนเพื่อทำให้เซลล์แตกที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที เติม 0.8 mM Tris-HCl ปริมาตร 8 ไมโครลิตร ปั่นเหวี่ยงที่ 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที เพื่อให้ตะกอนเซลล์แยกชั้นออกจากสารละลาย ดูดส่วนใสเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

นำส่วนใสมาตรวจหายีน bla_{NDM-1} โดยใช้เทคนิค PCR โดยเตรียม PCR mixture ปริมาตร 25 µl ต่อ 1 reaction ประกอบด้วย DNA template 1 µl, Taq DNA polymerase (5 U/µl) 0.3 µl, 10X PCR buffer 2.5 µl, 50 mM $MgCl_2$ 0.75 µl, 10 mM dNTP 1 µl, forward primer (5’ TTT GAT CGT CAG GGA TGG C 3’) และ reverse primer (5’ CGG CGT AGT GCT CAG TGT C 3’) 20 µM อย่างละ 1 µl และ nuclease-free water 17.45 µl นำไปเพิ่มปริมาณ DNA ด้วยเครื่อง Bio-Rad T100 PCR Thermal Cycler โดยสภาวะที่ทำ ประกอบด้วย Initial denaturation step ที่อุณหภูมิ 94°C เป็น

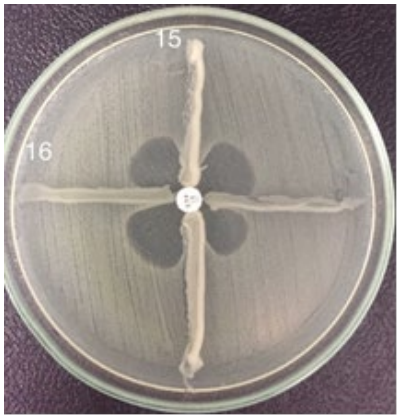
เวลา 5 นาที ต่อด้วย denaturation step ที่อุณหภูมิ 94°C เป็นเวลา 1 นาที annealing step ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 1 นาที extension step ที่อุณหภูมิ 72°C เป็นเวลา 1 นาที จำนวน 30 รอบ และ final extension step ที่อุณหภูมิ 72°C เป็นเวลา 10 นาที นำ PCR product ไปวิเคราะห์ต่อด้วยเทคนิค agarose gel electrophoresis โดยใช้ 1.5 % agarose gel กระแสไฟฟ้า 100 โวลต์ เป็นเวลา 25 นาที และย้อมด้วย ethidium bromide ตรวจดู PCR product ด้วยเครื่อง gel documentation เทียบขนาดกับ VC 100 bp DNA ladder ผลบวกจะพบ PCR product ขนาด 461 bp ผลลบไม่พบ PCR product ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ *E. coli* ATCC 25922 เป็นเชื้อควบคุมผลลบ

วิธีวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยใช้สถิติพื้นฐาน แสดงในรูปแบบเปอร์เซ็นต์หรือร้อยละ

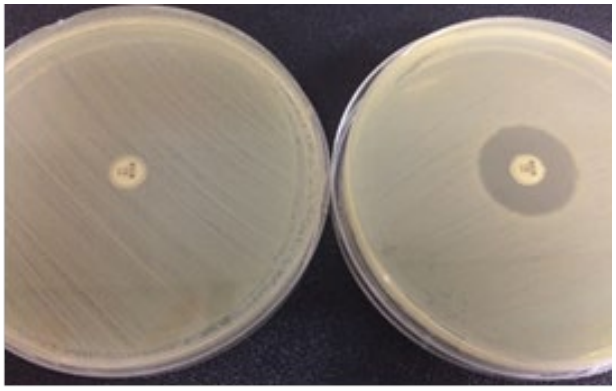
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากตัวอย่าง CRE 45 สายพันธุ์ พบเชื้อ *K. pneumoniae* มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 75.6 (34/45) รองลงมา ได้แก่ *E. coli* และ *E. cloacae* ร้อยละ 17.8 (8/45) และ 6.7 (3/45) ตามลำดับ ผลการตรวจหาความชุกของเชื้อที่มีกลไกการดื้อยาโดยการสร้างเอนไซม์ carbapenemase ด้วยวิธี MHT และ mCIM พบเชื้อมีการสร้างเอนไซม์ carbapenemase ทั้งหมด ร้อยละ 100 (45/45) โดยทั้ง 2 วิธีให้ผลบวกตรงกันทุกสายพันธุ์ (ภาพที่ 1-2) เมื่อนำมาตรวจหายีน bla_{NDM-1} ด้วยเทคนิค PCR พบยีน bla_{NDM-1} ที่มีขนาด PCR product 461 bp (ภาพที่ 3) ทั้งหมด 31 สายพันธุ์ คิดเป็นร้อยละ 68.9 จำแนกเป็นเชื้อของโรงพยาบาลสมุทรปราการ 13 สายพันธุ์ และโรงพยาบาลสระบุรี 18 สายพันธุ์ ประกอบด้วย *K. pneumoniae, E. coli*, *E. cloacae* จำนวน 22, 7 และ 2 สายพันธุ์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับรายงานของระบบเฝ้าระวังเชื้อดื้อยาระดับชาติ[2] งานวิจัยของศศิเพ็ญ แซ่จู[6] ที่ศึกษาเชื้อ CRE จากผู้ป่วยในโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์โดยพบยีน bla_{NDM} มากที่สุดจากเชื้อ *K. pneumoniae, E. coli, C. freundii* และ *E. cloacae* ร้อยละ 52.6, 15.8, 10.5 และ 10.5 ตามลำดับ และ Laolerd W[7] ที่ศึกษาเชื้อจากผู้ป่วยในโรงพยาบาลรามาธิบดี พบยีน bla_{NDM}, $bla_{OXA-48-like}$, bla_{IMP} และยีน bla_{NDM} ร่วมกับ $bla_{OXA-48-like}$ ร้อยละ 46.6, 25.1, 3.1 และ 25.1 และงานวิจัยของวีวรรณ อาชีวะ[8] ที่ศึกษาเชื้อจากผู้ป่วยในโรงพยาบาลพระปกเกล้า จันทบุรี พบความชุกของเชื้อ CRE สายพันธุ์ที่ผลิตเอนไซม์ NDM-1 สูงสุดคือร้อยละ 43.4 รองลงมา ได้แก่ IMP ร้อยละ 35.8 และเอนไซม์อื่นๆ ร้อยละ 15.1 ตามลำดับ

ผลการเปรียบเทียบทางฟีโนไทป์และจีโนไทป์พบว่า การตรวจด้วยวิธีทางฟีโนไทป์ ได้แก่ วิธี MHT และ mCIM จากตัวอย่างเชื้อ CRE โรงพยาบาลสมุทรปราการจำนวน 27 สายพันธุ์ และจากโรงพยาบาลสระบุรีจำนวน 18 สายพันธุ์ ให้ผลบวกคิดเป็นร้อยละ 100 แต่จากการศึกษาทางจีโนไทป์ด้วยวิธีการทำ PCR หายีน bla_{NDM-1} พบว่า CRE จากโรงพยาบาลสมุทรปราการให้ผลบวกจำนวน 13 สายพันธุ์ คิดเป็นร้อยละ 48.2 (13/27) ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่า เชื้อที่ระบาดมีหลายโคลน (polyclonal outbreak) จึงมีหลายยีนควบคุมนอกเหนือจากยีน bla_{NDM-1} เช่น bla_{IMP}, bla_{VIM} เป็นต้น สำหรับผลการศึกษาทางจีโนไทป์ของตัวอย่างเชื้อ CRE จากโรงพยาบาลสระบุรี พบว่าให้ผลบวกทั้งหมด 18 สายพันธุ์ คิดเป็นร้อยละ 100 (18/18) แสดงว่ากลไกการดื้อยามาจากการมียีน bla_{NDM-1} หรืออาจรวมกับยีนอื่น ๆ และเชื้อน่าจะแพร่กระจายมาจากแหล่งหรือโคลนเดียวกัน (monoclonal outbreak) ซึ่งควรศึกษาเพิ่มเติมต่อไป จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการแพร่ระบาดของเชื้อดื้อยาในโรงพยาบาลสมุทรปราการและโรงพยาบาลสระบุรีนั้นมีแหล่งที่มาหรือต้นตอของเชื้อดื้อยาที่แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 1

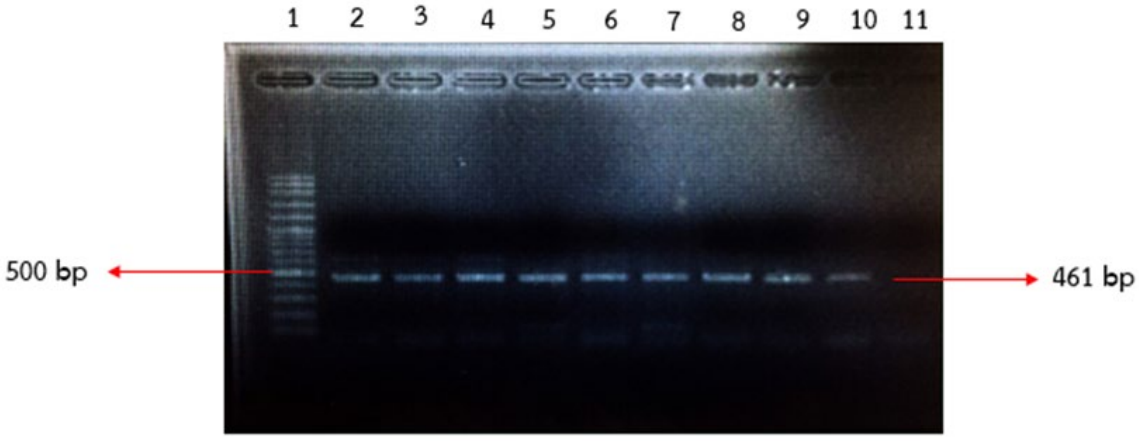


ภาพที่ 1 ผลการทดสอบ carbapenemase ในเชื้อ CRE สายพันธุ์ที่ 15 และ 16 (duplicate) โดยวิธี modified Hodge test ให้ผลบวก



A B

ภาพที่ 2 ผลการทดสอบ carbapenemase โดยวิธี mCIM เชื้อ CRE สายพันธุ์ที่ 15 ให้ผลบวก (A) และเชื้อ *E. coli* (เชื้อควบคุมผลลบ) ให้ผลลบ (B)



ภาพที่ 3 Agarose gel electrophoresis แสดง PCR product (461 bp) ในการตรวจหายีนดื้อยา bla_{NDM-1} โดยใช้ chromosomal DNA ของเชื้อ *K. pneumoniae* (lane 2-3,10), *Escherichia coli* (lane 4-8) และ *E. cloacae* (lane 9) เป็น DNA template, lane 1 แทน VC 100 bp DNA ladder และ lane 11 แทน negative control (น้ำกลั่น)

ตารางที่ 1 สรุปผลการตรวจหาเอนไซม์ carbapenemase โดยวิธีทางฟีโนไทป์และจีโนไทป์

CRE	โรพยาบาล	จำนวน (สายพันธุ์)	จำนวนสายพันธุ์ที่ให้ผลบวก			ร้อยละที่พบ bla_{NDM-1}
			MHT	mCIM	bla_{NDM-1}	
K. pneumoniae	รพ.สมุทรปราการ	22	22	22	10	45.5
	รพ.สระบุรี	12	12	12	12	100
	รวม	34	34	34	22	64.7
E. coli	รพ.สมุทรปราการ	3	3	3	2	66.7
	รพ.สระบุรี	5	5	5	5	100
	รวม	8	8	8	7	87.5
E. cloacae	รพ.สมุทรปราการ	2	2	2	1	50.0
	รพ.สระบุรี	1	1	1	1	100
	รวม	3	3	3	2	66.7
CRE	รวม	45	45	45	31	68.9

การตรวจหาเอนไซม์ carbapenemase โดยวิธีทางฟีโนไทป์ 2 วิธี ได้แก่ MHT และ mCIM มีข้อดีคือ ทำได้ง่าย สะดวกต่อการปฏิบัติในงานประจำในห้องปฏิบัติการ ค่าใช้จ่ายน้อย แต่มีข้อจำกัดคือการอ่านผล MHT ของเชื้อบางสายพันธุ์ค่อนข้างไม่ชัดเจน สำหรับวิธี mCIM เป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับใน Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI 2018) อ่านผลง่าย เวลาในการทำทั้ง 2 วิธีใช้เวลานาน 18-24 ชั่วโมง ส่วนการตรวจหายีนดื้อยาโดยเทคนิค PCR มีข้อดีคือความไวและความจำเพาะสูง ให้ผลการทดสอบแม่นยำ รวดเร็วกว่าวิธีทางฟีโนไทป์ ได้ผลการศึกษาระบาดวิทยาระดับโมเลกุล แต่มีข้อจำกัดคือคุณภาพของ primer ผู้ทำต้องมีความชำนาญ ค่าใช้จ่ายสูง และต้องใช้เครื่องมือพิเศษ มีราคาแพง

สรุป

ผลการตรวจหาความชุกของเชื้อ CRE ที่มีกลไกการดื้อยาโดยการสร้างเอนไซม์ carbapenemase จากสิ่งส่งตรวจของผู้ป่วยในโรงพยาบาลสมุทรปราการและโรงพยาบาลสระบุรี ได้แก่ *K. pneumoniae, E. coli*, *E. cloacae* โดยวิธีทางฟีโนไทป์พบว่ามีการสร้างเอนไซม์ทุกสายพันธุ์ คิดเป็นร้อยละ 100 การตรวจทางจีโนไทป์พบยีน bla_{NDM-1} ร้อยละ 68.9 ซึ่งสอดคล้องกับยีนชนิดที่พบมากที่สุดในประเทศไทย กลไกนี้ควบคุมโดยยีนที่อยู่บนพลาสมิด ทำให้ถ่ายทอดระหว่างแบคทีเรียได้ง่าย ทางโรงพยาบาลจึงควรมีมาตรการในการควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อในโรงพยาบาลอย่างเคร่งครัดต่อไป ตัวอย่างได้แก่ มาตรการสืบค้นและเฝ้าระวังเชื้อดื้อยา มาตรการควบคุมโรคติดเชื้อในโรงพยาบาล มาตรการป้องกันการติดเชื้อจากการสัมผัส (contact precaution) และการปฏิบัติตามหลักการป้องกันแบบครอบคลุม (universal precaution) เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

1. World Health Organization. Global priority list of antibiotic-resistant bacteria to guide research, discovery, and development of new antibiotic. PLoS One 2017; 10:1-7.
2. วันทนา ปวีณกิตติพร. ระบบเฝ้าระวังเชื้อดื้อยาระดับชาติ และระดับโลก. [อินเทอร์เน็ต]. 2559 [เข้าถึงเมื่อ 21 เมษายน 2561]. เข้าถึงได้จาก : http://nih.dmsc.moph.go.th/data/data/59/22_6/3.pdf
3. Clinical and Laboratory Standards Institute. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing. 27th ed CLSI supplement M100. Wayne, PA, 2017.

4. Pierce VM, Simner PJ, Lonsway DR, Roe-Carpenter DE, Johnson JK, Brasso WB, *et al*. Modified carbapenem inactivation method for phenotypic detection of carbapenemase production among Enterobacteriaceae. J Clin Microbiol 2017; 55(8):2321-33.
5. กิ่งแก้ว ต้นโพธิ์, รัตติญา จันทร์ถนอม, พรพิมล กาญจนวาศ. การตรวจสอบหาเชื้อในกลุ่ม carbapenems-resistant Enterobacteriaceae จากตัวอย่างส่งตรวจจากผู้ป่วยในโรงพยาบาลศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี จังหวัดนครนายก. ใน: สุธาสินี นิลแสง, บรรณาธิการ. การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 3; วันที่ 28-29 พฤษภาคม 2558; มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. กรุงเทพฯ:มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย; 2558. หน้า 535-41.
6. ศศิเพ็ญ แซ่จู. คุณลักษณะของยีนที่สร้างเอนไซม์ carbapenemases ในเชื้อกลุ่ม Enterobacteriaceae ที่แยกได้จากผู้ป่วยไทย. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2557.
7. Laolerd W, Akeda Y, Preeyanon L, Ratthawongjirakul P and Santanirand P. Carbapenemase-producing carbapenem-resistant Enterobacteriaceae from Bangkok, Thailand, and their detection by the Carba NP and modified carbapenem inactivation method tests. Microb Drug Resist 2018; 24:1006-11.
8. วีวรรณ อาชีวะ. ความชุกของเอนไซม์ดื้อยากลุ่ม carbapenems ที่แยกได้จากเชื้อดื้อยา Carbapenem-Resistant Enterobacteriaceae ในโรงพยาบาลพระปกเกล้า ปี พ.ศ. 2555 - 2556. วารสารศูนย์การศึกษาแพทยศาสตร์คลินิกโรงพยาบาลพระปกเกล้า 2559; 33:314-25.

[HS-P16] ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการป้องกันอันตรายจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรปลูกข้าว

Factors Related to Prevention Behaviors from Pesticides Usage among Rice Farmer

รัตติกาล หลงมา[1] ณัฐณิชา เหมือนจิตร[1] สุจิตรา หนองสระ[1] แพรพรรณ บรรจง[1] และชลลดา พละราช[*1]
Rattikan Longma[1], Natnicha Meuanjit[1], Sujittra Nongsa[1], Preapan Banjong[1] and Chonlada Palarach[*1]
[1]หลักสูตรอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
[*]ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: chonlada.pa@vru.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวางนี้เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการป้องกันตนเองในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรปลูกข้าว ตำบลไม้ดัด อำเภอบางระจัน จังหวัดสิงห์บุรี เก็บรวบรวมข้อมูลจากเกษตรกรปลูกข้าว จำนวน 116 คน โดยใช้แบบสอบถาม ประกอบด้วยปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยด้านสุขภาพ ปัจจัยด้านปฏิบัติงาน และพฤติกรรมการป้องกันตนเองในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช สถิติไคสแควร์และสถิติสหสัมพันธ์ใช้สำหรับทดสอบความสัมพันธ์ ผลการศึกษาพบว่าเกษตรกรเพศชายและเพศหญิงมีสัดส่วนใกล้เคียงกัน เกษตรกรมีพื้นที่เกษตรกรรมเฉลี่ย 17.64±11.27 ไร่ ระยะเวลาฉีดพ่นอยู่ระหว่าง 1-4 ชั่วโมง/ครั้ง และมีประสบการณ์ในการทำงานเฉลี่ย 23.64±11.71 ปี เกษตรกรส่วนใหญ่มีพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรอยู่ในระดับดี และพบว่าขนาดพื้นที่ทำการเกษตรมีความสัมพันธ์เชิงลบกับพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (r=-0.285, p<0.05) หมายความว่าเมื่อพื้นที่การเกษตรมีขนาดใหญ่ขึ้น เกษตรกรมีพฤติกรรมการป้องกันตนเองลดลง อาจเกิดจากความเหนื่อยล้าจากการทำงานจึงทำให้ละเลยการป้องกันอันตรายจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชโดยเฉพาะอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล

***คำสำคัญ**: ปัจจัย, เกษตรกรปลูกข้าว, พฤติกรรมการป้องกันตนเอง, สารเคมีกำจัดศัตรูพืช*

Abstract

This cross-sectional study was to study the factors related to protection behaviors from pesticide usage among rice farmers in Maidat sub-district, Bangrachan district, Sing Buri province. Data of 116 rice farmers was collected by questionnaires including personal factor, factors of health status, working factor and factor of protection behaviors from pesticide usage. Chi-Square and Correlation Coefficient was used to evaluate the relationship. The results showed that percentage of men was nearly equal to women, agricultural area mean was 17.64±11.27 Rai and year of work experience mean was 23.64±11.71 years. Most of the rice farmers had good levels of protection behaviors, and agricultural area were significant relationship with protection behaviors from pesticides usage. (r=-0.285, p<0.05) This result mean farmers had reduced protection behavior from pesticides usage when agricultural areas was larger. The possible reason is farmers fatigue from many agricultural activities, as a result farmers disregard self-protective exposure to pesticides especially wearing of personal protective equipment.

***Keyword:** factors, rice farmers, prevention behaviors, pesticides*

บทนำ

ปัญหาสุขภาพที่มีความเกี่ยวเนื่องกับการใช้สารเคมีทางการเกษตรกลายเป็นปัญหาใหญ่และรุนแรงมากในประเทศไทย ซึ่งสำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กระทรวงสาธารณสุขได้จัดทำสถิติสัดส่วนของเกษตรกรที่มีความเสี่ยงและไม่ปลอดภัยจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชจากเกษตรกรทั่วประเทศ พบว่า ในปี 2540 มีจำนวนมากถึง ร้อยละ 16.35 หรือ 89,926 คน จากจำนวนเกษตรกรที่ตรวจเลือด 563,353 คน และมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อย ๆ โดยในปี 2550 ผลการตรวจพบว่า มีเกษตรกรที่มีความเสี่ยงและไม่ปลอดภัยจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชถึงร้อยละ 39 ปัญหาด้านสุขภาพและความเสี่ยงจากสารเคมีทางการเกษตรสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ผลกระทบที่เป็นพิษเฉียบพลัน ซึ่งผู้ป่วยจะมีอาการในทันทีหลังจากสัมผัสสารเคมี เช่น คลื่นไส้อาเจียน ปวดหัว ปวดกล้ามเนื้อ ท้องร่วง หายใจติดขัด และตาพร่า เป็นต้น และผลกระทบที่เป็นพิษเรื้อรัง ซึ่งเกิดจากพาหะสะสมที่ก่อให้เกิดโรคหรือปัญหาอื่น ๆ เช่น มะเร็ง เบาหวาน อัมพฤกษ์ อัมพาต โรคผิวหนังต่าง ๆ การเป็นหมัน การพิการของทารกแรกเกิด เป็นต้น[1]

ข้อมูลจากสำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม พบปัญหาสุขภาพที่สำคัญในกลุ่มผู้ประกอบอาชีพเกษตรกรรม คืออันตรายจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอย่างแพร่หลาย เพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร และเกษตรกรส่วนใหญ่มีพฤติกรรมการใช้สารเคมีที่ไม่ถูกต้องและไม่ปลอดภัย ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพทั้งเฉียบพลันและเรื้อรัง ในปี พ.ศ. 2560 พบผู้ป่วยโรคจากพิษสารเคมีกำจัดศัตรูพืช จำนวน 10,312 คน คิดเป็นอัตราป่วยเท่ากับ 17.12 ต่อประชากรแสนคน ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2559 ที่พบผู้ป่วยโรคพิษสารเคมีกำจัดศัตรูพืช จำนวน 8,689 คน คิดเป็นอัตราป่วยเท่ากับ 14.47 ต่อประชากรแสนคน โดยจังหวัดสตูลพบอัตราป่วยสูงสุด (คิดเป็นอัตราป่วยเท่ากับ 144.06 ต่อประชากรแสนคน) รองลงมาได้แก่ จังหวัดแพร่ (คิดเป็นอัตราป่วยเท่ากับ 127.26 ต่อประชากรแสนคน) และอุตรดิตถ์ (คิดเป็นอัตราป่วยเท่ากับ 116.98 ต่อประชากรแสนคน) ตามลำดับ[2] จากข้อมูลการตรวจคัดกรองสารเคมีกำจัดศัตรูพืชและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรคในปี พ.ศ. 2554 รวบรวมจาก 74 จังหวัด มีผู้ได้รับการตรวจคัดกรอง จำนวน 533,524 คน พบว่ามีผลเสี่ยงและ/หรือไม่ปลอดภัย จำนวน 173, 243 คน คิดเป็นร้อยละ 32.47 ปี พ.ศ. 2555 รวบรวมจาก 31 จังหวัด มีจำนวนผู้ได้รับการตรวจคัดกรอง 244,822 คน พบว่ามีความเสี่ยงและ/หรือไม่ปลอดภัย จำนวน 75,749 คน คิดเป็นร้อยละ 30.94 ปี พ.ศ. 2556 รวบรวมจาก 50 จังหวัด มีผู้ได้รับการตรวจคัดกรอง จำนวน 314,805 คน พบว่ามีผลเสี่ยงและ/หรือไม่ปลอดภัย จำนวน 96,227 คน คิดเป็นร้อยละ 30.57 และปี พ.ศ. 2557 รวบรวมจาก 71 จังหวัด มีผู้ได้รับการตรวจคัดกรอง จำนวน 314,603 คน พบว่ามีผลเสี่ยงและ/หรือไม่ปลอดภัย จำนวน 107,989 คน คิดเป็นร้อยละ 34.33[3]

พื้นที่อำเภอบางระจัน จังหวัดสิงห์บุรี เป็นอำเภอหนึ่งที่ใช้พื้นที่ในการเพาะปลูกค่อนข้างมาก เช่น การเพาะปลูกพืชไร่และพืชสวน โดยเฉพาะพื้นที่ในการเพาะปลูกข้าวมีมากถึง 63,100 ไร่[4] ผู้วิจัยจึงได้คัดเลือกพื้นที่ หมู่ 13 และ 14 ตำบลไม้ดัด อำเภอบางระจัน จังหวัดสิงห์บุรี เป็นพื้นที่ในการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งจากการเดินสำรวจและสัมภาษณ์เกษตรกรเบื้องต้นนั้น พบว่าเกษตรส่วนใหญ่มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชหลายชนิด เช่น กลุ่มสารเคมีกำจัดแมลง กลุ่มสารกำจัดวัชพืช ภายใต้ชื่อทางการค้าที่หลากหลาย ซึ่งสารเคมีเหล่านี้ช่วยป้องกันกำจัดศัตรูพืช และเป็นการเพิ่มผลผลิตให้แก่เกษตรกร ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชรวมถึงปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการป้องกันอันตรายจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรปลูกข้าว

วิธีการดำเนินการวิจัย

รูปแบบการศึกษาเป็นแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional study) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมการป้องกันอันตรายจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรปลูกข้าว ประชากรเป็นเกษตรกรปลูกข้าว หมู่ 13 และ 14 ตำบลไม้ดัด อำเภอบางระจัน จังหวัดสิงห์บุรี จำนวน 145 คน จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษานี้ คำนวณจากสูตรของ Taro Yamane[5] กำหนดค่าความคาดเคลื่อนเท่ากับ 0.05 ได้จำนวน 106 คน และได้มีการเพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างร้อยละ 10 เพื่อป้องกันความผิดพลาดและสูญเสียของข้อมูล ดังนั้น กลุ่มตัวอย่างเกษตรกรปลูกข้าวที่ศึกษาครั้งนี้มีจำนวน 116 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นแบบสอบถาม แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล จำนวน 4 ข้อ ข้อคำถามมีลักษณะเป็นปลายเปิดและปลายปิด โดยมีคำตอบให้ผู้ตอบเลือกตอบ ประกอบด้วย เพศ ระดับการศึกษา สถานภาพสมรส และรายได้ครัวเรือนเฉลี่ยต่อเดือน

ส่วนที่ 2 ข้อมูลด้านสุขภาพ จำนวน 3 ข้อ ข้อคำถามมีลักษณะเป็นปลายเปิดละปลายปิด โดยมีคำตอบให้ผู้ตอบเลือกตอบ ได้แก่ โรคประจำตัว การสูบบุหรี่ และการดื่มแอลกอฮอล์

ส่วนที่ 3 ข้อมูลการปฏิบัติงาน จำนวน 5 ข้อ ข้อคำถามมีลักษณะเป็นปลายเปิดและปลายปิด โดยมีคำตอบให้ผู้ตอบเลือกตอบ ประกอบด้วย ขนาดพื้นที่ทำเกษตร ระยะเวลาที่ฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ความถี่ในการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืช การจัดเก็บสารเคมีกำจัดศัตรูพืช และประสบการณ์การทำเกษตร

ส่วนที่ 4 ข้อมูลด้านพฤติกรรมการป้องกันตนเองในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช จำนวน 23 ข้อ ข้อคำถามลักษณะแบบมาตราส่วนประมาณค่า แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

คะแนน	การแปลผล
25.00–41.67	พฤติกรรมการป้องกันตนเองน้อย
41.68–58.35	พฤติกรรมการป้องกันตนเองปานกลาง
58.36–75.00	พฤติกรรมการป้องกันตนเองดี

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ สำหรับอธิบายลักษะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง และทดสอบความสัมพันธ์ด้วยสถิติไคสแควร์ (Chi-Square) และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการศึกษาข้อมูลส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ ระดับการศึกษา สถานภาพสมรส และรายได้ครัวเรือนเฉลี่ยต่อเดือน ของเกษตรกรปลูกข้าว หมู่ 13 และ 14 ตำบลไม้ดัด อำเภอบางระจัน จังหวัดสิงห์บุรี จำนวน 116 คน พบเกษตรกรปลูกข้าวที่ใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชทั้งเพศชายและเพศหญิง ข้อมูลแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลของเกษตรกรปลูกข้าว (n = 116)

ปัจจัยส่วนบุคคล	จำนวน	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	53	45.69
หญิง	63	54.31
ระดับการศึกษา		
ไม่ได้รับการศึกษา	1	0.87
ประถมศึกษา	87	75.00
มัธยมศึกษาตอนต้น	14	12.07
มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.	10	8.62
อนุปริญญา/ปวส.	2	1.72
ปริญญาตรี	2	1.72
สถานภาพสมรส		
โสด	11	9.48
สมรส	77	66.38

ตารางที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลของเกษตรกรปลูกข้าว (n = 116) (ต่อ)

ปัจจัยส่วนบุคคล	จำนวน	ร้อยละ
หม้าย	20	17.24
หย่า	5	4.31
แยกกันอยู่	3	3
รายได้ครัวเรือนต่อเดือน (บาท)		
≤8,000	88	75.86
8,001-15,000	19	16.38
≥15,001	9	7.76

ผลการศึกษาข้อมูลด้านสุขภาพ ได้แก่ โรคประจำตัว การสูบบุหรี่ และการดื่มแอลกอฮอล์ของเกษตรกรปลูกข้าว หมู่ 13 และ 14 ตำบลไม้ดัด อำเภอบางระจัน จังหวัดสิงห์บุรี จำนวน 116 คน พบว่า เกษตรกรมีโรคประจำตัว ร้อยละ 59.48 โดยโรคที่เกษตรกรป่วยมากที่สุด คือโรคความดันโลหิต ร้อยละ 38.86 และพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่สูบบุหรี่ ร้อยละ 69.83 ไม่ดื่มแอลกอฮอล์ ร้อยละ 77.59 และมีโรคประจำตัว ร้อยละ 59.48 แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปัจจัยด้านสุขภาพ (n = 116)

ปัจจัยด้านสุขภาพ	จำนวน	ร้อยละ
โรคประจำตัว		
ไม่มีโรคประจำตัว	47	40.52
มีโรคประจำตัว	69	59.48
โรคไมเกรน	3	2.59
โรคกระเพาะ	7	6.03
โรคเบาหวาน	19	16.38
โรคความดัน	45	38.86
โรคเลือดจาง	3	2.59
โรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด	12	10.35
โรคหูหนวก	3	2.59
โรคนิ่ว	1	0.86
โรคถุงลมโป่งพอง	1	0.86
โรคหัวใจ	2	2.59
โรคไทรอยด์	1	0.86
โรคภูมิแพ้	2	2.59
โรคไต	1	0.86
การสูบบุหรี่		
ไม่สูบ	81	69.83
สูบ	35	30.17
การดื่มแอลกอฮอล์		
ไม่ดื่ม	90	77.59

ตารางที่ 2 ปัจจัยด้านสุขภาพ (n = 116) (ต่อ)

ปัจจัยด้านสุขภาพ	จำนวน	ร้อยละ
ดื่ม	26	22.41

ผลการศึกษาข้อมูลการทำงาน ได้แก่ ขนาดพื้นที่ทำเกษตร ระยะเวลาที่ฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ความถี่ในการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืช การจัดเก็บสารเคมีกำจัดศัตรูพืช และประสบการณ์การทำเกษตรของเกษตรกรปลูกข้าว หมู่ 13 และ 14 ตำบลไม้ดัด อำเภอบางระจัน จังหวัดสิงห์บุรี จำนวน 116 คน พบว่า เกษตรกรมีพื้นที่เกษตรกรรมเฉลี่ย 17.64±11.27 ไร่ มีพื้นที่ต่ำสุด–สูงสุด อยู่ระหว่าง 3–60 ไร่ ใช้เวลาในการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชเฉลี่ย 1.71±0.79 ชั่วโมง ระยะเวลาฉีดพ่นที่น้อยที่สุดและสูงสุด คือ 1 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ มีความถี่ในการฉีดพ่นต่ำสุด-สูงสุด คือ 1–4 ครั้งต่อเดือน ค่าเฉลี่ย 1.71±0.72 ครั้งต่อเดือน ข้อมูลแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปัจจัยด้านการปฏิบัติงาน (n = 116)

ปัจจัยด้านการปฏิบัติงาน	จำนวน	ร้อยละ
ขนาดพื้นที่ทำเกษตร (ไร่)		
<23	87	75.00
23–43	25	21.55
>43	4	3.45
ระยะเวลาที่ฉีดพ่น		
<2 ชั่วโมง/วัน	101	87.07
>2 ชั่วโมง/วัน	15	12.93
ความถี่ในการฉีดพ่น (ครั้ง/เดือน)		
<2 ครั้ง/เดือน	102	87.93
>2 ครั้ง/เดือน	14	12.07
การจัดเก็บสารเคมีกำจัดศัตรูพืช		
ไม่มี	51	43.97
โรงเก็บของ	25	21.55
ข้างบ้าน (ในชายคา)	23	19.83
ข้างบ้าน (นอกชายคา)	4	3.45
ใต้ถุนบ้าน	8	6.90
โรงจอดรถ	5	4.31
ประสบการณ์ (ปี)		
<20	60	051.72
21-40	52	44.83
>41	4	3.45

ผลการศึกษาข้อมูลด้านพฤติกรรมการป้องกันตนเองในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรปลูกข้าว หมู่ 13 และ 14 ตำบลไม้ดัด อำเภอบางระจัน จังหวัดสิงห์บุรี จำนวน 116 คน พบว่าเกษตรกรเพาะปลูกข้าวส่วนใหญ่มีพฤติกรรมในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในระดับดี ร้อยละ 87.10 ข้อมูลแสดงในตารางที่ 4 สอดคล้องกับการศึกษาของ วรเชษฐ์ ขอบใจ และคณะ ได้

ศึกษาพฤติกรรมการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดของกลุ่มเกษตรกรต้นน้ำ: กรณีศึกษาชาวเขาเผ่าม้ง จังหวัดพะเยา พบว่า พฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชโดยรวมส่วนใหญ่เกษตรกรกลุ่มตัวอย่างมีพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอยู่ในระดับดี ค่าคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 2.37 (S.D. = 0.1)[6] ถึงแม้ว่าจะไม่มีเกษตรกรที่มีพฤติกรรมการป้องกันตนเองระดับน้อย จากผลการศึกษาพบพฤติกรรมของเกษตรกรบางรายที่มีการปฏิบัติตนระหว่างการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชไม่ถูกต้องตั้งแต่ขั้นตอนก่อนการฉีดพ่น ระหว่างฉีดพ่น และหลังการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืช โดยในขั้นตอนก่อนการฉีดพ่น เกษตรกรต้องมีการเตรียมผสมสารเคมีกำจัดศัตรูพืช มีเกษตรกรจำนวน 33 คน ร้อยละ 28.45 ที่เมื่อเกิดข้อสงสัยเกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชไม่มีการขอคำปรึกษาหรือปรึกษาเป็นบางครั้งจากนักวิชาการเกษตรหรือผู้จำหน่าย และมีเกษตรกรจำนวน 21 คน ร้อยละ 18.10 มีการตรวจสภาพอุปกรณ์ฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชก่อนใช้งานเป็นบางครั้ง ในส่วนของขั้นตอนระหว่างฉีดพ่นเกษตรกรมีพฤติกรรมเสี่ยง คือ ไม่สวมอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล เช่น ผ้าปิดจมูก แว่นตา ถุงมือยาง และรองเท้าบูท โดยพบว่าอุปกรณ์ที่เกษตรกรไม่สวมใส่มากที่สุด คือ แว่นตา ร้อยละ 46.55 สอดคล้องกับการศึกษาของ วงศา เล้าหศิริวงศ์ และคณะ ได้ศึกษาพฤติกรรมการใช้สารกำจัดศัตรูพืชและระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดของเกษตรกรที่ทำงานในระบบการเกษตรแบบมีพันธะสัญญา จังหวัดขอนแก่น พบว่าในขั้นตอนฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชเกษตรกรไม่ปฏิบัติและปฏิบัติน้อยมากในเรื่อง การใส่ผ้าปิดปากปิดจมูกและใส่ถุงมือ ร้อยละ 47.98 และร้อยละ 42.91 ตามลำดับ[7] และในขั้นตอนหลังการฉีดพ่นเกษตรกรมีพฤติกรรมเสี่ยง คือ มีการเทน้ำที่ใช้ทำความสะอาดอุปกรณ์ฉีดพ่นลงในแหล่งน้ำหรือใกล้แหล่งน้ำ ร้อยละ 28.45 ซึ่งจะทำให้เกิดการปนเปื้อนและส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้นำน้ำจากแหล่งนั้นมาบริโภค จากผลการศึกษาข้างต้นการที่เกษตรกรบางส่วนยังมีพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยอาจเนื่องมาจากเกษตรกรเชื่อว่าประสบการณ์ทำงานของตนมีมาก จึงไม่มีความจำเป็นต้องได้รับข้อมูลจากนักวิชาการหรือผู้จำหน่าย และเกษตรกรอาจเกิดความอึดอัดหรือปฏิบัติงานไม่สะดวกเมื่อสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล

ตารางที่ 4 พฤติกรรมการป้องกันอันตรายจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรปลูกข้าว (n = 116)

ปัจจัยด้านพฤติกรรม	จำนวน	ร้อยละ
พฤติกรรมการป้องกันตนเองน้อย	0	0
พฤติกรรมการป้องกันตนเองปานกลาง	15	12.93
พฤติกรรมการป้องกันตนเองดี	101	87.07

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยด้านสุขภาพ ปัจจัยด้านการปฏิบัติงาน และพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรปลูกข้าว หมู่ 13 และ 14 ตำบลไม้ดัด อำเภอบางระจัน จังหวัดสิงห์บุรี จำนวน 116 คน พบว่าปัจจัยส่วนบุคคลและปัจจัยด้านสุขภาพไม่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช เมื่อทดสอบด้วยสถิติไคว์แควร์ และพบปัจจัยด้านการปฏิบัติงาน คือ ขนาดพื้นที่ทำการเกษตรมีความสัมพันธ์เชิงลบกับพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r=-0.285$, $p<0.05^*$) เมื่อทดสอบด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ข้อมูลแสดงในตารางที่ 5 การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าขนาดพื้นที่ทำการเกษตรมีความสัมพันธ์เชิงลบกับพฤติกรรมการป้องกันตนเองในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช หมายความว่า ยิ่งขนาดพื้นที่ทำการเกษตรมากเกษตรกรจะมีพฤติกรรมการป้องกันตนเองที่น้อยลง ส่วนเกษตรกรที่มีขนาดพื้นที่การเกษตรที่มากกว่าจะมีกิจกรรมทางการเกษตรที่มากขึ้นทำให้เกิดความเหนื่อยล้าจากการทำงาน จึงอาจละเลยการป้องกันตนเองจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ในขณะที่กลุ่มเกษตรกรที่มีพื้นที่ทำการเกษตรที่น้อยจะไม่ได้มีกิจกรรมทางการเกษตรที่มากเท่า ทำให้เกษตรกรมีพฤติกรรมการดูแลและป้องกันตนเองจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ดีกว่ากลุ่มเกษตรกรที่มีพื้นที่ทางการเกษตรมาก ดังนั้นขนาดพื้นที่การทำการเกษตรจึงมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการป้องกันตนเองในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ สุเพ็ญศรี เบ้าทอง และคณะ[8] ได้ศึกษาพฤติกรรมการใช้สารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรที่เพาะปลูกมะเขือเทศ บ้านลาดนาเพียง ตำบลสาวะถี อำเภอเมือง

จังหวัดขอนแก่น พบว่า ปัจจัยเอื้อที่มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติตน ของเกษตรกรในการใช้สารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืช อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ การถือครองกรรมสิทธิ์ที่ดินเพาะปลูก (p-value<0.001)

ตารางที่ 5 ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยด้านการปฏิบัติงาน และพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช (n = 116)

ปัจจัย	p-value
ปัจจัยส่วนบุคคล	
เพศ	0.524
ระดับการศึกษา	0.621
สถานภาพสมรส	0.590
รายได้ครัวเรือนเฉลี่ยต่อเดือน	0.526
ปัจจัยด้านสุขภาพ	
โรคประจำตัว	0.965
การสูบบุหรี่	0.374
การดื่มแอลกอฮอล์	0.277
ปัจจัยด้านการปฏิบัติงาน	
ขนาดพื้นที่ทำเกษตร (ไร่)	p<0.05* (r=-0.285)
ระยะเวลาที่ฉีดพ่น	0.382
ความถี่ในการฉีดพ่น (ครั้ง/เดือน)	0.063
การจัดเก็บสารเคมีกำจัดศัตรูพืช	0.184
ประสบการณ์ (ปี)	0.735

สรุปผล

การศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการป้องกันอันตรายจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรปลูกข้าว หมู่ 13 และ 14 ตำบลไม้ดัด อำเภอบางระจัน จังหวัดสิงห์บุรี จำนวน 116 คน พบว่าปัจจัยด้านการปฏิบัติงานคือ ขนาดพื้นที่ทำการเกษตรมีความสัมพันธ์เชิงลบกับพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (r=-0.285, p<0.05*) หมายถึง เกษตรกรที่มีพื้นที่ทำการเกษตรมากจะมีพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากอันตรายจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชลดลง ดังนั้น จึงควรให้ความรู้ความเข้าใจแก่เกษตรกรในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ให้ตระหนักถึงอันตรายของการใช้สารเคมีกำจัดสัตรูพืชที่ไม่เหมาะสมจะมีผลกระทบต่อสุขภาพอย่างไร และการสร้างพฤติกรรมความปลอดภัยให้เกิดขึ้นในกลุ่มเกษตรกรปลูกข้าว และพบว่าปัจจัยที่ไม่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ได้แก่ ปัจจัยส่วนบุคคล (เพศ ระดับการศึกษา สถานภาพสมรส และรายได้ครัวเรือนเฉลี่ยต่อเดือน) ปัจจัยด้านสุขภาพ (โรคประจำตัว การสูบบุหรี่ และการดื่มแอลกอฮอล์) และปัจจัยด้านการปฏิบัติงาน (ระยะเวลาที่ฉีดพ่น ความถี่ในการฉีดพ่น การจัดเก็บสารเคมีกำจัดศัตรูพืช และประสบการณ์)

เอกสารอ้างอิง

1. สาคร ศรีมุข. ผลกระทบจากการใช้สารเคมีทางการเกษตรของประเทศไทย [อินเตอร์เน็ต]. 2556. [เข้าถึงเมื่อ 10 มีนาคม 2562]. เข้าถึงได้จาก http://library.senate.go.th/document/Ext6409/6409657_0002.PDF
2. สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม. รายงานสถานการณ์โรคและภัยสุขภาพจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม ปี 2560 [อินเตอร์เน็ต]. 2561. [เข้าถึงเมื่อ 10 มีนาคม 2562]. เข้าถึงได้จาก http://envocc.ddc.moph.go.th/uploads/situation/01_envocc_situation_60.pdf
3. สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม. องค์ความรู้เกี่ยวกับการตรวจคัดกรองความเสี่ยงจากการสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืชโดยกระดาษทดสอบโคลีนเอสเตอเรส [อินเตอร์เน็ต]. 2558. [เข้าถึงเมื่อ 10 มีนาคม 2562]. เข้าถึงได้จาก http://envocc.ddc.moph.go.th/uploads/media/manual/Crp.pdf
4. สำนักงานสิงห์บุรี. ข้อมูลการเกษตร จังหวัดสิงห์บุรี [อินเตอร์เน็ต]. 2561. [เข้าถึงเมื่อ 10 มีนาคม 2562]. เข้าถึงได้จาก https://www.opsmoac.go.th
5. Taro Yamane. (1967). Statistic : and introductory analysis. New York: Harper and Row.
6. วรเชษฐ์ ขอบใจ, และคณะ. พฤติกรรมการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดของกลุ่มเกษตรกรต้นน้ำ : กรณีศึกษาชาวเขาเผ่าม้ง จังหวัดพะเยา. วารสารวิจัยทางวิทยาศาสตร์สุขภาพ 2553;2:36-46.
7. วงศา เล้าหศิริวงศ์, และคณะ. พฤติกรรมการใช้สารกำจัดศัตรูพืชและระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดของเกษตรกรที่ทำงานในระบบการเกษตรแบบมีพันธะสัญญา จังหวัดขอนแก่น. วารสารวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี กรุงเทพ 2561;1:23-34.
8. สุเพ็ญศรี เบ้าทอง และอุไรวรรณ อินทร์ม่วง. พฤติกรรมการใช้สารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรที่เพาะปลูกมะเขือเทศ บ้านลาดนาเพียง ตำบลสาวะถี อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น [อินเตอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 12 พฤษภาคม 2562]. เข้าถึงได้จาก file:///C:/Users/User/Downloads/100934-Article%20Text-253988-1-10-20171006%20(1).pdf

[HS-P17] ความชุกและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับภาวะเตี้ยในเด็กอายุ 6 - 36 เดือน ในมารดาวัยรุ่น จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

Prevalence and Associated Factors with Stunting among 6 – 36 Month Old Children of Teenage Mothers, Phra Nakhon Si Ayutthaya Province

สุรีย์พร ทรงรูป[1], วิศิษฏ์ ฉวีพจน์กำจร[2], ปรารถนา สถิตวิภาวี[3] และศุภชัย ปิติกุลตัง[4]
Sureeporn Songroop[1], Wisit Chaveepojnkamjorn[2], Pratana Satitvipawee[3], Supachai Pitikultang[4]
[1]นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาธารณสุขศาสตร์) สาขาวิชาโรคติดเชื้อและวิทยาการระบาด คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
[2]ภาควิชาระบาดวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, [3]ภาควิชาชีวสถิติ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
[4]ภาควิชาอนามัยครอบครัว คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
*ผู้ประสานงานหลัก E-mail: bim31071992@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงสำรวจแบบภาคตัดขวางเพื่อศึกษาความชุกและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับภาวะเตี้ยของเด็กอายุ 6-36 เดือน ในมารดาวัยรุ่น จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ดำเนินการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างเด็กอายุ 6-36 เดือน ในมารดาวัยรุ่น จำนวน 250 คน จาก 6 อำเภอ โดยการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (a multi-stage sampling technique) เก็บข้อมูลโดยวิธีการสัมภาษณ์และแบบสอบถามที่มีโครงสร้างระหว่างเดือนสิงหาคม 2559 ถึง มีนาคม 2560 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา และสถิติเชิงอนุมาน ผลการศึกษาพบว่า ความชุกของภาวะเตี้ยในเด็กอายุ 6-36 เดือน เท่ากับ ร้อยละ 16.4 และภาวะค่อนข้างเตี้ย ร้อยละ 7.6 จากการวิเคราะห์ผลด้วยสถิติ Multivariable logistic regression analysis พบปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับภาวะเตี้ยในเด็กอายุ 6-36 เดือน ในมารดาวัยรุ่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ได้แก่ น้ำหนักแรกคลอดของเด็ก การเจ็บป่วยของเด็กเมื่อสองสัปดาห์ที่ผ่านมา น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นระหว่างตั้งครรภ์ของมารดา และจำนวนสมาชิกในครอบครัว (OR=4.77, 3.19, 2.91 และ 2.66) ตามลำดับ จากผลการศึกษาในครั้งนี้ควรให้ความสำคัญกับการดำเนินงานส่งเสริมสุขภาพแม่และเด็ก และการจัดโปรแกรมส่งเสริมสุขภาพระหว่างการตั้งครรภ์สำหรับมารดาวัยรุ่นและผู้ดูแลหลักเกี่ยวกับการบริโภคอาหารที่เหมาะสมระหว่างตั้งครรภ์ และสุขาภิบาลอาหารและน้ำ เพื่อป้องกันและลดการเกิดภาวะเตี้ยในเด็กต่อไป

คำสำคัญ: *ภาวะเตี้ยในเด็ก, มารดาวัยรุ่น, ภาวะโภชนาการ*

Abstract

The cross-sectional study investigated the situation and factors associated with stunting among 6–36-month-old children of teenage mothers, Phra Nakhon Si Ayutthaya province. 250 participants from 6 districts were recruited as the sample of the study using a multi-stage sampling technique. Data were collected by face-to-face structured interview questionnaires from August 2016 to March 2017. Descriptive statistics and inferential statistics were used for data analysis. The results of the study revealed that among all the children aged 6-36 months, 16.4% were stunted and 7.6% were relatively stunted. Multivariable logistic regression showed that birth weight, recent illness, weight gain, and family size were significant factors associated with the stunting status ($p< 0.05$) of the children in this population (OR= 4.77, 3.19, 2.91, and 2.66) respectively. According to this study, maternal and child health care services, implementing various health education and intervention programs to the teenage mothers and primary caregivers focusing on nutrition during pregnancy and sanitation should be addressed for stunting prevention and reduction in children.

Keywords: *stunting, teenage mother, nutrition status*

บทนำ

ภาวะเตี้ยในวัยเด็กนับว่าเป็นปัญหาทางสาธารณสุขที่สำคัญ โดยที่ประชุมสมัชชาอนามัยโลกได้ตั้งเป้าหมายยุทธศาสตร์ทางโภชนาการ ปี พ.ศ.2568 (WHA Global Nutrition Targets 2025) ได้กำหนดให้ภายในปี 2025 ต้องสามารถลดจำนวนของเด็กอายุต่ำกว่า 5 ปี ที่มีภาวะเตี้ยได้ ร้อยละ 40 [1] ซึ่งในปี 2012 ทั่วโลกมีเด็กที่อายุต่ำกว่า 5 ปี มีภาวะเตี้ยมากถึง 162 ล้านคน [2] โดยส่วนใหญ่พบเด็กที่มีภาวะเตี้ยในประเทศแถบทวีปแอฟริกา และทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เนื่องจากเด็กในประเทศด้อยพัฒนา และกำลังพัฒนา ส่วนสูงของเด็กยังสามารถพัฒนาได้อีกมาก ถ้าหากได้รับโภชนาการที่เหมาะสมตั้งแต่ช่วงต้นของชีวิต ในประเทศไทยแม้ว่าแนวโน้มภาวะเตี้ยในเด็กอายุต่ำกว่า 5 ปี จะลดลง โดยจากการสำรวจสถานการณ์เด็กและสตรีในประเทศไทย สำนักงานสถิติแห่งชาติ [3] พบว่า ภาวะเตี้ยในเด็กอายุต่ำกว่า 5 ปี ปี พ.ศ. 2555 ร้อยละ 16.3 และปี พ.ศ. 2559 ร้อยละ 10.5 แต่ยังสูงกว่าเกณฑ์ของกรมอนามัยที่กำหนดให้เด็กอายุ 0-5 ปี มีภาวะเตี้ยน้อยกว่าร้อยละ 10 [4] วัยเด็กตอนต้นนับว่าเป็นช่วงวัยสำคัญต่อการเริ่มต้นชีวิต และเป็นวัยที่ต้องการการพึ่งพิงสูง ซึ่งการเจริญเติบโตของเด็กนั้นจะได้รับอิทธิพลจากการเลี้ยงดูของครอบครัวโดยตรง เฉพาะอย่างยิ่งมารดา หรือผู้ดูแลหลักเป็นผู้ที่มีความสำคัญในการเลี้ยงดู และมีความใกล้ชิดกับตัวเด็กมากที่สุด [5] ซึ่งการเจริญเติบโตของวัยเด็กตอนต้นเป็นผลมาจากปัจจัยด้านสังคมประชากร และด้านเศรษฐกิจมากกว่าพันธุกรรม [6] ถ้าหากเด็กมีการขาดสารอาหาร และพลังงานเป็นระยะเวลานาน อาจทำให้เด็กเกิดภาวะเตี้ยได้ [7] โดยภาวะเตี้ยนั้นส่งผลต่อเด็กทั้งในระยะสั้น และระยะยาว ทั้งนี้ผลกระทบในระยะสั้น พบว่า ภาวะเตี้ยในเด็กมีความสัมพันธ์กับพัฒนาการของสมองที่ล่าช้า ทำให้เด็กมีระดับเชาวน์ปัญญาต่ำ ระดับภูมิต้านทานโรคต่ำ จึงเป็นสาเหตุของการเจ็บป่วยด้วยโรคติดเชื้อทางระบบทางเดินอาหาร ระบบทางเดินหายใจ เป็นต้น และยังส่งผลรุนแรงถึงขั้นเสียชีวิตในวัยเด็กได้ นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบในระยะยาว คือ เด็กจะเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ล่าช้า มีภาวะเจริญพันธุ์ผิดปกติ และยังมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังเพิ่มมากขึ้น เช่น โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน และโรคอ้วน เป็นต้น [8-10]

สาเหตุของการเกิดภาวะเตี้ยในวัยเด็กนั้นประกอบด้วยหลายปัจจัยที่มีความซับซ้อน และเกี่ยวข้องกันหลายแง่มุม โดยองค์การทุนเพื่อเด็กแห่งสหประชาชาติ (UNICEF) ได้กำหนดกรอบแนวคิดปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับภาวะทุพโภชนาการในวัยเด็ก [11] ได้แก่ 3 ปัจจัย ดังนี้ ปัจจัยตรง ปัจจัยรอง และปัจจัยพื้นฐาน โดยปัจจัยตรง ประกอบด้วยการบริโภคอาหารที่ไม่เหมาะสม และการเจ็บป่วยด้วยโรคต่างๆ ในขณะที่เป็นปัจจัยรอง ประกอบด้วยความไม่มั่นคงทางอาหารของครัวเรือน การดูแลสุขภาพแม่และเด็กที่ไม่เหมาะสม การเข้าไม่ถึงระบบบริการสุขภาพ และสภาพสิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ส่วนปัจจัยพื้นฐาน ประกอบด้วยโครงสร้างทางเศรษฐกิจและการเมือง บริบททางสังคมและวัฒนธรรม และทรัพยากรทางธรรมชาติ นอกจากนี้จากการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า พฤติกรรมการเลี้ยงดูเด็กด้วยน้ำนมแม่และการให้อาหารทารก การได้รับยาเม็ดเสริมธาตุเหล็กและกรดโฟลิคระหว่างตั้งครรภ์ การได้รับภูมิคุ้มกันพื้นฐาน ความรู้ด้านโภชนาการ อายุของเด็ก และน้ำหนักเด็กแรกคลอด [12-14] มีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะเตี้ยในวัยเด็ก งานวิจัยในครั้งนี้จึงสร้างกรอบแนวคิดการวิจัยขึ้นจากแนวคิดขององค์การทุนเพื่อเด็กแห่งสหประชาชาติ (UNICEF) และจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง โดยผู้วิจัยนำมาปรับให้มีความเหมาะสมกับบริบทของประเทศไทย โดยปัจจัยที่นำมาศึกษา ได้แก่ 1) ปัจจัยส่วนบุคคลของมารดาวัยรุ่น ได้แก่ อายุที่คลอดบุตร BMI ก่อนตั้งครรภ์ ระดับการศึกษา สถานภาพสมรส จำนวนครั้งที่ฝากครรภ์ ภาวะแทรกซ้อนระหว่างตั้งครรภ์ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นระหว่างตั้งครรภ์ และการทานยาเม็ดเสริมธาตุเหล็กและกรดโฟลิคระหว่างตั้งครรภ์ 2) ปัจจัยส่วนบุคคลของเด็ก ได้แก่ อายุของเด็ก น้ำหนักแรกคลอด การคลอดก่อนกำหนด โรคประจำตัว การได้รับภูมิคุ้มกันพื้นฐาน การเจ็บป่วยของเด็กเมื่อสองสัปดาห์ที่ผ่านมา และพลังงานที่ได้รับจากการบริโภคอาหาร 3) ปัจจัยด้านครอบครัว ได้แก่ ผู้ดูแลหลัก อายุของผู้ดูแลหลัก ระดับการศึกษาและอาชีพของผู้ดูแลหลัก รายได้เฉลี่ยของครอบครัวต่อเดือน จำนวนสมาชิกในครอบครัว และระดับความรู้ด้านโภชนาการ และ 4) พฤติกรรมการเลี้ยงดูเด็กด้วยน้ำนมแม่และการให้อาหารทารก

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการศึกษาความชุก และปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับภาวะเตี้ยของเด็ก อายุ 6-36 เดือน ในมารดาวัยรุ่น จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เนื่องจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ามารดาที่อายุน้อยมีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะเตี้ย

ในวัยเด็กตอนต้น [15] ทั้งนี้ยังไม่มีผลการศึกษาที่แสดงให้เห็นถึงความชุกของภาวะเตี้ยในเด็กที่เกิดจากมารดาวัยรุ่น นอกจากนี้ สถานการณ์การคลอดบุตรในมารดาอายุ 15–19 ปี จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ในช่วง 12 ปีที่ผ่านมา ระหว่างปี พ.ศ. 2543 – 2555 พบว่า อัตราการคลอดในหญิงวัย 15-19 ปี มีอัตราเพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัว ซึ่งเพิ่มจาก 28 เป็น 59.7 ราย ต่อ 1,000 ประชากรหญิงวัยเดียวกัน [16] และมีอัตราการตั้งครรภ์ซ้ำในมารดาอายุ 15 – 19 ปี ร้อยละ 19.69 [17] ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาความชุกและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับภาวะเตี้ยในเด็ก อายุ 6 – 36 เดือน ในมารดาวัยรุ่น โดยข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างนี้ สามารถนำไปใช้ในการประเมินปัญหา สำหรับวางแผนด้านการสาธารณสุข ตลอดจนเป็นแนวทางในการสร้างเสริมโปรแกรมที่ช่วยส่งเสริมด้านความรู้ด้านโภชนาการ และพฤติกรรมการเลี้ยงดูบุตร เพื่อให้มารดาวัยรุ่นมีความพร้อม และสามารถเลี้ยงดูบุตรได้อย่างมีคุณภาพ ส่งผลให้บุตรมีการเจริญเติบโตอย่างสมวัยและมีสุขภาวะที่ดีต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา: เด็ก อายุ 6–36 เดือน ในมารดาวัยรุ่น ที่อาศัยอยู่ในจังหวัด พระนครศรีอยุธยา โดยทำการเก็บข้อมูลเด็ก อายุ 6–36 เดือน ในมารดาวัยรุ่นหรือผู้ดูแลหลัก ที่อาศัยในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ไม่ต่ำกว่า 6 เดือน จำนวน 250 คน

รูปแบบการศึกษา: การวิจัยเชิงสำรวจแบบภาคตัดขวาง (Cross sectional study) ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการทำการวิจัยในมนุษย์มหาวิทยาลัยมหิดล เลขที่ MUPH 2016-096 ลงวันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2559 ดำเนินการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage sampling technique) ดำเนินการสัมภาษณ์มารดาวัยรุ่น หรือผู้ดูแลหลักโดยใช้แบบสอบถามที่มีโครงสร้าง เก็บข้อมูลระหว่างเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2559 ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ. 2560

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบสอบถาม โดยผู้วิจัยสร้างข้อคำถามจากการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมาเป็นข้อคำถามแบบเลือกตอบ และข้อคำถามแบบปลายเปิด โดยแบบสอบถามที่สร้างขึ้นมาได้พิจารณาความเที่ยงตรงโดยเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขให้แบบสอบถามมีความสมบูรณ์มากขึ้น จากนั้นนำไปทดลองใช้ (try out) กับตัวอย่างที่มีความใกล้เคียงกับประชากร จำนวน 30 คน แบบสอบถาม แบ่งเป็น 6 ตอน ได้แก่

1) ปัจจัยส่วนบุคคลของมารดาวัยรุ่น ได้แก่ อายุเมื่อคลอดบุตร น้ำหนัก-ส่วนสูงก่อนตั้งครรภ์ จำนวนครั้งที่ตั้งครรภ์ ภาวะสุขภาพระหว่างตั้งครรภ์ การฝากครรภ์ การได้รับอาหารเสริมระหว่างตั้งครรภ์ สถานภาพการอยู่ร่วมกับสามี จำนวน 13 ข้อ

2) ปัจจัยส่วนบุคคลของเด็ก ได้แก่ อายุ เพศ น้ำหนักแรกคลอด การคลอดก่อนกำหนด ความยาว/ความสูง น้ำหนักปัจจุบัน โรคประจำตัว การได้รับภูมิคุ้มกันพื้นฐานตามอายุ การเจ็บป่วยเมื่อสองสัปดาห์ที่ผ่านมา และการประเมินภาวะเตี้ย จำนวน 10 ข้อ

3) ปัจจัยด้านครอบครัว ได้แก่ ผู้ดูแลเด็กเป็นหลัก อายุของผู้ดูแลหลัก จำนวนสมาชิกในครอบครัว ระดับการศึกษา อาชีพของผู้ดูแลเด็กหลัก รายได้เฉลี่ยของครอบครัวต่อเดือน ความเพียงพอของรายได้ จำนวน 7 ข้อ

4) พฤติกรรมการเลี้ยงดูเด็กด้วยน้ำนมแม่และการให้อาหารทารก เป็นข้อคำถามสำหรับใช้วัดพฤติกรรมของมารดาวัยรุ่นต่อการเลี้ยงบุตรด้วยนมแม่ ในช่วง 6 เดือนแรกหลังคลอด จำนวน 4 ข้อ

5) ความรู้ด้านโภชนาการ โดยผู้วิจัยสร้างขึ้นเองจากตำราคู่มืออาหารตามวัยสำหรับเด็กและทารก [18] คู่มือมารดาหลังคลอดและการดูแลทารก [19] และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบไปด้วยข้อคำถาม 15 ข้อ โดยให้เลือกตอบ 2 ตัวเลือก (ใช่/ไม่ใช่)

ถ้าตอบถูก ได้ 1 คะแนน และถ้าตอบผิด ได้ 0 คะแนน จากการทดสอบความเที่ยงของแบบวัดความรู้ ด้านโภชนาการ ค่าสัมประสิทธิอัลฟาของครอนบาค (Cronbach's coefficient alpha) เท่ากับ 0.73

การจัดระดับและการแปลผลระดับคะแนนรวม โดยพิจารณาตามเกณฑ์ของบลูม (Bloom, 1975) ดังนี้ ความรู้ด้านโภชนาการอยู่ในระดับดี ร้อยละ 80 ขึ้นไป (≥ 12 คะแนน) ระดับปานกลาง ร้อยละ 60-79 (10 - 11คะแนน) และ ระดับควรปรับปรุง น้อยกว่าร้อยละ 60 (≤ 9 คะแนน)

6) แบบบันทึกการบริโภคอาหารย้อนหลัง 24 ชั่วโมง เพื่อต้องการทราบพลังงาน และสารอาหารที่ได้รับต่อวันของเด็กอายุ 6 - 36 เดือน โดยทำการสัมภาษณ์มารดาวัยรุ่นหรือผู้ดูแลหลัก เกี่ยวกับการบริโภคอาหารย้อนหลัง 24 ชั่วโมง โดยสอบถามเกี่ยวกับชนิด และปริมาณของอาหารที่เด็กบริโภคต่อวัน

การคำนวณพลังงานและสารอาหารที่ได้รับต่อวันของเด็ก อายุ 6 – 36 เดือน ผู้วิจัยทำการคำนวณเอง โดยนำชนิดและปริมาณอาหารที่เด็กได้รับต่อวัน นำไปเปรียบเทียบกับตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย ที่จัดทำโดยสำนักโภชนาการ กรมอนามัย (20) เพื่อให้ได้ปริมาณพลังงานที่เด็กได้รับต่อวัน จากนั้นนำเทียบกับปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย พ.ศ. 2546 ของสำนักโภชนาการ กรมอนามัย (21) ที่กำหนดให้เด็กอายุ 6 - 11 เดือน ควรได้รับพลังงาน 800 กิโลแคลอรีต่อวัน และเด็กอายุ 1 - 3 ปี ควรได้รับพลังงาน 1,000 กิโลแคลอรีต่อวัน โดยแบ่งเป็นเด็กได้รับพลังงานเพียงพอหรือไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายตามอายุของเด็ก

2. อุปกรณ์วัดความยาวเด็ก เป็นแบบพลาสติก โดยใช้อันเดียวตลอดการเก็บข้อมูล มีการอ่านมาตราส่วนเป็นนิ้วและเซนติเมตร โดยตรวจทานมาตราวัดด้วยความยาวมาตรฐานทุกครั้งก่อนการใช้งาน มีระดับความยาว 1-60 นิ้ว หรือ 1-150 เซนติเมตร

3. สมุดบันทึกสุขภาพแม่และเด็ก (สมุดสีชมพู) ของกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ซึ่งผู้วิจัยได้นำมาใช้ประกอบกับการสัมภาษณ์เพื่อป้องกันการเกิดความคลาดเคลื่อนจากการสอบถามข้อมูลย้อนหลัง (recall bias) เช่น จำนวนครั้งการฝากครรภ์ ภาวะแทรกซ้อนระหว่างตั้งครรภ์ น้ำหนักแรกคลอดของเด็ก และการได้รับภูมิคุ้มกันพื้นฐานของเด็ก เป็นต้น

4. กราฟแสดงความยาว/ความสูงตามเกณฑ์อายุ เพศหญิง และ กราฟแสดงความยาว/ความสูงตามเกณฑ์อายุ เพศชาย จัดทำโดยสำนักโภชนาการ กรมอนามัย ปี 2558 ที่ได้ประยุกต์จากเกณฑ์มาตรฐานการเจริญเติบโตขององค์การอนามัยโลก ซึ่งผู้วิจัยนำมาใช้ในการประเมินภาวะเตี้ย ในเด็ก อายุ 6 - 36 เดือน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยทำการขออนุญาตการเก็บข้อมูลตามขั้นตอนระเบียบของมหาวิทยาลัย และดำเนินการขอจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จากคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เลขที่ MUPH 2016-096 ลงวันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2559

2. เมื่อผู้วิจัยได้หนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ พร้อมหนังสือแนะนำตัว จากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล ผู้วิจัยจะนำหนังสือแนะนำตัวไปมอบให้กับสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดพระนครศรีอยุธยาโดยตรงและขออนุญาตเก็บข้อมูล

3. ผู้วิจัยได้เข้าพบผู้อำนวยการโรงพยาบาล สาธารณสุขอำเภอ ทั้ง 6 อำเภอ เพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์ของงานวิจัย และดำเนินการนัดหมายในการเข้าเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง

4. ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง โดยขอความอนุเคราะห์จากกลุ่มตัวอย่างในการเข้าร่วมการวิจัยโดยทำการลงนามในหนังสือยินยอมตนให้ทำการวิจัย และทำการอธิบายถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย พร้อมกับพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง

4.1 ผู้วิจัยทำการประเมินภาวะเตี้ยในเด็ก โดยทำการวัดความยาว/ส่วนสูง โดยใช้อุปกรณ์วัดความยาวเด็ก ตามหลักวิธีการที่ถูกต้องจากนั้นนำไปเปรียบเทียบกับกราฟแสดงความยาว/ความสูงตามเกณฑ์อายุ

4.2 ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์มารดาวัยรุ่น หรือผู้ดูแลหลักในกรณีที่เด็กไม่ได้อาศัยอยู่กับมารดาวัยรุ่น โดยใช้แบบสัมภาษณ์ที่มีโครงร่าง รวมทั้งขอความอนุเคราะห์ในการใช้ข้อมูลจากสมุดบันทึกสุขภาพแม่และเด็ก (สมุดสีชมพู) ในบางข้อคำถาม ซึ่งใช้เวลาในการประเมินภาวะเตี้ยในเด็กร่วมกับทำการสัมภาษณ์ทั้งหมดประมาณ 30 นาที/ตัวอย่าง

5. นำข้อมูลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบความถูกต้อง ก่อนนำไปวิเคราะห์ข้อมูลตามวิธีทางสถิติต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive analysis) เพื่ออธิบายคุณลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา และนำเสนอความชุกของภาวะเตี้ยในเด็ก อายุ 6 - 36 เดือน ในมารดาวัยรุ่น ประกอบด้วยการแจกแจงความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. สถิติเชิงอนุมาน (Inferential statistic) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระของมารดาวัยรุ่นกับภาวะเตี้ยในเด็กอายุ 6 – 36 เดือน การคำนวณค่า Odd Ratio โดยใช้สถิติ Univariable logistic regression ในการวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์อย่างหยาบ (Crude OR) และสถิติ Multivariable logistic regression ในการวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์เมื่อควบคุมตัวแปรกวนแล้ว (Adjusted OR) ซึ่งทั้งหมดกำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากผลการศึกษาภาวะเตี้ยในเด็กอายุ 6 – 36 เดือน ในมารดาวัยรุ่น จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่า เด็กมีภาวะเตี้ยร้อยละ 16.4 และภาวะค่อนข้างเตี้ย ร้อยละ 7.6 และจากการวิเคราะห์ Multivariable logistic regression เพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับภาวะเตี้ยในเด็กอายุ 6-36 เดือน ในเด็กที่เกิดจากมารดาวัยรุ่น จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่า น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นระหว่างตั้งครรภ์ น้ำหนักแรกคลอด การเจ็บป่วยของเด็กเมื่อสองสัปดาห์ที่ผ่านมา และจำนวนสมาชิกในครอบครัว มีความสัมพันธ์กับภาวะเตี้ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของเด็กที่มีภาวะโภชนาการจำแนกตามส่วนสูง/ความยาวตามเกณฑ์อายุ (n=250)

ส่วนสูง/ความยาวตามเกณฑ์อายุ	**จำนวน**	**ร้อยละ**
สูงตามเกณฑ์ (-1.5 S.D. ≤ Z-score ≤ +1.5 S.D.)	171	68.4
ค่อนข้างสูง (+1.5 S.D. < Z-score < +2 S.D.)	10	4.0
สูง (Z-score ≥ +2 S.D.)	9	3.6
ค่อนข้างเตี้ย (-1.5 S.D. < Z-score < -2 S.D.)	19	7.6
เตี้ย (Z-score ≤ -2 S.D.)	41	16.4

ตารางที่ 2 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆกับภาวะเตี้ยในเด็ก อายุ 6-36 เดือน ในมารดาวัยรุ่น (n=250)

ปัจจัย/ตัวแปร	OR_c	95%CI	OR_{adj}	95%CI	p-value
อายุของมารดาเมื่อคลอดบุตร (ปี)					
≥ 18	1	-	1	-	-
16 – 17.9	3.52	1.44-8.64	3.35	1.00-11.20	0.050
< 16	3.78	1.36-10.51	2.37	0.42-13.33	0.326
ระดับการศึกษาของมารดา					
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	1	-	1	-	-
มัธยมศึกษาตอนปลาย	1.07	0.31-3.73	1.13	0.24-5.37	0.880
มัธยมศึกษาตอนต้น	2.76	0.99-7.68	2.40	0.34-16.82	0.377
ประถมศึกษา	3.75	1.01-13.95	1.06	0.05-22.05	0.968
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นระหว่างตั้งครรภ์					
≥ 10 กิโลกรัม	1	-	1	-	-
< 10 กิโลกรัม	2.87	1.38-5.96	2.91	1.17-7.23	0.021*
น้ำหนักแรกคลอดของเด็ก (กรัม)					
≥ 3,000	1	-	1	-	-
2,500 – 2,999	1.09	0.45-2.63	1.80	0.61-5.28	0.283
< 2,500	2.54	1.08-5.96	4.77	1.66-13.68	0.004*
การได้รับวัคซีนพื้นฐานตามอายุของเด็ก					
ครบ	1	-	1	-	-
ไม่ครบ	3.10	1.16-8.34	1.94	0.57-6.56	0.289
การเจ็บป่วยของเด็กเมื่อสองสัปดาห์ที่ผ่านมา					
ไม่ใช่	1	-	1	-	-
ใช่	3.76	1.71-8.25	3.19	1.13-9.01	0.029*
พลังงานที่ได้รับจากการบริโภคอาหารของเด็ก (ต่อวัน)					
เหมาะสม	1	-	1	-	-
ไม่เหมาะสม	2.19	1.11-4.32	1.70	0.73-3.97	0.219
ระดับการศึกษาของผู้ดูแลหลัก					
มัธยมศึกษาตอนปลายขึ้นไป	1	-	1	-	-
มัธยมศึกษาตอนต้น	2.12	0.99-4.52	0.70	0.14-3.51	0.660
≤ ระดับประถมศึกษา	3.20	1.18-8.66	1.81	0.19-17.17	0.606
ความเพียงพอของรายได้ต่อเดือน					
เพียงพอ	1	-	1	-	-
ไม่เพียงพอ	2.06	1.02-4.15	1.50	0.63-3.53	0.359

ปัจจัย/ตัวแปร	OR_c	95%CI	OR_{adj}	95%CI	p-value
จำนวนสมาชิกในครอบครัว					
≤ 5 คน	1	-	1	-	-
> 5 คน	2.68	1.29-5.55	2.66	1.05-6.72	0.039*
ระดับความรู้ด้านโภชนาการ					
ระดับดี	1	-	1	-	-
ระดับปานกลาง	2.67	1.25-5.70	2.26	0.89-5.77	0.088
การได้รับนมแม่เพียงอย่างเดียว					
มากกว่า 6 เดือนขึ้นไป	1	-	1	-	-
ตั้งแต่ 4 – 5.9 เดือน	1.28	0.40-4.03	0.78	0.18-3.30	0.731
น้อยกว่า 4 เดือน	3.20	1.16-8.84	1.63	0.34-7.75	0.538
อายุเด็กที่เริ่มให้อาหารเสริม					
มากกว่า 6 เดือนขึ้นไป	1	-	1	-	-
ตั้งแต่ 4 – 5.9 เดือน	2.16	1.03-4.54	1.54	0.51-4.68	0.446
น้อยกว่า 4 เดือน	3.19	1.14-8.99	2.53	0.51-12.65	0.259

*p<0.05

สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาภาวะเตี้ยของเด็กอายุ 6–36 เดือน ในมารดาวัยรุ่น จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่า เด็กมีภาวะเตี้ย (z-score ≤ -2 S.D.) ร้อยละ 16.4 และมีภาวะค่อนข้างเตี้ย (-1.5 S.D. < Z-score < -2 S.D.) ร้อยละ 7.6 ซึ่งสูงกว่าการสำรวจโดยสำนักงานสถิติแห่งชาติ ปี 2559 พบเด็กที่มีภาวะเตี้ย ร้อยละ 10.5 [3] การที่ภาวะเตี้ยในประชากรกลุ่มนี้ สูงกว่ากลุ่มอื่นที่เป็นการสำรวจในประชากรทั่วไป เนื่องจากมารดาวัยรุ่นเป็นวัยที่ยังไม่พร้อมในด้านพัฒนาการด้านร่างกาย จิตใจ และอารมณ์ รวมทั้งเศรษฐานะ ซึ่งถ้าหากการตั้งครรภ์นี้เป็นการตั้งครรภ์ที่ไม่พร้อม หรือไม่ได้รับการยอมรับจากฝ่ายชายหรือครอบครัว จะส่งผลกระทบต่อสภาพจิตใจเป็นอย่างมาก และเมื่อการตั้งครรภ์ดำเนินไปจนกระทั่งคลอด มารดาวัยรุ่นจะมีความวิตกกังวลเกี่ยวกับการดำเนินชีวิต และการเลี้ยงดูบุตร ส่งผลให้การยอมรับบทบาทการเป็นมารดาอยู่ในระดับต่ำ และการปฏิบัติบทบาทในการเลี้ยงดูบุตรที่ไม่มีคุณภาพได้ [22]

การศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับภาวะเตี้ยในเด็กอายุ 6-36 เดือน ในเด็กที่เกิดจากมารดาวัยรุ่น จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่า เด็กที่มีน้ำหนักแรกคลอดน้อยกว่า 2,500 กรัม (LBW) มีความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะเตี้ย 4.77 เท่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chirande L, *et al.* [23] ที่ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากการสำรวจระดับชาติ ประเทศแทนซาเนีย ปี 2010 พบว่า เด็กอายุ 0-23 เดือน ที่มีน้ำหนักแรกคลอดน้อยกว่า 2,500 กรัม เสี่ยงต่อการเกิดภาวะเตี้ย 2.23 เท่า (OR_{adj}=2.23, 95%CI: 1.47 - 3.38) เนื่องจากเด็กมีน้ำหนักแรกคลอดน้อยกว่า 2,500 กรัม มีความสัมพันธ์กับการคลอดก่อนกำหนด และ/หรือภาวะทารกในครรภ์เจริญเติบโตช้า (Intrauterine Growth Retardation: IUGR) ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้เด็กเกิดภาวะเตี้ยได้ [24] การเจ็บป่วยของเด็กเมื่อสองสัปดาห์ที่ผ่านมาเสี่ยงต่อการเกิดภาวะเตี้ยสูงกว่าเด็กที่ไม่มีการเจ็บป่วยเมื่อสองสัปดาห์ที่ผ่านมาถึง 3.19 เท่า (p-value = 0.029) เนื่องจากส่วนใหญ่เด็กเจ็บป่วยด้วยโรคติดเชื้อ ซึ่งสาเหตุหนึ่งมาจากการสุขาภิบาลอาหารและน้ำ

รวมทั้งการจัดสิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมภายในครอบครัว ซึ่งสาเหตุหนึ่งอาจเป็นผลมาจากจำนวนสมาชิกในครอบครัวที่มากกว่า 5 คนขึ้นไป ทำให้สภาพความเป็นอยู่มีความแออัด ส่งผลให้เด็กสามารถติดเชื้อได้ง่ายขึ้น [25] ทั้งนี้เมื่อเด็กมีอาการเจ็บป่วย ร่างกายมีความต้องการใช้พลังงานสูงขึ้น แต่ความอยากอาหารลดลง และเกิดสูญเสียสารอาหารจากการอาเจียน หรือท้องร่วง [26] จนส่งผลให้เด็กเกิดการขาดสารอาหารเป็นระยะเวลานาน ส่งผลให้เกิดภาวะเตี้ยได้ นอกจากนี้น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นระหว่างตั้งครรภ์ของมารดามีความสัมพันธ์กับภาวะเตี้ยในเด็ก เนื่องจากน้ำหนักที่เพิ่มของมารดาระหว่างตั้งครรภ์ส่งผลโดยตรงต่อน้ำหนักของเด็ก [27] ดังนั้นมารดาที่มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นระหว่างตั้งครรภ์น้อยกว่า 10 กิโลกรัมนั้น อาจส่งผลให้เด็กมีน้ำหนักแรกคลอดน้อยกว่า 2,500 กรัม

สรุป

จากการศึกษา พบว่าปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับภาวะเตี้ยของเด็กอายุ 6-36 เดือน ในมารดาวัยรุ่น จังหวัดพระนครศรีอยุธยาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ได้แก่ น้ำหนักแรกคลอดของเด็ก (< 2,500 กรัม) ประวัติการเจ็บป่วยของเด็กเมื่อสองสัปดาห์ที่ผ่านมา น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นระหว่างตั้งครรภ์ (< 10 กิโลกรัม) และจำนวนสมาชิกในครอบครัว (> 5 คน) (OR_{adj}=4.77 ; 95% CI= 1.66-13.68) (OR_{adj} = 3.19; 95% CI = 1.13-9.01) (OR_{adj} = 2.91 ; 95% CI = 1.17-7.23) และ (OR_{adj} = 2.66 ; 95%CI=1.05-6.72) ตามลำดับ ดังนั้นควรจัดให้มีการส่งเสริมการให้ความรู้แก่มารดาวัยรุ่นและผู้ดูแลหลักเกี่ยวกับการบริโภคอาหารที่เหมาะสมระหว่างตั้งครรภ์ และการสุขาภิบาลอาหารและน้ำ รวมทั้งสิ่งแวดล้อมภายในครอบครัวให้ถูกหลักสุขอนามัยเพื่อป้องกันการเจ็บป่วยด้วยโรคติดเชื้อของเด็ก รวมไปถึงการดูแลสภาวะจิตใจแก่มารดาวัยรุ่นให้มีความพร้อม ในการเลี้ยงดูบุตรอย่างเหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

1. World Health Organization. Global nutrition monitoring framework: Operational guidance for tracking progress in meeting targets for 2025. Geneva: World Health Organization; 2017.
2. de Onis M, Blossner M, Borghi E. Global prevalence and trends of overweight and obesity among preschool children. Am J Clin Nutr.2010; 92:1257–64.
3. สำนักงานสถิติแห่งชาติ. การสำรวจสถานการณ์เด็กและสตรีในประเทศไทย(MICS). [อินเตอร์เนต]. กรุงเทพฯ : สำนักงานสถิติแห่งชาติ; 2555 [เข้าถึงเมื่อ 21 มี.ค.2559]. เข้าถึงได้จาก: http://service.nso.go.th/nso/web/survey/surpop2-1-12.html
4. กรมอนามัย. ร้อยละของเด็กอายุ 0-5 ปี มีภาวะเตี้ย ระดับเขตสุขภาพ [อินเตอร์เน็ต]. นนทบุรี: กรมอนามัย; 2556 [เข้าถึงเมื่อ
3. มกราคม 2559]. เข้าถึงได้จาก:http://dashboard.anamai.moph.go.th/dashboard/low05/index?year=2019
5. สินีพร ยืน, กนกพร หมู่พยัคฆ์, นันทวัน สุวรรณรูป. การศึกษาเปรียบเทียบปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับภาวะโภชนาการในเด็กก่อนวัยเรียนในเขตอำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี. J Nurs Sci.2012; 30(2):90-100.
6. Beaton G, Kelly A, Kevany J, Martorell R, Mason J. Appropriate uses of anthropometric indices in children-Nutrition Policy Discussion Paper No. 7. A Report Based on an ACC/SCN Workshop;1990.
7. Victora CG, de Onis M, Hallal PC, Blössner M, Shrimpton R. Worldwide Timing of Growth Faltering: Revisiting implications for interventions. Pediatrics.2010; 125(3):473-80.
8. Dewey KG, Begum K. Long-term consequences of stunting in early life. Maternal and Child Nutrition. 2011; 7(3):5–18.
9. Ampaabeng SK, Tan CM. The long-term cognitive consequences of early childhood malnutrition: The case of famine in Ghana. Journal of Health Economics. 2013; 32(6):1013–27.

10. McDonald CM, Kupka R, Manji KP, Okuma J, Bosch RJ, Aboud S, *et al*. Predictors of stunting, wasting and underweight among Tanzanian children born to HIV-infected women. Eur J Clin Nutr.2012; 66(11):1265-76.
11. UNICEF. Strategy for improved nutrition of children and women in developing countries. New York; 1990.
12 Sujendran S, Senarath U, Joseph J. Prevalence of stunting among children aged 6 to 36 Months, in the Eastern Province of Sri Lanka. J Nutr Disorders Ther.2015; 5:154.
13. Owoaje E, Onifade O, Desmennu A. Family and socioeconomic risk factors for undernutrition among children aged 6 to 23 Months in Ibadan, Nigeria. The Pan African Medical Journal. 2014; 17: 161.
14. Phyo SW, Keiwkarnka B, Mongkolchati A. Factors related to stunting status of children aged under two years in Magway Township, Myanmar J Pub Health Dev.2014; 12(3):3-16.
15. Raj A, Srti N, Winter M, Labonte A, Decker MR, Balaiah D, Silverman JG. The effect of maternal child marriage on morbidity and mortality of children under 5 in India: cross sectional study of a nationally representative sample. BMJ.2010; 340: b4258.
16. สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข. สถิติสาธารณสุข พ.ศ. 2533-2556 [อินเตอร์เน็ต]. นนทบุรี: สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข; 2556 [เข้าถึงเมื่อ25 กุมภาพันธ์2558].เข้าถึงได้จาก: http://bps.moph.go.th/new_bps/สถิติสาธารณสุข
17 สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดพระนครศรีอยุธยา กระทรวงสาธารณสุข. รายงานประจำปี 2558 [อินเตอร์เน็ต]. พระนครศรีอยุธยา : สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดพระนครศรีอยุธยา; 2556. [เข้าถึงเมื่อ 23 ธันวาคม 2558]. เข้าถึงได้จาก: http://www.ayo.moph.go.th/main/file_upload/subblocks/merged_document_10.pdf
18. อุมาพร สุทัศน์วรวุฒิ สุภาพรรณ ตันตราชีวธร และสมโชค คุณสนอง. คู่มืออาหารตามวัยสำหรับทารกและเด็กเล็ก. กรุงเทพ: บริษัท บียอนด์ เอ็นเทอร์ไพรซ์ จำกัด; 2552.
19. กองอนามัยการเจริญพันธุ์ กรมอนามัย. คู่มือมารดาหลังคลอดและการดูแลทารก [อินเตอร์เน็ต]. นนทบุรี: กรมอนามัย ; 2556 [เข้าถึงเมื่อ 3 มกราคม 2559]. เข้าถึงได้จาก: https://thailand.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/PP_Handbook.pdf
20. กองโภชนาการ กรมอนามัย.ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการอาหารไทย. พิมพ์ครั้งที่ 1. นนทบุรี; โรงพิมพ์องค์การทหารผ่านศึก; 2544.
21. คณะกรรมการจัดทำข้อกำหนดสารอาหารที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย. ปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย พ.ศ. 2546. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์; 2546.
22. เยาวลักษณ์ เสรีเสถียร และฤดี ปุงบางกระดี่. การพัฒนาศักยภาพ: การส่งเสริมสุขภาพสตรีวัยเจริญพันธุ์ที่มีภาวะเสี่ยง. การประชุมวิชาการสูติศาสตร์ครั้งที่ 5. ภาควิชาการพยาบาลศูติศาสตร์-นรีเวชวิทยา มหาวิทยาลัยมหิดล; 2550.
23. Chirande L, Charwe D, Mbwana H, Victor R, Kimboka S, Ibrahim AI, *et al.* Determinants of stunting and severe stunting among under-fives in Tanzania: evidence from the 2010 cross-sectional household survey. BMC Pediatrics. 2015; 15: 165.
24. Shankar A, Kusumawardani N, Besral B, Jahari AB, Achadi E. Low birth weight was the most dominant predictor associated with stunting among children aged 12–23 months in Indonesia. BMC Nutrition. 2017; 3:16.
25. Asfaw M, Wondaferash M, Taha M, Dube L. Prevalence of undernutrition and associated factors among children aged between 6 to 59 months in Bule Hora district, South Ethiopia. BMC Public Health.2015; 15: 41.
26 Laure NJ, Christelle MM , Bilkha L, Desire MH, Julius O. Nutritional Status and Risk Factors of Malnutrition among 0-24 Months Old Children Living in Mezam Division, North West Region, Cameroon. J Nutr Disorders Ther. 2014; 4(2).

27. Li C, Goran MI, Kaur H, Nollen N, Ahluwalia JS. Developmental trajectories of overweight during childhood: Role of early life factors. Obesity. 2007; 15:760-71.

[HS-P18] ผลของโปรแกรมทันตสุขศึกษาโดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีแรงจูงใจเพื่อป้องกันโรคฟันผุในนักเรียนประถมศึกษา จังหวัดชลบุรี

Effects of Dental Health Education Program by Application of the Protection Motivation Theory for Dental Caries Prevention in Primary School Students in Chonburi Province

ธัญฑิการ์ ท่าเข[1],ปัญปภัส ติพุก[1], ศิรัญญา แสงอรุณ[1], และ กรรณิการ์ กุลเกียรติชัย[*2]
Thantita Takhe[1] , Panpapas Tipuk[1], Siranya Sang-aroon[1], and Kannika Kulkiattichai[*2]
[1] หลักสูตรทันตสาธารณสุข วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดชลบุรี
[2]กลุ่มงานยุทธศาสตร์และประกันคุณภาพการศึกษา วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดชลบุรี
[*]ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: kannika@scphc.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยกึ่งทดลอง เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมทันตสุขศึกษาโดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีแรงจูงใจเพื่อป้องกันโรคฟันผุในนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านชากพุดซา จังหวัดชลบุรี ประชากร คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 37 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 18 คน และกลุ่มเปรียบเทียบ 19 คน กลุ่มทดลองได้รับโปรแกรมทันตสุขศึกษา กิจกรรมประกอบด้วย การให้ทันตสุขศึกษา การจัดบอร์ด การเล่นเกม การแสดงบทบาทสมมติ การเขียนเรียงความ การใช้ตัวแบบ การสาธิตและฝึกปฏิบัติ ระยะเวลาดำเนินการ 8 สัปดาห์ เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม แบบบันทึกการตรวจแผ่นคราบจุลินทรีย์ โดยการวิเคราะห์ระดับความตั้งใจที่จะมีพฤติกรรมในการป้องกันการเกิดโรคฟันผุ ระดับการปฏิบัติตัวในการป้องกันการเกิดโรคฟันผุ และปริมาณแผ่นคราบจุลินทรีย์ ด้วยสถิติ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนระหว่างกลุ่ม ด้วยสถิติ T-test for Independent Samples ผลการวิจัย พบว่า ภายหลังการทดลอง กลุ่มทดลองมีคะแนนความตั้งใจที่จะมีพฤติกรรมในการป้องกันการเกิดโรคฟันผุ และการปฏิบัติตัวในการป้องกันการเกิดโรคฟันผุ สูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และคะแนนเฉลี่ยปริมาณแผ่นคราบจุลินทรีย์ ลดลงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

คำสำคัญ: *โปรแกรมทันตสุขศึกษา, โรคฟันผุ, ทฤษฎีแรงจูงใจเพื่อป้องกันโรค*

Abstract

This research is a quasi-experimental research. To study the effects of a dental health education program by application of the protection motivation theory for dental caries prevention in grade 5 students at Ban Chak Phudsa School, Chonburi Province. The population was 37 students in grade 5 that divided into two groups; 18 students in the experimental group and 19 students in the comparison group. The experimental group was received a dental health education program, consist of dental health education, exhibition, games, role-play, essay writing, modeling, demonstration, and practice. The duration of implementation was 8 weeks. Data were collected by questionnaires and plaque index records. A percentage, mean and standard deviation of the level of intention for dental caries prevention behavior, level of dental caries prevention practice and the amount of plaque were analyzed. Moreover, the differentiation scores between groups were compared by independent t-test. The result shows that the experimental group has the score of intention for dental caries prevention behavior and dental caries prevention practice more than the comparison group at the statistically significant level ($p<0.05$) and the mean score of plaque less than the comparison group at the statistically significant level. ($p<0.05$)

Keywords: *dental health education program, dental caries disease, protection motivation theory*

บทนำ

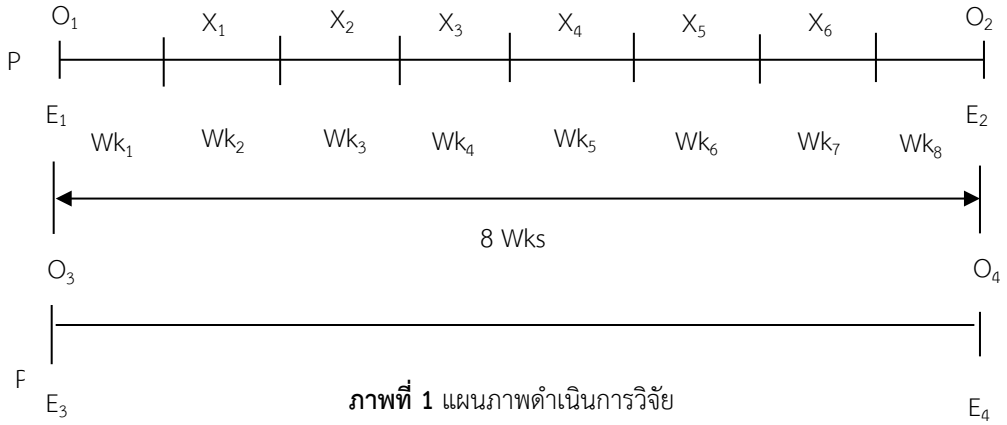
โรคฟันผุเป็นโรคที่มีการทำลายเนื้อเยื่อฟัน โดยกรดที่เกิดจากเชื้อจุลินทรีย์โดยการหมักของอาหารชนิดคาร์โบไฮเดรท ที่เกิดขึ้นเฉพาะชี่ เริ่มต้นด้วยการละลายตัวของสารประกอบพวกแร่ธาตุบริเวณผิวเคลือบฟันและดำเนินต่อไปเรื่อยๆจนทะลุถึงเนื้อฟัน และเข้าสู่โพรงในตัวฟันในที่สุด[1] จัดเป็นโรคในช่องปากที่แพร่หลายโรคหนึ่งของประชากรทั่วโลกและเป็นปัญหาหนึ่งที่มีความสำคัญทางสาธารณสุข โรคนี้จะเกิดขึ้นได้ทั้งในเพศหญิงและเพศชาย ทุกสถานภาพทางเศรษฐกิจและทุกอายุ แต่ในวัยเด็กจะมีโอกาสเป็นโรคนี้ได้มากกว่าในวัยผู้ใหญ่ โดยเฉพาะเด็กวัยเรียนอายุ 12 ปี เป็นวัยที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคฟันผุสูง และเป็นกลุ่มสำคัญทางระบาดวิทยา เนื่องจากเป็นช่วงอายุที่มีฟันแท้ขึ้นครบ 28 ซี่ในช่องปาก ซึ่งอัตราการเกิดโรคฟันผุในวัยนี้จะใช้เพื่อทำนายแนวโน้มการเกิดโรคฟันผุในวัยผู้ใหญ่[2]

จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นโดยการสำรวจสุขภาพช่องปากในนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา ปีที่ 1-6 โรงเรียนบ้านชากพุดซา จังหวัดชลบุรี พบว่าปัญหาเรื่องโรคฟันผุเป็นปัญหาที่สำคัญอันดับหนึ่งของโรงเรียน ซึ่งนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 มีค่าเฉลี่ยฟันผุ ถอน อุด (DMFT) เฉลี่ย 1.25 ซี่ต่อคน ซึ่งใกล้เคียงกับระดับประเทศ โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีพฤติกรรมการแปรงฟันไม่สะอาด

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาผลของโปรแกรมทันตสุขศึกษาโดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีแรงจูงใจเพื่อป้องกันโรคต่อพฤติกรรมการป้องกันการเกิดโรคฟันผุในนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านชากพุดซา จังหวัดชลบุรี เพื่อให้นักเรียนมีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการป้องกันการเกิดโรคฟันผุที่ดีขึ้น ตระหนักและเห็นความสำคัญของสุขภาพช่องปาก พร้อมทั้งมีความรู้ในการดูแลสุขภาพช่องปากอนามัยของตนเองที่จะป้องกันไม่ให้เกิดโรคฟันผุ และมีความตั้งใจที่จะปฏิบัติตนในการดูแลสุขภาพช่องปากได้อย่างเหมาะสม ซึ่งจะส่งผลให้ปัญหาโรคฟันผุลดลงและมีสุขภาพอนามัยช่องปากที่ดีต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi - experimental research) ใช้ระยะเวลาดำเนินการทดลอง 8 สัปดาห์ ประชากร คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 37 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 18 คน และกลุ่มเปรียบเทียบ 19 คน โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบ Pretest-posttest Two-group Design ดำเนินการวิจัยตามภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนภาพดำเนินการวิจัย

O_1, O_3 หมายถึง การเก็บข้อมูลก่อนการทดลอง ได้แก่ ความรู้เรื่องโรคฟันผุ ความตั้งใจที่จะมีพฤติกรรมในการป้องกันการเกิดโรคฟันผุ และการปฏิบัติตัวในการป้องกันการเกิดโรคฟันผุ

O_2, O_4 หมายถึง การเก็บข้อมูลหลังการทดลอง ได้แก่ ความตั้งใจที่จะมีพฤติกรรมในการป้องกันการเกิดโรคฟันผุและการปฏิบัติตัวในการป้องกันการเกิดโรคฟันผุ

E_1, E_3 หมายถึง การเก็บข้อมูลความสะอาดในช่องปากของนักเรียน โดยการวัดปริมาณแผ่นคราบจุลินทรีย์ ก่อนการทดลองในกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

E_2, E_4 หมายถึง การเก็บข้อมูลความสะอาดในช่องปากของนักเรียน โดยการวัดปริมาณแผ่นคราบจุลินทรีย์ หลังสิ้นสุดการทดลองในกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

X_1 หมายถึง โปรแกรมทันตสุขศึกษา ครั้งที่ 1 เป็นการให้ทันตสุขศึกษา เรื่อง ความรู้เรื่องโรคฟันผุ สาธิตและฝึกปฏิบัติเรื่องการแปรงฟัน การใช้ไหมขัดฟันและการตรวจฟันด้วยตนเอง

X_2 หมายถึง โปรแกรมทันตสุขศึกษา ครั้งที่ 2 ร่วมกันจัดบอร์ดความรู้เรื่องโรคฟันผุ และนำเสนอบอร์ดความรู้ สาธิตและฝึกปฏิบัติเรื่องการแปรงฟัน การใช้ไหมขัดฟันและการตรวจฟันด้วยตนเอง

X_3 หมายถึง โปรแกรมทันตสุขศึกษา ครั้งที่ 3 แบ่งนักเรียนเป็น 2 กลุ่ม เพื่อแสดงบทบาทสมมติตามเรื่องที่ผู้วิจัยกำหนด สาธิตและฝึกปฏิบัติเรื่องการแปรงฟัน การใช้ไหมขัดฟันและการตรวจฟันด้วยตนเอง

X_4 หมายถึง โปรแกรมทันตสุขศึกษา ครั้งที่ 4 เขียนเรียงความในหัวข้อเรื่อง ความตั้งใจของฉัน สาธิตและฝึกปฏิบัติเรื่องการแปรงฟัน การใช้ไหมขัดฟันและการตรวจฟันด้วยตนเอง

X_5 หมายถึง โปรแกรมทันตสุขศึกษา ครั้งที่ 5 แบ่งนักเรียนเป็น 2 กลุ่ม เพื่อเล่นเกมแข่งกันตอบชื่ออาหารที่มีประโยชน์และมีโทษต่อฟัน สาธิตและฝึกปฏิบัติเรื่อง การแปรงฟัน การใช้ไหมขัดฟันและการตรวจฟันด้วยตนเอง

X_6 หมายถึง โปรแกรมทันตสุขศึกษา ครั้งที่ 6 สาธิตและฝึกปฏิบัติเรื่องการแปรงฟันการใช้ไหมขัดฟันและการตรวจฟันด้วยตนเอง คัดเลือกตัวแบบที่ดีในการแปรงฟันการใช้ไหมขัดฟัน และการตรวจฟันด้วยตนเองอย่างถูกวิธี

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่โปรแกรมทันตสุขศึกษา โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีแรงจูงใจเพื่อป้องกันโรคฟันผุ ประกอบไปด้วยการให้ทันตสุขศึกษา การสาธิตและฝึกปฏิบัติการแปรงฟัน การใช้ไหมขัดฟัน และการตรวจฟันด้วยตนเอง การจัดบอร์ดความรู้เรื่องโรคฟันผุ การเล่นเกมทายชื่ออาหารที่มีประโยชน์และโทษต่อฟัน การแสดงบทบาทสมมุติ การปฏิบัติตัวที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง การเขียนเรียงความเรื่องความตั้งใจของฉัน และการใช้ตัวแบบที่ดีในการแปรงฟัน การใช้ไหมขัดฟันและการตรวจฟันด้วยตนเอง

2. เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบสอบถามเกี่ยวกับความรู้เรื่องโรคฟันผุ ความตั้งใจที่จะมีพฤติกรรมการป้องกันการเกิดโรคฟันผุ การปฏิบัติตัวในการป้องกันการเกิดโรคฟันผุ และแบบบันทึกการตรวจแผ่นคราบจุลินทรีย์

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

1. การตรวจสอบคุณภาพความตรงของเนื้อหา (Content validity) โดยการนำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบและพิจารณาแก้ไขความตรงเชิงเนื้อหา และความเข้าใจของภาษาที่ใช้ในข้อคำถามแต่ละข้อ โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ (Item – Objective Congruence Index : IOCโดยแต่ละข้อคำถามมีค่า IOC > 0.5 ขึ้นไป

2. ตรวจสอบความเที่ยงของเครื่องมือ (Reliability) โดยนำแบบสอบถามที่ได้ความตรงเชิงเนื้อหาแล้วนำไปทดลอง (Try out) กับกลุ่มที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน หาค่าความเที่ยงของแบบสอบถามโดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟ่าของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ได้ค่าเท่ากับ 0.811

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่ใช้ในการวิจัย

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมประมวลผลทางสถิติสำเร็จรูป โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นในการทดสอบทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

1. เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยภายในกลุ่มทดลอง และกลุ่มเปรียบเทียบระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลอง ในเรื่องความตั้งใจที่จะมีพฤติกรรมในการป้องกันการเกิดโรคฟันผุ การปฏิบัติตัวในการป้องกันการเกิดโรคฟันผุ และปริมาณแผ่นคราบจุลินทรีย์ ด้วยสถิติ Paired Sample t-test

2. เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มเปรียบเทียบระหว่างก่อนการทดลองและ

หลังการทดลอง ในเรื่องความตั้งใจที่จะมีพฤติกรรมในการป้องกันการเกิดโรคฟันผุ การปฏิบัติตัวในการป้องกันการเกิดโรคฟันผุ และปริมาณแผ่นคราบจุลินทรีย์ ด้วยสถิติ T-test for Independent Samples

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและทำการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป ซึ่งมีผลการวิจัย ดังต่อไปนี้

1. การเปรียบเทียบความแตกต่างของความตั้งใจที่จะมีพฤติกรรมในการป้องกันการเกิดโรคฟันผุ
2. การเปรียบเทียบความแตกต่างของการปฏิบัติตัวในการป้องกันการเกิดโรคฟันผุ
3. การเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณแผ่นคราบจุลินทรีย์
4. คะแนนเฉลี่ยของความตั้งใจที่จะมีพฤติกรรมในการป้องกันการเกิดโรคฟันผุ ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความตั้งใจที่จะมีพฤติกรรมในการป้องกัน การเกิดโรคฟันผุ ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ก่อนและหลังการทดลอง

ความตั้งใจ	N	$\bar{x}$	S.D.	Mean Difference	t	*p*-value
ก่อนการทดลอง						
กลุ่มทดลอง	18	30.44	3.05			
				- 0.24	- 0.230	0.820
กลุ่มเปรียบเทียบ	19	30.68	3.28			
หลังการทดลอง						
กลุ่มทดลอง	18	33.78	2.32			
				3.25	3.250	0.003 *
กลุ่มเปรียบเทียบ	19	30.53	3.59			

* $p<0.05$

ภายหลังสิ้นสุดการให้โปรแกรมทันตสุขศึกษาโดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีแรงจูงใจเพื่อป้องกันโรคฟันผุ กลุ่มทดลองเกิดความตั้งใจที่จะมีพฤติกรรมในการป้องกันการเกิดโรคฟันผุดีขึ้นกว่าก่อนการทดลอง และดีขึ้นกว่ากลุ่มเปรียบเทียบซึ่งผลการวิจัยที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาของเยาวดี มาพูนธนะ และคณะ[3] ที่ทำการศึกษาผลของโปรแกรมทันตสุขศึกษาโดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีแรงจูงใจเพื่อป้องกันโรคร่วมกับการสนับสนุนทางสังคมในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการป้องกันโรคเหงือกอักเสบของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ผลการวิจัยพบว่าหลังการทดลอง กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยของความตั้งใจในการป้องกันตนเองจากโรคเหงือกอักเสบสูงกว่าก่อนการทดลอง และสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) ซึ่งผลของการเปลี่ยนแปลงความตั้งใจดังกล่าวเกิดขึ้น เนื่องจากนักเรียนกลุ่มทดลองได้รับโปรแกรมทันตสุขศึกษาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีแรงจูงใจเพื่อป้องกันโรคฟันผุ ซึ่งผู้วิจัยได้จัดทำชุดกิจกรรม ซึ่งประกอบไปด้วยการให้ความรู้เรื่องโรคฟันผุ ร่วมกันจัดบอร์ดความรู้เรื่องโรคฟันผุ แบ่งกลุ่มออกเป็น 2 กลุ่ม เพื่อร่วมกันแสดงบทบาทสมมติเรื่องการปฏิบัติตนที่ถูกต้องและการปฏิบัติตนที่ไม่ถูกต้อง เพื่อให้นักเรียนเกิดการรับรู้ความรุนแรง การรับรู้โอกาสเสี่ยง และการรับรู้ความคาดหวังในประสิทธิผลของการตอบสนองต่อพฤติกรรมในการป้องกันการเกิดโรคฟันผุ เขียนเรียงความในหัวข้อเรื่อง ความตั้งใจของฉัน เพื่อให้นักเรียนมีความตั้งใจที่จะมีพฤติกรรมในการป้องกันการเกิดโรคฟันผุ และรับรู้ความคาดหวังในความสามารถของตนเองในการป้องกันการเกิดโรคฟันผุ เล่นเกมแข่งกันตอบชื่ออาหารที่มีประโยชน์และมีโทษต่อฟัน เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ในเรื่อง

ของอาหารที่มีประโยชน์และโทษต่อฟัน และการคัดเลือกตัวแบบที่ดีในการแปรงฟัน การใช้ไหมขัดฟัน และการตรวจฟันด้วยตนเองอย่างถูกวิธี เพื่อให้นักเรียนเกิดการรับรู้ความคาดหวังในความสามารถของตนเองต่อการป้องกันการเกิดโรคฟันผุ ซึ่งชุดกิจกรรมต่างๆเหล่านี้ล้วนแต่ส่งผลให้นักเรียนมีความตั้งใจที่จะมีพฤติกรรมการป้องกันการเกิดโรคฟันผุเพิ่มมากยิ่งขึ้น

2. คะแนนเฉลี่ยของการปฏิบัติตัวในการป้องกันการเกิดโรคฟันผุ ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ก่อนและหลังการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการปฏิบัติตัวในการป้องกันการเกิดโรคฟันผุระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ก่อนและหลังการทดลอง

การปฏิบัติตัว	n	$\bar{x}$	S.D.	Mean Difference	t	*p*-value
ก่อนการทดลอง						
กลุ่มทดลอง	18	28.50	2.98			
				- 0.92	- 0.846	0.403
กลุ่มเปรียบเทียบ	19	29.42	3.59			
หลังการทดลอง						
กลุ่มทดลอง	18	31.06	2.29			
				3.16	3.174	0.003 *
กลุ่มเปรียบเทียบ	19	27.89	3.59			

* $p<0.05$

ก่อนการทดลอง คะแนนเฉลี่ยการปฏิบัติตัวในการป้องกันการเกิดโรคฟันผุ ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ พบว่า ไม่แตกต่างกัน หลังการทดลอง พบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยการปฏิบัติตัวในการป้องกันการเกิดโรคฟันผุ สูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ อุบล สีแดงก่ำ[4] ที่ทำการศึกษาผลของการประยุกต์ใช้ทฤษฎีแรงจูงใจเพื่อป้องกันโรคร่วมกับทฤษฎีแรงสนับสนุนทางสังคมเพื่อป้องกันโรคไข้เลือดออก อำเภอลำปลายมาศ จังหวัดบุรีรัมย์ ผลการวิจัยพบว่า หลังการทดลอง กลุ่มทดลองมีการปฏิบัติตัวเพื่อป้องกันโรค ภายหลังการทดลองเพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลองและมากกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และสอดคล้องกับการศึกษาของ รัชนีวรรณ แก้วโพนเพ็ก[5] ได้ทำการศึกษาประสิทธิผลของโปรแกรมการให้สุขศึกษาโดยการประยุกต์ทฤษฎีแรงจูงใจเพื่อป้องกันโรคร่วมกับแรงสนับสนุนทางสังคมในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการป้องกันโรคพยาธิใบไม้ในตับ ซึ่งนำไปสู่การเป็นมะเร็งท่อน้ำดีในเด็กประถมศึกษา ตำบลทรายทอง อำเภอศรีบุญเรือง จังหวัดหนองบัวลำภู ผลการวิจัยพบว่า หลังการทดลอง กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยของการปฏิบัติตัวในการป้องกันโรคพยาธิใบไม้ในตับมากกว่าก่อนการทดลองและมากกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งผลการเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติตัวดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องจากนักเรียนกลุ่มทดลองได้รับโปรแกรมทันตสุขศึกษาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีแรงจูงใจเพื่อป้องกันโรคฟันผุ ทำให้นักเรียนเกิดการรับรู้ความรุนแรง การรับรู้โอกาสเสี่ยง และการรับรู้ความคาดหวังในประสิทธิผลของการตอบสนองต่อพฤติกรรมในการป้องกันการเกิดโรคฟันผุ ซึ่งชุดกิจกรรมต่างเหล่านี้ล้วนแต่ส่งผลให้นักเรียนมีการปฏิบัติตัวในการป้องกันการเกิดโรคฟันผุเพิ่มมากยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นไปตามวิวัฒนาการของทฤษฎีแรงจูงใจเพื่อป้องกันโรคของโรเจอร์ (Fonald W. Rogers)[6] ทั้งหมดนี้เป็นการรวมปัจจัยที่ทำให้เกิดการรับรู้ในภาพรวมของบุคคลซึ่งการรับรู้นี้เป็นตัวเชื่อมโยงที่จะนำไปสู่ความตั้งใจในการเปลี่ยนแปลงทัศนคติและเกิดการปฏิบัติตัวในการป้องกันโรคต่อไปได้

3. คะแนนเฉลี่ยของปริมาณแผ่นคราบจุลินทรีย์ ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ก่อนและหลังการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณแผ่นคราบจุลินทรีย์ ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ก่อนและหลังการทดลอง

ปริมาณแผ่นคราบจุลินทรีย์	n	$\bar{x}$	S.D.	Mean Difference	t	*p*-value
ก่อนการทดลอง						
กลุ่มทดลอง	18	2.87	0.81			
				- 0.05	- 0.196	0.846
กลุ่มเปรียบเทียบ	19	2.93	0.84			
หลังการทดลอง						
กลุ่มทดลอง	18	0.57	0.58			
				- 1.50	- 5.743	<0.0005*
กลุ่มเปรียบเทียบ	19	2.08	0.96			

* $p<0.05$

ก่อนการทดลอง คะแนนเฉลี่ยปริมาณแผ่นคราบจุลินทรีย์ ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ พบว่า ไม่แตกต่างกัน หลังการทดลอง พบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยลดลงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ สุภาภรณ์ นารี[7] ได้ทำการศึกษาผลของโปรแกรมทันตสุขศึกษาโดยการประยุกต์ทฤษฎีแบบแผนความเชื่อด้านสุขภาพร่วมกับแรงสนับสนุนทางสังคมโดยการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการป้องกันโรคเหงือกอักเสบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 อำเภออุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น ผลการวิจัยพบว่า หลังการทดลอง กลุ่มทดลองมีปริมาณแผ่นคราบจุลินทรีย์ลดลงมากกว่าก่อนการทดลอง และลดลงมากกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) และสอดคล้องกับการศึกษาของ สุกัญญา แช่ลี้[8] ได้ทำการศึกษาผลการประยุกต์แบบแผนความเชื่อด้านสุขภาพและการสนับสนุนทางสังคมเพื่อปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการป้องกันโรคฟันผุและเหงือกอักเสบของนักเรียนประถมศึกษา ตำบลนาข่า อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี ผลการวิจัยพบว่า หลังการทดลอง กลุ่มทดลองมีปริมาณแผ่นคราบจุลินทรีย์ลดลงกว่าก่อนการทดลอง และลดลงมากกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งผลของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องจาก นักเรียนกลุ่มทดลองได้รับโปรแกรมทันตสุขศึกษาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีแรงจูงใจเพื่อป้องกันโรคฟันผุ ซึ่งผู้วิจัยได้จัดทำชุดกิจกรรม ซึ่งประกอบไปด้วย การสาธิตและฝึกปฏิบัติการแปรงฟันที่ถูกวิธี การใช้ไหมขัดฟันที่ถูกวิธี และการตรวจฟันอย่างง่ายด้วยตนเอง เพื่อเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดพฤติกรรมการปฏิบัติตัวในการป้องกันการเกิดโรคฟันผุอย่างถูกวิธี ในการสาธิตและฝึกปฏิบัตินี้ผู้วิจัยได้กระตุ้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติจริงทุกครั้งที่ผู้วิจัยลงไปทำกิจกรรม ซึ่งนักเรียนสามารถปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง ทำให้ปริมาณแผ่นคราบจุลินทรีย์ลดลง และเมื่อมีการปฏิบัติเป็นประจำสม่ำเสมอก็ย่อมส่งผลให้โอกาสเสี่ยงที่จะเกิดโรคฟันผุก็จะน้อยลงตามไปด้วย

สรุป

จากการจัดโปแกรมทันตสุขศึกษาโดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีแรงจูงใจเพื่อป้องกันโรคฟันผุในกลุ่มทดลองที่เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านชากพุดซา จังหวัดชลบุรี ผลการวิจัย พบว่า ภายหลังการทดลอง กลุ่มทดลองมีคะแนนความตั้งใจที่จะมีพฤติกรรมในการป้องกันการเกิดโรคฟันผุ และการปฏิบัติตัวในการป้องกันการเกิดโรคฟันผุ สูงกว่าก่อนการทดลองและสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)และคะแนนเฉลี่ยปริมาณแผ่นคราบจุลินทรีย์ ลดลงกว่าก่อนการทดลองและลดลงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เอกสารอ้างอิง

1. จินตกร คูวัฒนสุชาติ. จุลชีววิทยาช่องปาก และที่มาของโรคฟันผุ โรคปริทันต์ และโรคในช่องปาก. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ; โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: 2549.
2. สำนักทันตสาธารณสุข กรมอนามัย. รายงานผลสำรวจสภาวะสุขภาพช่องปากแห่งชาติ ครั้งที่ 8 ประเทศไทย พ.ศ.2560 [อินเทอร์เน็ต]. 2561. [เข้าถึงเมื่อ 15 ตุลาคม 2561]. เข้าถึงได้จากhttp://dental2.anamai.moph.go.th/ewt_dl_link.php?nid=2423.
3. เยาวดี มาพูนธนะ. ผลของโปรแกรมทันตสุขศึกษาโดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีแรงจูงใจเพื่อป้องกันโรคร่วมกับการสนับสนุนทางสังคมในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการป้องกันโรคเหงือกอักเสบของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น 2553; 11(4): 77-85.
4. อุบล สีแดงก่ำ. ผลของการประยุกต์ใช้ทฤษฎีแรงจูงใจเพื่อป้องกันโรคร่วมกับทฤษฎีแรงสนับสนุนทางสังคมเพื่อป้องกันโรคไข้เลือดออก อำเภอลำปลายมาศ จังหวัดบุรีรัมย์. วิทยานิพนธ์ปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการระบบสุขภาพ, มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม; 2553.
5. รัชนีวรรณ แก้วโพนเพ็ก. ประสิทธิผลของโปรแกรมการให้สุขศึกษาโดยการประยุกต์ทฤษฎีแรงจูงใจเพื่อป้องกันโรคร่วมกับแรงสนับสนุนทางสังคมในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการป้องกันโรคพยาธิใบไม้ในตับ ซึ่งนำไปสู่การเป็นมะเร็งท่อน้ำดีในเด็กประถมศึกษา ตำบลทรายทอง อำเภอศรีบุญเรือง จังหวัดหนองบัวลำภู. วิทยานิพนธ์ปริญญาสาธารณสุข ศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสุขศึกษาและการส่งเสริมสุขภาพ, ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2552.
6. Rogers RW. Cognitive and physiological processes in fear appeals and attitude change: A Revised theory of protection motivation. New York: Guilford Press; 1983.
7. สุภาภรณ์ นารี. ผลของโปรแกรมทันตสุขศึกษาโดยการประยุกต์ทฤษฎีแบบแผนความเชื่อด้านสุขภาพร่วมกับแรงสนับสนุนทางสังคมโดยการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการป้องกันโรคเหงือกอักเสบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 อำเภออุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสุขศึกษาและการส่งเสริมสุขภาพ. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2550.
8. สุกัญญา แช่ลี้. การประยุกต์แบบแผนความเชื่อด้านสุขภาพและการสนับสนุนทางสังคมเพื่อปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการป้องกันโรคฟันผุและเหงือกอักเสบของนักเรียนประถมศึกษา ตำบลนาข่า อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น 2551; 8(4): 18-27.

[HS-P19] การสร้างพฤติกรรมความปลอดภัยของพนักงานทำความสะอาดในมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง จังหวัดปทุมธานี โดยใช้หลักการ Behavior Based Safety (BBS)

Using the Safety Behavior of Cleaning Workers in University by Behavior Based Safety (BBS) Principles (Case Study in Pathumthani Province)

นิรชา รถเพ็ชร, ศิริมงคล มูลมาตร์, สุชาดา ประสมทรัพย์, สุนิสา เกตศิริ และ อรวรรณ ชำนาญพุดซา*
Niracha Rotphet, Sirimongkol Moolmat, Suchada Prasomsap, Sunisa Ketsiri, and Orawan Chamnanphudsa*
หลักสูตรอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: Orawan.rat@hotmail.com*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยส่วนบุคคล และปัจจัยด้านการบริหารและการจัดการของหน่วยงานที่มีผลต่อพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานทำความสะอาดในมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง จังหวัดปทุมธานี เพื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมความปลอดภัยก่อนและหลังการนำหลักการ Behavior Based Safety (BBS) ไปใช้สร้างพฤติกรรมของพนักงานทำความสะอาด โดยใช้วิธีการศึกษาแบบเชิงสังเกตตามกระบวนการ Behavior Based Safety ประชากรที่ใช้ในการศึกษาคือ พนักงานทำความสะอาดในมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง จังหวัดปทุมธานี จำนวน 55 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถาม และแบบสังเกต วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา และสถิติวิเคราะห์ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS (Statistic Package for Science for Window) ได้แก่ สถิติไคสแควร์ (Chi Square) และสถิติ Paired Samples t-Test ผลการวิจัยพบว่า พฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานทำความสะอาดก่อนและหลังการใช้หลักการ Behavior Based Safety (BBS) (p=0.00) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังนั้นสรุปได้ว่า หลักการ Behavior Based Safety (BBS) สามารถสร้างเสริมพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานทำความสะอาดได้

คำสำคัญ: *พนักงานทำความสะอาด, พฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน, หลักการ Behavior Based Safety (BBS)*

Abstract

This research aims to study personal factors and administrative and managerial factors affecting the safety behavior among cleaning workers in university, Pathumthani province. To compare the safety behavior before and after the implementation of Behavior Based Safety (BBS) principles. Using the Observational study design on Behavior Based Safety (BBS) process. The population used in the study is 5 5 cleaning workers in university, Pathumthani province. Questionnaires and observation forms were used to collect the data. The statistics used in analyzing the data were Descriptive Statistics, Chi-Square, and Paired Samples t-Test Statistics. The research found that the safety behavior before and after implementation of Behavior Based Safety (BBS) principles of in cleaning workers (P-Value = 0.00) was different at significant level 0.05. Therefore, it is concluded that the Behavior Based Safety (BBS) principle can enhance the safety behavior of the cleaning workers.

Keywords :*cleaning Worker, safety behavior, Behavior Based Safety (BBS) principles*

บทนำ

ในบริบทการทำงานในสถานประกอบกิจการ ผู้ปฏิบัติงานมีโอกาสสัมผัสกับปัจจัยคุกคามต่อสุขภาพอนามัยจากการปฏิบัติงาน ส่งผลให้เกิดการเจ็บป่วยหรือบาดเจ็บที่เกี่ยวเนื่องจากการทำงานตามความแตกต่างของบริบทงานแต่ละอาชีพ ซึ่งอาชีพพนักงานทำความสะอาดเป็นอาชีพพื้นฐานที่มีอยู่ทั่วโลก ในประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่าอาชีพพนักงานทำความสะอาดร้อยละ 3 ประเทศฟินแลนด์พบร้อยละ 4 ขณะที่ประเทศสเปนพบร้อยละ 10 และข้อมูลจากหลายประเทศทั่วโลกแสดงให้เห็นว่าพนักงานทำความสะอาดส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุค่อนข้างมาก [(1)] และลักษณะงานที่ปฏิบัตินั้นมีความแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับหน่วยงานหรือพื้นที่ที่เข้าไปปฏิบัติงานส่งผลให้เกิดความแตกต่างในเรื่องต่าง ๆ ได้แก่ สภาพแวดล้อมในการทำงาน วิธีการปฏิบัติงาน และปัจจัยอันตรายที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานทำความสะอาด สามารถแบ่งออกเป็น 5 ประเภทหลักๆ ได้แก่ 1. ปัจจัยอันตรายด้านกายภาพ คือ การทำงานในสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมส่งผลให้พนักงานที่เข้าไปทำความสะอาดมีโอกาสสัมผัสกับความร้อน ความเย็น ฝุ่น หรือการระบายอากาศที่ไม่ดีในขณะทำงาน 2. ปัจจัยอันตรายด้านเคมี ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำความสะอาด 3. ปัจจัยอันตรายด้านชีวภาพ เช่น โอกาสในการสัมผัสเชื้อโรคต่าง ๆ 4. ปัจจัยอันตรายด้านการยศาสตร์ ได้แก่ การเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อร่างกายทั้งแบบสถิตและแบบพลวัติ เป็นต้น อีกทั้งลักษณะงานทำความสะอาดที่มีระยะเวลาการทำงานต่างจากผู้ปฏิบัติงานกลุ่มอื่น ทำให้มักถูกแยกออกจากสังคม และบางครั้งถูกมองว่าเป็นคนที่ทำงานต่ำต้อย โอกาสก้าวหน้าในงานน้อย รวมไปถึงปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจก่อให้เกิดความเครียดจากการทำงานได้ [(2)]

นอกจากนี้การประกอบอาชีพของพนักงานทำความสะอาดสามารถก่อให้เกิดอุบัติเหตุจากการทำงานได้ คือ การตกจากที่สูงจากการทำความสะอาดหรือเกิดจากการลื่นล้มเนื่องจากพื้นที่ในสถานที่ทำงานเปียก [(3)] สำหรับประเทศไทยจากข้อมูลสถิติการประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงานโดยจำแนกตามความรุนแรงและตำแหน่งหน้าที่ของสำนักงานประกันสังคมในหมวดที่ 91 รหัส 913 ผู้ประกอบอาชีพพนักงานทำความสะอาด ชี้ให้เห็นความสูญเสียจากอุบัติเหตุจากการทำงาน พบว่าจำนวนผู้ประสบอันตรายจากการทำงานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เห็นได้จากปี 2558 จำนวน 1,374 ราย และในปี 2559 จำนวน 1,453 ราย โดยสาเหตุที่ทำให้พนักงานทำความสะอาดเกิดอุบัติเหตุและโรคจากการประกอบอาชีพ เช่น ท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสม (awkward position) ท่าทางการทำงานซ้ำซาก (repetitive) หรือการยกของหนักหรือออกแรงเกินกำลัง

จากปัญหาดังกล่าวทำให้ทราบถึงสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุในกลุ่มพนักงานทำความสะอาดซึ่งเป็นผลมาจากพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน หากต้องการให้การทำงานมีความปลอดภัยมากขึ้น ในการปฏิบัติงานต้องคำนึงถึงความปลอดภัยอยู่เสมอ ดังนั้นการเสริมสร้างความปลอดภัยในการทำงานจะเกิดขึ้นได้โดยการแก้ไขและป้องกันที่สาเหตุของอุบัติเหตุ เมื่อผู้ปฏิบัติงานมีความรู้และความเข้าใจแล้วนั้นหมายความว่าตลอดชีวิตการทำงานจะไม่ประสบอันตรายและไม่มีอุบัติเหตุเกิดขึ้น ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาในผู้ประกอบอาชีพพนักงานทำความสะอาดของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง ในจังหวัดปทุมธานี เพื่อหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาตามหลักการ Behavior Based Safety (BBS) เพื่อปลูกฝังพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน โดยการค้นหาพฤติกรรมเสี่ยงและดำเนินการลดพฤติกรรมเสี่ยงนั้นเพื่อให้เกิดพฤติกรรมที่ปลอดภัยในการทำงานมากขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นวิจัยแบบเชิงสังเกต (Observational study design) ตามกระบวนการ Behavior Based Safety (BBS) เพื่อศึกษาปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยด้านการบริหารจัดการของหน่วยงานที่มีผลต่อพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน ศึกษาพฤติกรรมเสี่ยงจากการทำงานและพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน และเปรียบเทียบคะแนนพฤติกรรมความปลอดภัยก่อนและหลังการนำหลักการ Behavior Based Safety (BBS) ไปใช้สร้างพฤติกรรมความปลอดภัย ประชากรที่ใช้ในการศึกษาคือ

พนักงานทำความสะอาดในมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง จังหวัดปทุมธานี จำนวน 55 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถาม และแบบสังเกต วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) และสถิติวิเคราะห์ (Analytical Statistics) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS (Statistic Package for Science for Window) ได้แก่ สถิติไคสแควร์ (Chi Square) และสถิติ Paired Samples T-Test

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการศึกษาปัจจัยส่วนบุคคล พบว่า พนักงานทำความสะอาดส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงร้อยละ 92.73 มีอายุอยู่ในช่วง 44 - 53 ปีร้อยละ 50.91 ($\bar{x}$ = 51.93; SD = 6.70) มีระดับการศึกษาในระดับชั้นประถมศึกษาร้อยละ 74.55 และมีอายุการทำงานอยู่ในช่วง 1-10 ปีร้อยละ 87.27 ($\bar{x}$ = 4.95; SD = 4.73)

จากการศึกษาพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานทำความสะอาดก่อนและหลังการใช้หลักการ Behavior Based Safety (BBS) โดยจำแนกเป็น 3 ลักษณะงาน ดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่า ลักษณะงานถูพื้นมีระดับพฤติกรรมความปลอดภัยก่อนการใช้หลักการ BBS ในระดับดีจำนวน 24 คนคิดเป็นร้อยละ 43.64 และระดับไม่ดีจำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 56.36 เมื่อนำหลักการ BBS มาใช้พบว่า ระดับพฤติกรรมความปลอดภัยของพนักงานทำความสะอาดในระดับดีเพิ่มขึ้นเป็น 31 คน คิดเป็นร้อยละ 56.36

ลักษณะงานล้างห้องน้ำมีระดับพฤติกรรมความปลอดภัยก่อนการใช้หลักการ BBS ในระดับดีจำนวน 46 คนคิดเป็นร้อยละ 83.64 และระดับไม่ดีจำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 16.36 เมื่อนำหลักการ BBS มาใช้พบว่า ระดับพฤติกรรมความปลอดภัยของพนักงานทำความสะอาดในระดับดีเพิ่มขึ้นเป็น 48 คนคิดเป็นร้อยละ 87.27

ลักษณะงานทำความสะอาดกระจกมีระดับพฤติกรรมความปลอดภัยก่อนการใช้หลักการ BBS ในระดับดีจำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 45.45 และระดับไม่ดีจำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 54.55 เมื่อนำหลักการ BBS มาใช้พบว่า ระดับพฤติกรรมความปลอดภัยของพนักงานทำความสะอาดในระดับดีเพิ่มขึ้นเป็น 29 คนคิดเป็นร้อยละ 52.73

ตารางที่ 1 แสดงจำนวน และร้อยละระดับพฤติกรรมความปลอดภัยของพนักงานทำความสะอาดก่อนและหลังการใช้หลักการ Behavior Based Safety จำแนก 3 ลักษณะงาน (งานถูพื้น งานล้างห้องน้ำ งานทำความสะอาดกระจก)

ลักษณะงาน	ระดับพฤติกรรมก่อนใช้หลักการ BBS		รวม (คน) (ร้อยละ)	ระดับพฤติกรรมหลังใช้หลักการ BBS		รวม (คน) (ร้อยละ)
	ดี(คน) (ร้อยละ)	ไม่ดี (คน) (ร้อยละ)		ดี (คน) (ร้อยละ)	ไม่ดี (คน) (ร้อยละ)	
งานถูพื้น	24 (43.64)	31 (56.36)	55 (100.00)	31 (56.36)	24 (43.64)	55 (100.00)
งานล้างห้องน้ำ	46 (83.64)	9 (16.36)	55 (100.00)	48 (87.27)	7 (12.73)	55 (100.00)
งานทำความสะอาดกระจก	25 (45.45)	30 (54.55)	55 (100.00)	29 (52.73)	26 (47.27)	55 (100.00)

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมความปลอดภัยของพนักงานทำความสะอาดในมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง จังหวัดปทุมธานี โดยใช้หลักการ Behavior Based Safety (BBS) ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า ด้านปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อายุการทำงาน และปัจจัยด้านการบริหารและการจัดการของหน่วยงานไม่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของกรวิกา หาระสาร และจิตรพรรณ ภูษาภักดีภพ [4] ที่ได้ศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานฝ่ายผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนรถยนต์แห่งหนึ่งของจังหวัดชลบุรี

ตารางที่ 2 แสดงผลวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมความปลอดภัยของพนักงานทำความสะอาด จำแนก 3 ลักษณะงาน (งานถูพื้น งานล้างห้องน้ำ งานทำความสะอาดกระจก)

ตัวแปร	P-value	การแปลผล
1. ปัจจัยส่วนบุคคล		
1.1 เพศ		
งานถูพื้น	1.00	
งานล้างห้องน้ำ	1.00	
งานทำความสะอาดกระจก	1.00	
1.2 อายุ		
งานถูพื้น	0.34	
งานล้างห้องน้ำ	0.36	
งานทำความสะอาดกระจก	0.46	
1.3 ระดับการศึกษา		ไม่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน
งานถูพื้น	0.83	
งานล้างห้องน้ำ	0.65	
งานทำความสะอาดกระจก	0.84	
1.4 อายุการทำงาน		
งานถูพื้น	0.12	
งานล้างห้องน้ำ	0.32	
งานทำความสะอาดกระจก	0.11	
2. ปัจจัยด้านการบริหารและการจัดการของหน่วยงาน		
งานถูพื้น	0.58	
งานล้างห้องน้ำ	0.42	
งานทำความสะอาดกระจก	0.59	

มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p<0.05$

จากการเปรียบเทียบพฤติกรรมความปลอดภัยของพนักงานทำความสะอาดก่อนและหลังจากการใช้หลักการ Behavior Based Safety (BBS) จาก 3 ลักษณะงาน ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่า ค่าสถิติ t มีค่าเท่ากับ -10.75 ค่า Sig. (2-tailed) มีค่า 0.00 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 แสดงว่าคะแนนพฤติกรรมจาก 3 ลักษณะงานก่อนและหลังการใช้หลักการ Behavior Based Safety (BBS) ของพนักงานทำความสะอาดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ สุรวิทย์ นันตะพร และศรีรัตน์ ล้อมพงศ์ [5] ได้ศึกษาเรื่อง ผลของโปรแกรม Behavior Based Safety (BBS) ต่อพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานฝ่ายผลิตของบริษัทผลิตชิ้นส่วนประกอบและอะไหล่รถยนต์แห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี

ตารางที่ 3 แสดงค่าสถิติ Paired Samples t-Test ในการเปรียบเทียบพฤติกรรมความปลอดภัยก่อนและหลังจากการใช้หลักการ Behavior Based Safety (BBS) จาก 3 ลักษณะงานของพนักงานทาความสะอาด

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error of Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Before After	-4.02	2.77	0.37	-4.77	-3.27	-10.75	54	0.00

มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p<0.05$

สรุป

จากการศึกษาพฤติกรรมความปลอดภัยของพนักงานทำความสะอาดในมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง จังหวัดปทุมธานี โดยใช้หลักการ Behavior Based Safety (BBS) พบว่า พนักงานทำความสะอาดส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 92.73 มีอายุอยู่ในช่วง 44-53 ปี ร้อยละ 50.91 ($\bar{x}$= 51.93 ; SD = 6.70) มีระดับการศึกษาในระดับชั้นประถมศึกษาร้อยละ 74.55 และมีอายุการทำงานอยู่ในช่วง 1-10 ปีร้อยละ 87.27 ($\bar{x}$ = 4.95 ; SD = 4.73) ปัจจัยด้านการบริหารและการจัดการของหน่วยงาน พบว่า พนักงานทำความสะอาดส่วนใหญ่เห็นว่าหน่วยงานมีระบบการบริหารและการจัดการอยู่ในระดับดี ร้อยละ 94.55

จากผลการศึกษาพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานทำความสะอาดก่อนและหลังการใช้หลักการBehavior Based Safety (BBS) โดยจำแนกเป็น 3 ลักษณะงาน พบว่า ลักษณะงานถูพื้น งานล้างห้องน้ำ และงานทำความสะอาดกระจก เมื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมความปลอดภัยของพนักงานทำความสะอาดโดยใช้ค่าสถิติ Paired Samples T-Test มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังนั้นหลักการ Behavior Based Safety (BBS) เป็นวิธีการที่สามารถสร้างพฤติกรรมของพนักงานทำความสะอาดได้ โดยสมารถนำหลักการไปใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมส่งเสริมพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของหน่วยงานได้ ในการทำวิจัยครั้งต่อไปควรทำการศึกษาในกลุ่มพนักงานทำความสะอาดที่สังกัดหน่วยงานอื่น ๆ และเพิ่มการศึกษาปัจจัยอื่น ๆ เพื่อให้ครอบคลุมปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงาน ในการศึกษาปัจจัยด้านการบริหารและการจัดการของหน่วยงานควรทำการศึกษาในกลุ่มพนักงานทำความสะอาดที่มาจากสังกัดการทำงานเดียวกัน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 1 การอบรมให้ความรู้เรื่อง การทำความสะอาดอย่างปลอดภัย

เอกสารอ้างอิง

1. E.Scott Gellery. Behavior Based Safety and Occupational Risk Management. 2005.
2. Rafiq M. Choudhry. Behavior-based safety on construction sites. Accident Analysis & Prevention 70. 2017. 14-23.
3. สำนักงานประกันสังคม. สถิติการประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงานจำแนกตามความรุนแรงและตำแหน่งหน้าที่ [อินเตอร์เน็ต]. 2559. [เข้าถึงเมื่อ 25 กันยายน 2561] เข้าถึงได้จาก https://www.sso.go.th/wpr/assets/upload/files_storage/sso_th/ 7d366f7840a64d37587e789aebea5b0e.pdf
4. กรวิกา หาระสาร, และจิตรพรรณ ภูษาภักดีภพ. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานฝ่ายผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนรถยนต์แห่งหนึ่งของจังหวัดชลบุรี. วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. 2558 ; 5(1):84-102.
5. สุรวิทย์ นันตะพร, และศรีรัตน์ ล้อมพงศ์. ผลของโปรแกรม Behavior Based safety (BBS) ต่อพฤติกรรมความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานฝ่ายผลิตของบริษัทผลิตชิ้นส่วนประกอบและอะไหล่. 2557.

[HS-P20] ความชุกและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับอาการความผิดปกติของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อของพนักงานเก็บขนขยะ เทศบาลแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี

Prevalence and Factors Related to Musculoskeletal Disorders among Waste Pickers in One of Municipality, Chonburi Province

พชรกมล กลั่นบุศย์*, ประสิทธิ์ สุขสำโรง, ศิริรัก จันทิมา และ อานนท์ เปียใหญ่
Patcharakamon Klunbut*, Prasit Sooksomrong, Sirilak Jantima, Anont Piayai
หลักสูตรอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: Patcharakamon@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงพรรณนาภาคตัดขวางนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความชุกและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับอาการความผิดปกติของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อของพนักงานเก็บขนขยะ เทศบาลแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี ซึ่งเก็บข้อมูลในกลุ่มตัวอย่างจำนวน 104 คน โดยใช้แบบสัมภาษณ์ ประกอบด้วย ข้อมูลส่วนบุคคล ข้อมูลลักษณะการทำงานและข้อมูลอาการบาดเจ็บของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ (Standardized Nordic Questionnaire) สถิติที่ใช้ ได้แก่ สถิติเชิงพรรณนาและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรโดยใช้สถิติ Chi-square โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า ความชุกของอาการความผิดปกติของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อในช่วง 7 วัน และ 12 เดือนที่ผ่านมาของกลุ่มตัวอย่างพนักงานเก็บขนขยะเท่ากับร้อยละ 59.60 และร้อยละ 81.70 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล และลักษณะการทำงานกับอาการบาดเจ็บของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อพบว่าปัจจัยความสัมพันธ์กับอาการความผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อในรอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ได้แก่ อายุ ดัชนีมวลกาย การออกกำลังกายและประสบการณ์การทำงาน การออกแรงมากกว่าความสามารถที่มีท่าทางการทำงานที่ส่งผลต่อการผิดปกติ การหดเกร็งกล้ามเนื้อเป็นเวลานาน การยืนเป็นระยะเวลานาน การบิดและการเอี้ยวตัว การทำงานเป็นระยะเวลาครึ่งหนึ่งของระยะเวลาการทำงานทั้งหมด การยกของที่มีน้ำหนัก 10 กิโลกรัมและการยกของที่มีน้ำหนักมากกว่า 30 กิโลกรัม ดังนั้นควรมีการอบรมพนักงานด้านท่าทางการยกและเคลื่อนย้ายถังขยะที่ถูกวิธีเพื่อป้องกันอาการความผิดปกติของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต รวมทั้งปรับปรุงลักษณะการปฏิบัติเพื่อลดความเสี่ยงจากปัจจัยทางด้านการยศาสตร์

คำสำคัญ: *อาการความผิดปกติของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ, พนักงานเก็บขนขยะม จังหวัดชลบุรี*

Abstract

This cross-sectional descriptive study was conducted with the purpose to investigate the prevalence of musculoskeletal disorders and factors related to musculoskeletal disorders (MSDs) among waste pickers in one of the municipality, Chonburi province. There were 104 waste-pickers involved in this study. Data were collected by using a structured interview form consisted of personal information, work information, and Standardized Nordic Questionnaire. Descriptive statistics and Chi-square at 95% confidence interval were used to identify factors related to musculoskeletal disorders. The result showed that the prevalence of musculoskeletal disorders during the last 7 day and last 12 month period were 59.60 and 81.70, respectively and also revealed that factors which significantly related to musculoskeletal disorders were age, body mass index, exercise, work experience, excessive working, awkward postures, muscle contraction, prolonged

standing, bending and twisting, work more than a half of working hour and lift more than 10 and 30 Kg. per day. Training courses of manual lifting and handling trash can and improvements in the working process, ergonomics conditions, and working posture of workers are recommended for workers to prevent the musculoskeletal disorder among solid waste collectors.

Keyword: *musculoskeletal disorders, waste pickers, Chonburi province*

บทนำ

อาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อหรืออาการความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและกระดูกโครงร่าง (Musculoskeletal disorders, MSDs) เป็นกลุ่มอาการที่ทำให้เกิดโรคที่เกี่ยวข้องกับข้อต่อ กล้ามเนื้อ เอ็น เส้นประสาทและเนื้อเยื่ออ่อนอื่นๆ ซึ่งความผิดปกตินี้สามารถเกิดขึ้นได้เนื่องจากการทำงานของผู้ประกอบอาชีพต่างๆ (Work-related Musculoskeletal Disorder) โดยส่งผลทำให้ผู้ประกอบอาชีพมีอาการเจ็บปวด รำคาญ เหน็บชาและความไม่สบายเกิดขึ้นทำให้จำกัดการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อหรือข้อต่อต่างๆและมีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง โดยจัดได้ว่าอาการความผิดปกติของระบบกระดูกโครงร่างและกล้ามเนื้อเป็นปัญหาที่สำคัญมากที่สุดปัญหาหนึ่งในงานอาชีวอนามัย [1,2] และสามารถพบได้ในหลายกลุ่มอาชีพ เช่น กลุ่มพนักงานที่ทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม [3] พนักงานในสำนักงานรวมไปถึงกลุ่มแรงงานอีกด้วย [4,5] เนื่องจากในผู้ประกอบอาชีพดังกล่าวมักมีลักษณะการทำงานที่การต้องนั่งทำงานเป็นระยะเวลานาน มีท่าทางการทำงานที่ซ้ำซากจำเจ มีการออกแรงมากตลอดระยะเวลาการทำงาน เป็นต้น [6] ซึ่งทำให้ผู้ประกอบอาชีพต่างๆมีเสี่ยงที่จะต้องรับสัมผัสกับสิ่งคุกคามต่อสุขภาพทางด้านการยศาสตร์ตลอดระยะเวลาการทำงาน

พนักงานเก็บขนขยะเป็นอีกกลุ่มผู้ประกอบอาชีพที่ต้องทำงานเกี่ยวข้องกับขยะ ตั้งแต่การเก็บรวบรวม การขนส่ง รวมถึงการกำจัดขยะจากสถานที่ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นจากชุมชน สถานที่ราชการ โรงพยาบาล สถานศึกษา เป็นต้น ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพอนามัยของพนักงานเก็บขนขยะได้ เนื่องจากลักษณะการทำงานและสภาพแวดล้อมในการทำงานที่มีสิ่งคุกคามที่พนักงานเก็บขนขยะมีความจำเป็นที่จะต้องสัมผัสในแต่ละวัน เช่น ทางด้านชีวภาพ ได้แก่ เชื้อแบคทีเรีย เชื้อราจากขยะ ซึ่งอาจนำไปสู่การเกิดอาการความผิดต่างๆได้ เช่น การคลื่นไส้ อาเจียน ท้องเสีย ความผิดปกติทางระบบทางเดินหายใจสิ่งคุกคามทางด้านเคมี เช่น ฝุ่นละออง สารเคมี อาจทำให้เกิดการระคายเคืองผิวหนัง ระบบทางเดินหายใจ รวมไปถึงสิ่งคุกคาม ทางด้านกายภาพ ได้แก่ ความร้อน และเสียงดังจากยานพาหนะ ที่อาจทำให้เกิดอาการอ่อนเพลีย ลมแดดและอาจนำไปสู่การเกิดอุบัติเหตุจากการทำงานได้ เป็นต้น [7] แต่อย่างไรก็ตามสิ่งคุกคามทางด้านการยศาสตร์เป็นยังคงเป็นสิ่งคุกคามที่สำคัญที่พนักงานเก็บขนขยะจำเป็นจะต้องรับสัมผัสตลอดระยะเวลาการทำงานในแต่ละวันเช่นกัน เนื่องจากพนักงานเก็บขนขยะมักมีชั่วโมงการทำงานที่ยาวนานและอาจจะมีปริมาณงานที่จะต้องรับผิดชอบแต่ละวันมากเกินไป [8] ซึ่งจะส่งผลให้พนักงานเก็บขนขยะต้องเร่งรีบเพื่อทำงานเสร็จทันเวลาทำให้มีลักษณะการทำงานที่ต้องใช้ท่าทางและอิริยาบถที่ไม่เหมาะสม เช่น ต้องมีการเอี้ยวและบิดลำตัว งานที่นั่งหรือยืนเป็นระยะเวลานาน งานที่ต้องยกของที่มีน้ำหนักมาก งานที่ต้องมีการยกขนย้ายสิ่งของ ทำให้เกิดการเกร็งกล้ามเนื้อ เพื่อรับน้ำหนักที่มากขึ้น ส่งผลอาจทำให้มีผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานเก็บขนขยะโดยพบว่า การยกของหนักและท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสม มักทำให้เกิดอาการปวดเอว หลัง ไหล่ [9] และอาจมีความรุนแรงจนถึงระดับความรุนแรงมากและอาจเกิดการพิการได้ [10] ทั้งนี้โดยจากการศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับพนักงานเก็บขนขยะในจังหวัดหนองบัวลำพู พบว่า พนักงานเก็บขนขยะมีอาการความผิดปกติบริเวณกล้ามเนื้อและบริเวณข้อต่างๆ ร้อยละ 31.20 [10] ซึ่งอาจส่งให้พนักงานสูญเสียประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานหรืออาจไม่สามารถปฏิบัติงานต่อไปได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นในการวิเคราะห์อัตราความชุกและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับอาการความผิดปกติของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อของกลุ่มพนักงานเก็บขนขยะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้เป็นแนวทางในการเฝ้าระวังและป้องกันการเกิดอาการความผิดปกติของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อที่อาจเกิดขึ้นได้ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเชิงพรรณนาภาคตัดขวางในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับอาการบาดเจ็บของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อของพนักงานเก็บขนขยะ โดยมีเกณฑ์การคัดเข้า คือ มีประสบการณ์การทำงานเป็นพนักงานเก็บขนขยะอย่างน้อย 1 ปี สามารถสื่อสารและเข้าใจภาษาไทยได้และยินดีเข้าร่วมการวิจัย และมีเกณฑ์การคัดออกดังนี้คือ การมีประวัติการผ่าตัดเกี่ยวกับกล้ามเนื้อ กระดูกหรือข้อต่อที่ไม่เกี่ยวข้องกับการทำงานหรือมีโรคประจำตัวที่เป็นสาเหตุให้เกิดอาการผิดปกติของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ กระดูก เช่น โรคข้ออักเสบรูมาตอยด์ โรคเกาต์ ความผิดปกติแต่กำเนิดและโรคเนื้องอกหรือโรคมะเร็งกระดูกหรือมีประวัติการได้รับอุบัติเหตุการบาดเจ็บที่ส่งผลต่ออาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อโดยถาวรหรือผ่าตัด เช่น กระดูกสันหลังเคลื่อนทับเส้นประสาท จำนวน 104 คน ในเทศบาลแห่งหนึ่ง จังหวัดชลบุรี เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสัมภาษณ์ ดังนี้คือ ข้อมูลส่วนบุคคล ประกอบด้วย เพศ อายุ ดัชนีมวลกาย การออกกำลังกายและประสบการณ์การทำงานข้อมูลลักษณะการทำงานซึ่งเป็นข้อมูลลักษณะท่าทางในการทำงานรวมถึงการออกแรงยกของและแบบสอบถามอาการบาดเจ็บของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ (Standardized Nordic Questionnaire) [11] ซึ่งเป็นข้อมูลอาการความผิดปกติของส่วนต่างๆของร่างกาย โดยแบ่งออกเป็น 9 ส่วน คือ คอ ไหล่ หลังส่วนบน ข้อศอก ข้อมือ/มือ หลังส่วนล่าง สะโพก/ต้นขา หัวเข่า และข้อเท้า/เท้าในช่วง 7 วันและ 12 เดือนที่ผ่านมา โดยได้มีการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือ โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านและมีการทดสอบความเที่ยงของเครื่องมือในพนักงานเก็บขนขยะที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในครั้งนี้ จำนวน 30 คน ได้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) เท่ากับ 0.75 การวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรโดยใช้สถิติ Chi-square โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคล

จากผลการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างพนักงานเก็บขนขยะเทศบาลแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรี พบว่า ส่วนใหญ่ร้อยละ 64.4 เป็นเพศชาย โดยมีอายุเฉลี่ย 41.63 ดัชนีมวลกายของพนักงานเก็บขนขยะ ส่วนใหญ่ร้อยละ 45.20 อยู่ในระดับปกติ รองลงมาร้อยละ 28.80 อยู่ในระดับอ้วนระดับ 1 ซึ่งส่วนใหญ่ร้อยละ 79.80 จบการศึกษาระดับประถมศึกษา ส่วนใหญ่มีการออกกำลังกายร้อยละ 64.40 และร้อยละ 67.30 ดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ส่วนใหญ่มีประสบการทำงาน เฉลี่ย 10.14 ปี

ข้อมูลด้านลักษณะการทำงาน

จากการศึกษาด้านลักษณะการทำงาน พบว่า ส่วนใหญ่ร้อยละ 89.40 ของกลุ่มตัวอย่างมีท่าทางท่าทางการทำงานที่ส่งผลต่อการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ โดยในขณะที่ทำงานส่วนใหญ่ต้องหดเกร็งกล้ามเนื้อเป็นเวลานานหรือออกแรงเป็นเวลา 3 - 5 นาที ร้อยละ 78.80 ซึ่ง มากกว่าครึ่งของกลุ่มตัวอย่าง ร้อยละ 61.50 ต้องออกแรงในขณะที่ทำงานมากกว่าความสามารถที่มีตลอดเวลา ส่วนใหญ่ร้อยละ 82.70 ของกลุ่มตัวอย่างต้องยืนเป็นระยะเวลาอย่างน้อยครึ่งหนึ่งของเวลาทำงานทั้งหมดและร้อยละ 83.70 ต้องมีการบิดตัวหรือเอี้ยวตัวเสมอๆในขณะทำงาน โดยส่วนใหญ่ทำงานเป็นเวลาอย่างน้อยมากกว่าครึ่งหนึ่งของเวลาทั้งหมด ร้อยละ 68.30 นอกจากนี้ร้อยละ 76.00 มีลักษณะงานที่ต้องใช้มือหรือแขนที่มีลักษณะเคลื่อนไหวตลอดเวลาหรือเป็นช่วงเวลาที่มี ความถี่อย่างรวดเร็ว (น้อยกว่า 30 วินาที) และมีการใช้มือหรือแขนในการออกแรงบีบหรือจับในการเคลื่อนไหว ในขณะที่ส่วนใหญ่ร้อยละ 84.60 ต้องการยกของที่มีน้ำหนัก 10 กิโลกรัมบ่อยๆและมีเพียงร้อยละ 67.30 ที่ต้องมีการยกของที่มีน้ำหนักมากกว่า 30 กิโลกรัม

ข้อมูลอาการการบาดเจ็บของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ

จากการศึกษาพบว่าในช่วง 7 วันที่ผ่านมา มากกว่าครึ่งของกลุ่มตัวอย่างมีอาการบาดเจ็บของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ ร้อยละ 59.60 ซึ่งของส่วนของร่างกายที่มีอาการการบาดเจ็บของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อมากที่สุด 3 อันดับแรก คือ แขนส่วนล่าง หลังส่วนล่างและสะโพก คิดเป็นร้อยละ 47.10 44.2 และ 35.60 ตามลำดับ และในช่วง 12 เดือนที่ผ่านมา

พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีอาการบาดเจ็บของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ ร้อยละ 81.70 โดยส่วนของร่างกายที่มีอาการบาดเจ็บของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อมากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ แขนส่วนล่าง มือ/ข้อมือ คอ และหลังส่วนล่าง คิดเป็นร้อยละ 73.10 61.50 และ 55.80 ตามลำดับทั้งนี้เนื่องจากการอาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ ต้องมีการรับสัมผัสกับปัจจัยเสี่ยงเป็นระยะเวลานานจึงทำให้เกิดอาการความผิดปกติเรื้อรังจึงมีความชุกในรอบ 12 เดือนมากกว่ารอบ 7 วัน โดยผลการศึกษาสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาที่พบว่าพนักงานเก็บขนขยะในจังหวัดหนองบัวลำภูมีอาการปวดหลังในรอบ 12 เดือน ร้อยละ 77.50 ในขณะที่ในรอบ 7 วัน มีอาการปวดหลัง ร้อยละ 62.50 และพบว่ามักมีอาการปวดเมื่อยที่หลังส่วนล่าง [7] และในการศึกษาในพนักงานเก็บขนขยะในมุมไบ ประเทศอินเดีย พบว่าพนักงานส่วนใหญ่มีอาการความผิดปกติที่บริเวณหลังส่วนล่าง ร้อยละ 20 รองลงมาคือสะโพก ร้อยละ 18 [12] ทั้งนี้สามารถอธิบายได้ว่าจากลักษณะการทำงานที่พนักงานเก็บขยะที่จะต้องมีการบิดเอี้ยวตัวเพื่อหยิบ จับ ยก ถังขยะที่มีน้ำหนักมากเป็นประจำจึงทำให้มี อาการปวดเมื่อยบริเวณหลังส่วนล่างและสะโพกมาก

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับอาการความผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ

จากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลและอาการความผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อในรอบ 7 วันและ 12 เดือน พบว่าปัจจัยส่วนบุคคลที่มีความสัมพันธ์กับอาการความผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อในรอบ 7 วันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ได้แก่ ดัชนีมวลกายและการออกกำลังกาย และพบว่าปัจจัยส่วนบุคคลที่มีความสัมพันธ์กับอาการความผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อในรอบ 12 วันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ได้แก่ อายุ ดัชนีมวลกาย การออกกำลังกาย และประสบการณ์การทำงาน ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า เมื่ออายุมากขึ้น ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะลดน้อยลงไป ความเสื่อมของอวัยวะต่างๆจะเพิ่มขึ้น ทำให้เนื้อเยื่อต่างๆได้รับผลกระทบไปด้วยโดยจากกลุ่มตัวอย่างจะพบว่ามีอายุเฉลี่ย 41.63 ปีซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาที่พบว่าอายุเป็นสาเหตุของความเสื่อมสภาพของร่างกายไปตาม อายุมากขึ้นด้วยเช่นกัน [13, 14] ในส่วนของดัชนีมวลกายที่มีความสัมพันธ์กับอาการความผิดปกติของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อสามารถอธิบายได้ว่า น้ำหนักตัวที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้เกิดแรงกดทับซึ่งจะส่งผลต่อการยุบตัวของกระดูกสันหลังส่วนเอวได้ โดยผลการศึกษาสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาที่พบว่าดัชนีมวลกายมีความสัมพันธ์กับอาการบาดเจ็บของระบบโครงและกล้ามเนื้อ [6] และการออกกำลังกายเป็นอีกปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับอาการความผิดปกติของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ศึกษาในพนักงานเก็บขยะ สังกัดเทศบาลในจังหวัดตรังที่พบว่าการออกกำลังกายมีผลต่ออาการบาดเจ็บที่ตำแหน่งหลังส่วนล่าง [13] ทั้งนี้ประสบการณ์การทำงานเป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับอาการบาดเจ็บของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อเช่นกัน อาจเป็นเพราะพนักงานเก็บขนขยะมีอายุการทำงานเฉลี่ย 10.14 ปี ซึ่งการทำงานในลักษณะงานเดิมเป็นระยะเวลานาน อาจส่งผลให้เกิดความอาการความผิดปกติของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อได้มากขึ้นยิ่งขึ้น ทั้งนี้จากการสังเกตลักษณะการทำงานของพนักงานเก็บขนขยะจะพบว่ามีลักษณะท่าทางการทำงานที่ต้องก้มยก เอี้ยวตัวหยิบ ดึง ลากถังขยะและเทขยะเป็นประจำ ติดต่อกันเป็นระยะเวลาหลายปีซึ่งทำให้เกิดการเสื่อมของกระดูกสันหลังได้มากยิ่งขึ้น โดยพบว่าผลการศึกษามีความสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาของสุนิสา ชายเกลี้ยง และคณะ [15] ที่กล่าวว่าผู้ที่มีประสบการณ์การทำงานในตำแหน่งพนักงานเก็บขนขยะตั้งแต่ 4 ปีขึ้นไปจะมีโอกาสปวดหลังส่วนล่างมากกว่าผู้ที่มีประสบการณ์การทำงานน้อยกว่า 4 ปี ทั้งนี้จากการศึกษาในพนักงานเก็บขนขยะในเทศบาลแห่งหนึ่งพบว่าในกลุ่มของพนักงานที่ทำงานในตำแหน่งเก็บขนขยะที่นานมากกว่าจะมีความเสี่ยงมากกว่าในการเกิดอาการความผิดปกติของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ [16]

จากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านการทำงานและอาการความผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อในรอบ 7 วันและ 12 เดือน พบว่าปัจจัยด้านการทำงานที่มีความสัมพันธ์กับอาการความผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อในรอบ 7 วันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ได้แก่ ออกแรงมากกว่าความสามารถที่มีตลอดเวลา โดยในรอบ 12 เดือนพบว่าปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับอาการความผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ท่าทางการทำงานที่ผิดปกติ การหดเกร็งกล้ามเนื้อเป็นเวลานาน การออกแรงมากกว่าความสามารถที่มีตลอดเวลา การยืนเป็นระยะเวลานาน การบิดและการเอี้ยวตัว การทำงานเป็นระยะเวลาครึ่งหนึ่งของระยะเวลาการทำงานทั้งหมด การยกของที่มีน้ำหนักมากกว่า 30 กิโลกรัม และการยกของที่มีน้ำหนัก 10 กิโลกรัม ทั้งนี้สามารถอธิบายได้ว่า จากลักษณะการทำงานของพนักงานเก็บขนขยะที่มีท่าทางการ

ทำงานที่ต้องก้มและเอี้ยวตัวเพื่อยกถังขยะที่มีน้ำหนักมากเกือบตลอดระยะเวลาการทำงาน โดยต้องมีการเกร็งกล้ามเนื้อโดยเฉพาะอย่างยิ่งมือและข้อที่ต้องหยิบยกถังขยะ ซึ่งทำให้มีการงอ การบิดมือหรือข้อมือบ่อยๆซ้ำ ซึ่งส่งผลให้เกิดแรงบีบและแรงเค้นส่งผลให้เนื้อเยื่ออ่อน เส้นเอ็นอักเสบได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาที่ระบุว่าลักษณะการทำงานที่ต้องมีท่าทาง การทำงานมือ/ข้อมือที่ต้องหมุน บิด เกร็งบ่อยจะส่งผลต่อการบาดเจ็บโครงร่างและกล้ามเนื้อได้ [14, 17] ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าโดยส่วนใหญ่พนักงานเก็บขนขยะต้องมีการยกของที่มีน้ำหนัก 10 กิโลกรัมบ่อยๆ โดยสอดคล้องกับผลงานวิจัยที่ผ่านมาได้ระบุว่า การเอื้อมรับและยกเทถังขยะที่หนักมากกว่า 30 กิโลกรัม อาจมีผลทำให้เกิดแรงกดที่บริเวณกระดูกสันหลังบริเวณเอวที่ส่งผลทำให้เกิดแรงกดที่บริเวณกระดูกสันหลังบริเวณเอวที่ส่งผลให้เกิดการปวดหลังของพนักงานและเพิ่มความสี่ยงมากยิ่งขึ้นหากหากมีการเคลื่อนไหวที่ไม่เหมาะสมและเป็นการเคลื่อนไหวซ้ำๆ มีการเอี้ยวตัว การโค้งตัว การก้มเงย และการยืนนานกว่า 2 ชั่วโมง และจากกากเนื่องจากการยกของที่มีน้ำหนักมากจะทำให้กระดูกสันหลังต้องมีการรับน้ำหนักมาก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของวิภาดา ศรีเจริญ และคณะ (2560) ได้กล่าวว่าการยกหรือเคลื่อนย้ายวัตถุที่มีน้ำหนักมาก กระดูกสันหลังจะต้องมีการโค้งงอมากขึ้น กล้ามเนื้อจะต้องทำงานมากขึ้น มีทั้งการหดและการยืดขยายตัว ซึ่งจะก่อให้เกิดแรงกดดันต่อกล้ามเนื้อและกระดูก อย่างมากตามขนาดและน้ำหนักของวัตถุ ทั้งนี้จากการศึกษาพบว่า การใช้มือหรือแขนในการออกแรงบีบหรือจับในการเคลื่อนไหวมีความสัมพันธ์กับอาการความผิดปกติของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อเนื่องจากพนักงานต้องมีใช้แรงบีบและจับในการทำหยิบ ยก จับ ถังขยะโดยในงานวิจัยที่ผ่านมาระบุว่าท่าทางที่มีความเสี่ยงสูงในการเกิดความผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ คือการกำนิ้วมือ การเอี้ยวตัว/บิดตัว (15)

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลและอาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ (n=104)

ปัจจัยส่วนบุคคล	กลุ่มอาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ					
	7 วันที่ผ่านมา			12 เดือนที่ผ่านมา		
	ไม่มี จำนวน (%)	มี จำนวน (%)	*P -value*	ไม่มี จำนวน (%)	มี จำนวน (%)	*P -value*
เพศ			0.130			0.200
ชาย	33	34		18	49	
หญิง	9	28		1	36	
อายุ (ปี)			0.933			0.026*
น้อยกว่า 31	6	10		3	13	
ระหว่าง 31 - 40	14	18		10	22	
ระหว่าง 41 - 50	13	18		6	25	
มากกว่า 50	9	16		0	25	
ดัชนีมวลกาย			0.918			0.033*
ผอม	2	1		1	2	
ปกติ	19	28		14	33	
อ้วนระดับ 1	12	18		4	26	
อ้วนระดับ 2	6	10		0	16	
อ้วนระดับ 3	3	5		0	8	

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลและอาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ (n=104)

ปัจจัยส่วนบุคคล	กลุ่มอาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ					
	7 วันที่ผ่านมา			12 เดือนที่ผ่านมา		
	ไม่มี จำนวน (%)	มี จำนวน (%)	*P -value*	ไม่มี จำนวน (%)	มี จำนวน (%)	*P -value*
การออกกำลังกาย			0.021*			0.002*
ใช่	33	34		18	49	
ไม่ใช่	9	28		1	36	
ประสบการณ์การทำงาน			0.133			0.006*
1 - 10	31	34		18	47	
11 - 20	7	20		1	26	
21 - 30	4	8		0	12	

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ *P value* < 0.05

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการทำงานและอาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ (n=104)

ปัจจัยด้านการทำงาน	กลุ่มอาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ					
	7 วันที่ผ่านมา			12 เดือนที่ผ่านมา		
	ไม่มี จำนวน (%)	มี จำนวน (%)	*P -value*	ไม่มี จำนวน (%)	มี จำนวน (%)	*P -value*
ท่าทางการทำงานที่ส่งผลต่อการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ			0.774			0.209*
ใช่	38	55		19	74	
ไม่ใช่	4	7		0	11	
กล้ามเนื้อหดเกร็งเป็นเวลานานหรือออกแรงเป็นเวลา 3 – 5 นาที			0.808			0.011*
ใช่	34	48		19	63	
ไม่ใช่	8	14		0	22	
ออกแรงมากกว่าความสามารถที่มีตลอดเวลา			0.04*			0.008*
ใช่	31	33		17	47	
ไม่ใช่	11	29		2	38	

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการทำงานและอาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ (n=104)

ปัจจัยด้านการทำงาน	กลุ่มอาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ					
	7 วันที่ผ่านมา			12 เดือนที่ผ่านมา		
	ไม่มี จำนวน (%)	มี จำนวน (%)	*P -value*	ไม่มี จำนวน (%)	มี จำนวน (%)	*P -value*
ยืนเป็นระยะเวลาอย่างน้อยครึ่งหนึ่งของเวลาทำงานทั้งหมด			0.887			0.039*
ใช่	35	51		19	67	
ไม่ใช่	7	11		0	18	
มีการบิดตัวหรือเอี้ยวตัวเสมอๆ			0.942			0.037*
ใช่	35	52		19	68	
ไม่ใช่	7	10		0	17	
ทำงานเป็นเวลาอย่างน้อยมากกว่าครึ่งหนึ่งของเวลาทั้งหมด			0.669			0.289
ใช่	12	21		8	25	
ไม่ใช่	30	41		11	60	
ใช้มือหรือแขนที่มีลักษณะเคลื่อนไหวตลอดเวลาหรือเป็นช่วงเวลาที่มีความถี่อย่างรวดเร็ว (น้อยกว่า 30 วินาที)			0.608			0.007*
ใช่	33	46		19	60	
ไม่ใช่	9	16		0	25	
การใช้มือหรือแขนในการออกแรงบีบหรือจับในการเคลื่อนไหว			0.608			0.007*
ใช่	33	46		19	60	
ไม่ใช่	9	16		0	25	
การยกของที่มีน้ำหนักมากกว่า 30 กิโลกรัม			0.234			0.002*
ใช่	25	29		16	38	
ไม่ใช่	17	33		3	47	

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการทำงานและอาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ (n=104)

ปัจจัยด้านการทำงาน	กลุ่มอาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ					
	7 วันที่ผ่านมา			12 เดือนที่ผ่านมา		
	ไม่มี จำนวน (%)	มี จำนวน (%)	*P -value*	ไม่มี จำนวน (%)	มี จำนวน (%)	*P -value*
การยกของที่มีน้ำหนัก 10 กิโลกรัมบ่อยๆ			0.766			0.039*
ใช่	35	53		19	69	
ไม่ใช่	7	9		0	16	

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ *P value* < 0.05

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาพบว่า ความชุกของอาการความผิดปกติของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อในช่วง 7 วันที่ผ่านมาของกลุ่มตัวอย่างพนักงานเก็บขนขยะ ร้อยละ 59.60 ซึ่งของส่วนของร่างกายที่มีอาการการบาดเจ็บของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อมากที่สุด 3 อันดับแรก คือ แขนส่วนล่าง หลังส่วนล่างและสะโพก คิดเป็นร้อยละ 47.10 44.20 และ 35.60 ตามลำดับและในช่วง 12 เดือนที่ผ่านมา พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีอาการบาดเจ็บของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ ร้อยละ 81.70 โดยส่วนของร่างกายที่มีอาการบาดเจ็บของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อมากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ แขนส่วนล่าง มือ/ข้อมือ คอ และหลังส่วนล่าง คิดเป็นร้อยละ 73.10 61.50 และ 55.80 ตามลำดับ จากผลการศึกษาเนื่องจากลักษณะการทำงานของพนักงานเก็บขนขยะที่ต้องมีการทำในท่าทางการทำงานที่ผิดปกติ การทำงานในท่าทางที่ซ้ำซากและต้องมีการออกแรงมากในการทำงาน รวมถึงการเกร็งของกล้ามเนื้อเพื่อรับน้ำหนักของถังขยะที่มีมากในแต่ละวันย่อมส่งผลกระทบต่อระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อของพนักงานเก็บขยะทั้งในระยะสั้นและระยะยาวได้ โดยอาจทำให้เกิดความปวดเมื่อย ไม่สบายตัว ไม่คล่องตัวขณะทำงาน อาจทำให้เกิดอุบัติเหตุในขณะทำงานได้ รวมไปถึงการเป็นโรคทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อในอนาคตได้และส่งผลให้เกิดการพิการได้ ดังนั้นการให้ความสำคัญถึงการดูแลสุขภาพอนามัยของพนักงานเก็บขนขยะจึงเป็นสำคัญเพื่อลดผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นกับระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ รวมถึงการอบรมในเรื่องของท่าทางในการยกสิ่งของที่หลักอย่างถูกวิธีและการปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการทำงานที่เหมาะสมจะช่วยลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นกับสุขภาพของพนักงานเก็บขนขยะได้อย่างเหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

1. ฐิติชญา ฉลาดล้น, พิมพ์ลดา อนันต์สิริเกษม. การบาดเจ็บทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อที่เกี่ยวเนื่องจากการทำงานและพฤติกรรมการทำงานที่ปลอดภัยของพนักงานศูนย์บริการให้ข้อมูล. วารสารพยาบาลกระทรวงสาธารณสุข 2556; 44-59.
2. อรรถพล แก้วนวล, บรรพต โลหะตระกูล และกลางเดือน โพชนา. ความชุกของความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและกระดูกโครงร่างที่เกี่ยวเนื่องจากการทำงานในอาชีพต่างๆ. วารสารสาธารณสุขมหาวิทยาลัยบูรพา 2560; 12: 53-64.
3. นภานันท์ ดวงพรม,สุนิสา ชายเกลี้ยง. การรับรู้ความผิดปกติของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อในพนักงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์แห่งหนึ่งในจังหวัดอุดรธานี. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น 2556; 18: 880-891.

4. วิวัฒน์ สังฆะบุตร ,สุนิสา ชายเกลี้ยง. ความผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อในแรงงานนอกระบบกลุ่มดัดเหล็กปลอกเสาระบบมือโยก : การศึกษานำร่อง. ศรีนครินทร์เวชสาร 2554; 26 : 225-232.
5. สุนิสา ชายเกลี้ยง, ธวัชชัย คำป้อง, วรวรรณ ภูชาดา. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพด้านการสัมผัสปัจจัยการยศาสตร์ของแรงงานนอกระบบกลุ่มเย็บผ้าสำเร็จรูป. วารสารสาธารณสุข มหาวิทยาลัยบูรพา 2560; 12: 99-111.
6. พีรพงษ์ จันทราเทพ, สุนิสา ชายเกลี้ยง. ความชุกและปัจจัยเสี่ยงต่ออาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อในพนักงานเก็บขนขยะขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในจังหวัดหนองบัวลำภู. วารสารวิจัยสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2554; 4 : 49-58.
7. สุนิสา ชายเกลี้ยง, พีรพงษ์ จันทราเทพ, พรนภา ศุกรเวทย์ศิริ, รุ้งทิพย์ พันธุเมธากุล. ความชุกและปัจจัยเสี่ยงทางการยศาสตร์ของการปวดหลังส่วนล่างในพนักงานเก็บขนขยะขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในจังหวัดหนองบัวลำภู. วารสารเทคนิคการแพทย์และกายภาพบำบัด 2555; 24.
8. นริศรา เลิศพรสวรรค์,ชวพรพรรณ จันทร์ประสิทธิ์,ธานี แก้วธรรมานุกูล. ปัจจัยคุกคามสุขภาพจากการทำงานและภาวะสุขภาพตามความเสี่ยงของพนักงานเก็บขยะ. พยาบาลสาร ปีที่ 44 ฉบับที่ 2 2560.
9. ดิษฐพล ใจซ่อ. การพัฒนาศักยภาพการดูแลตนเองของแรงงานเก็บขยะจังหวัดมหาสารคาม [วิทยานิพนธ์ปริญญาพยาบาลศาสตร์มหาบัณฑิต]. ขอนแก่น:มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2552.
10. พีรพงษ์ จันทราเทพ, สุนิสา ชายเกลี้ยง. พฤติกรรมการป้องกันอันตรายจากการปฏิบัติงานของพนักงานเก็บขนมูลฝอยของเทศบาลในเขตอำเภอนากลาง จังหวัดหนองบัวลำภู. วารสารความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม2553; 20:37-44.
11. Kuorinka I., Jonsson B., Kilbom A., Vinterberg H., Bierring-Sorensen F., Andersson G, et al. Standardized Nordic Questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. Applied ergonomics 1987;18: 233-237.
12. Pradeep Salve, Praveen Chokhandre, Dhananjay Bansod. Assessing musculoskeletal disorders among municipal waste loaders of Mumbai, India. International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health 201;30:875–886.
13. สาลี อินทร์เจริญ. การพัฒนารูปแบบการเฝ้าระวังอาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้ออันเกี่ยวเนื่องจากการทำงานของพนักงานเก็บขยะสังกัดเทศบาลในจังหวัดตรัง. วารสารเครือข่ายวิทยาลัยพยาบาลและการสาธารณสุขภาคใต้ 2561; 3: 186-201.
14. สาลี อินทร์เจริญ, กมลรัตน์ นุ่นคง, สุภาวรรณ ทองเจิม, วิลาวรรณ ศรีพล. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับอาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้ออันเกี่ยวเนื่องจากการทำงานของพนักงานเก็บขยะสังกัดเทศบาลในจังหวัดตรัง. ในประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์สุขภาพ;7-8 ธันวาคม 2560; สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.เชียงราย; 2560.หน้า 1-10.
15. อนุวัฒน์ อัคคีสุวรรณ์, นุจรีย์ แซ่จิว, จำนงค์ ธนะภพ, จันจิรา มหาบุญ. การบาดเจ็บและอาการทางระบบโครงร่างกล้ามเนื้อและกระดูกอันเนื่องมาจากการทำงานของเกษตรกรผู้ประกอบอาชีพสวนปาล์ม เขตพื้นที่ตำบลสินปุน อำเภอเขาพนม จังหวัดกระบี่. วารสารความปลอดภัยและสุขภาพ 2558; 29: 48-58.
16. Hala Samir Abou-ElWafa, Sohair Fouad El-Bestar, Abdel-Hady El-Gilany, Ehab El-Sayed Awad. Musculoskeletal disorders among municipal solid waste collectors in Mansoura, Egypt: a cross-sectional study. BMJ Open 2012; 2.
17. อิสริย์รัช สืบศรี, มัณฑนา ดำรงศักดิ์, ธีรนุช ห้านิรัติศัย. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการบาดเจ็บโครงร่างและกล้ามเนื้อที่เกี่ยวเนื่องจากการทำงานในผู้ประกอบอาชีพผลิตธูป.พยาบาลสารปีที่ 40 ฉบับพิเศษ 2556; 108 – 119.

[HS-P21] การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการยกและเคลื่อนย้ายของพนักงานชายในโรงสีข้าวแห่งหนึ่ง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

A Study of Relationship between Factors Affecting the Manual Materials Handling Ability of Male Employees in Rice Mill, Phra Nakhon Si Ayutthaya Province

นัฐศาสตร์ ประเสริฐสวัสดิ์, ปิยะรัตน์ ศิริวิโรจนกุล, พนิดา พิมาน, ศิริกาญจน์ เหลืองแดง และอมตา อตมะ*
Nattasart Prasoetsawat, Piyarat Sirivirotjanakul, Panida Piman, Sirikan Luangdang and Amata Outtama*
หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: amata_aee@hotmail.com*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional Descriptive Studies) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการยกและเคลื่อนย้ายของพนักงานชายในโรงสีข้าวแห่งหนึ่ง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามและการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้วยเครื่อง Jackson Strength Evaluation System และ Hand Dynamometer กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชายจำนวน 47 คน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติสหสัมพันธ์ของ Chi-Square Test ผลการศึกษาพบว่าพนักงานส่วนใหญ่มีแรงบีบมือข้างที่ถนัดอยู่ในระดับพอใช้ ข้างที่ไม่ถนัดอยู่ในระดับต่ำ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาอยู่ในระดับต่ำ และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลำตัวอยู่ในระดับต่ำ พบความเมื่อยล้าของร่างกายมากที่สุด 3 อันดับแรกคือ หลังส่วนล่าง ด้านซ้าย-ขวา หัวเข่าด้านซ้าย-ขวา คอด้านซ้าย-ขวา ตามลำดับ ปัจจัยการทำงานที่มีความสัมพันธ์กับการยกและเคลื่อนย้าย คือ ความถี่ในการยก ($p<0.05$) พื้นผิวบริเวณที่ยก ($p<0.05$) สิ่งกีดขวาง ($p<0.05$) ความเป็นหลุมเป็นบ่อ ($p<0.05$) ปัจจัยส่วนบุคคลที่มีความสัมพันธ์กับอาการเมื่อยล้า คือ ดัชนีมวลกายมีความสัมพันธ์กับความเมื่อยล้าหัวเข่าด้านซ้าย ($p<0.05$) สัมพันธ์กับหัวเข่าด้านขวา ($p<0.05$) และการออกกำลังกายสัมพันธ์กับความเมื่อยล้าหัวเข่าด้านซ้าย ($p<0.05$)

คำสำคัญ: *ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ, สมรรถภาพของร่างกาย, ความเมื่อยล้าของร่างกาย*

Abstract

The purposes of this cross-sectional descriptive study relationship between factors affecting the manual materials handling ability of male employees in rice mill, Phra Nakhon Si Ayutthaya province. Data were collected by questionnaire and assessment of isometric strength with Jackson strength evaluation system and Hand Dynamometer. The study was inclusion 47 of male employees. The data were displayed as mean, standard deviation and Chi-square. The results revealed that a medium of the dominant hand, low of the non-dominant hand, low of leg muscle strength and low of torso muscle strength. The results showed that most workers lower back injuries, knee injuries, and neck injuries respectively. The factors affecting job characteristics factor correlated with manual materials handling ability were frequency of lift (p-value < 0.05) work surface ($p<0.05$) pothole ($p<0.05$) and personal factors correlated with fatigue were body mass index correlated with left knee ($p<0.05$) right knee fatigue (p-value < 0.05) and exercise correlated with left knee fatigue ($p<0.05$).

Keywords: *Isometric strength, physical fitness, fatigue*

บทนำ

ในปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมหลายแห่งในประเทศไทยได้นำเอาเทคโนโลยีสมัยใหม่และระบบการผลิตแบบอัตโนมัติเข้ามาใช้งานเพื่อช่วยในการปรับปรุงผลผลิตหรือผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น แต่ในขณะเดียวกัน โรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ในประเทศไทยยังคงต้องอาศัยแรงงานมนุษย์ในการขนย้ายวัตถุหนัก (Manual Materials Handling) เช่น การยกและแบกกระสอบข้าวในโรงสี การยกถังน้ำในโรงงานผลิตน้ำดื่ม เป็นต้น การทำงานดังกล่าว จำเป็นต้องให้พนักงานที่มีความแข็งแรงเป็นผู้ปฏิบัติงาน ถ้าหากผู้ปฏิบัติงานไม่แข็งแรงเพียงพอที่จะปฏิบัติงานได้อย่างสมบูรณ์ก็ย่อมจะทำให้ประสบอันตรายหรือบาดเจ็บได้ [(1)] เช่น เกิดการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อและเอ็นตามบริเวณ แขน ขา และลำตัว โดยเฉพาะอย่างยิ่งการบาดเจ็บบริเวณหลัง จากข้อมูลผู้ป่วยที่ได้รับรายงานตามกลุ่มโรคของสำนักระบาดวิทยา กรมควบคุมโรคพบว่า กลุ่มโรคที่มีการรายงานมากที่สุด คือ กลุ่มโรคกระดูกและกล้ามเนื้อ ร้อยละ 45.0 (เฉลี่ย 1,898 รายต่อปี) โดยมีแนวโน้มการรายงานผู้ป่วยเพิ่มมากขึ้นในปี พ.ศ. 2550-2552 [(2)] นอกจากนี้พบว่ากลุ่มอายุที่เป็นผู้ป่วยโรคกระดูกและกล้ามเนื้อมากที่สุด คือ กลุ่มอายุ 15-59 ปี จำนวน 70,148 ราย คิดเป็นร้อยละ 69.63 รองลงมา คือ กลุ่มอายุ 60 ปีขึ้นไป จำนวน 29,875 ราย คิดเป็นร้อยละ 29.65 [(3)]

งานยกและเคลื่อนย้ายสิ่งของด้วยแรงกายเป็นงานที่ต้องใช้ความสามารถของแต่ละบุคคล ปัจจัยหลักที่พบว่ามีอิทธิพลต่องานยกและเคลื่อนย้ายสิ่งของนั้นคือ ปัจจัยของงาน เช่น ลักษณะงาน สถานที่ทำงาน ความถี่ และน้ำหนักของวัตถุ เป็นต้น ปัจจัยส่วนบุคคล เช่น เพศ อายุ ความแข็งแรงของร่างกาย และประสบการณ์การทำงาน เป็นต้น ความสามารถในการยกและท่าทางในการยกมีผลต่อแรงกดที่เกิดขึ้นในส่วนต่างๆ ของร่างกายและข้อต่อต่างๆ ซึ่งส่งผลต่อความสามารถในการยก มีบางการศึกษาพบว่าน้ำหนักของวัตถุนั้นไม่มีผลต่อความสามารถในการยกของ[(4)] แต่ในทางตรงข้ามกลับมีรายงานว่า น้ำหนักของวัตถุนั้นมีอิทธิพลอย่างมากต่อความสามารถของการยกที่ต่างกัน เมื่อน้ำหนักของวัตถุที่ยกมากขึ้นทำให้มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงความเร็วเชิงมุมบริเวณข้อเข่าทำให้มีการเปลี่ยนแปลงท่าทางที่ยกไปตามน้ำหนักที่ยกได้แตกต่างกัน[(5)] นอกจากนี้ยังมีการนำเอาความสามารถในการออกแรงไปใช้ในการวิเคราะห์งานเพื่อออกแบบงานให้เหมาะสมกับพนักงาน การขาดแนวทางในการออกแบบการทำงานและวิธีการคัดเลือกพนักงานที่เหมาะสมจะส่งผลกระทบให้ระบบข้อต่อ-กระดูก-เอ็น-กล้ามเนื้อของพนักงานรับภาระมากเกินไปทำให้เกิดความล้าและอาจบาดเจ็บได้

ในงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการยกและเคลื่อนย้าย และปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการยกและเคลื่อนย้ายของพนักงานชายที่ทำงานแผนกยกเคลื่อนย้ายสิ่งของในโรงงานอุตสาหกรรมโรงสีข้าวแห่งหนึ่งในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา เพื่อให้ทราบถึงความสามารถในการยกของพนักงาน โดยใช้เครื่องมือ Jackson Strength Evaluation System MODEL #32728 และ Hand Dynamometer ซึ่งค่าที่วัดได้สามารถนำไปประเมินน้ำหนักของวัสดุที่พนักงานสามารถยกได้ นอกจากนี้ยังมีการใช้แบบประเมิน Body Discomfort เพื่อสำรวจอาการความเมื่อยล้าของพนักงาน ซึ่งประเมินค่าจากความรู้สึกเมื่อยล้า หรือเจ็บปวด หรือปวดเมื่อยตามส่วนต่างๆ ของร่างกาย แล้วนำไปประเมินผลของความเมื่อยล้าหรือการบาดเจ็บจากการยกและเคลื่อนย้ายวัสดุด้วยมือที่มีน้ำหนักแตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional Descriptive Studies) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการยกและเคลื่อนย้ายของพนักงานชายในโรงสีข้าวแห่งหนึ่ง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ศึกษาปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยของงาน ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้าย ความสามารถในการยกและเคลื่อนย้าย และความเมื่อยล้าของร่างกาย โดยกลุ่มตัวอย่างคือ พนักงานยกและเคลื่อนย้ายกระสอบข้าวเพศชาย แผนกยกกระสอบในโรงสีข้าวแห่งหนึ่ง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ที่มีอายุระหว่าง 18-60 ปี จำนวน 47 คน ใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติสหสัมพันธ์ของ Chi-Square Test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติมีค่าน้อยกว่า 0.05

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1. เครื่องวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขน ขา ไหล่และลำตัว โดยใช้ Jackson Strength Evaluation System MODEL รุ่น 32728 ของบริษัท Lafayette Instrument Company วัดค่าความแข็งแรงสูงสุดที่กล้ามเนื้อสามารถออกแรงได้ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม เครื่องมือนี้เป็นเครื่องมือได้มาตรฐานสากล มีการตรวจสอบก่อนใช้เครื่องมือทุกครั้ง

2. เครื่องวัดแรงบีบมือ Hand Dynamometer รุ่น 78010 และ 78011 ของบริษัท Lafayette Instrument Company วัดค่าความแรงบีบสูงสุดที่กล้ามเนื้อสามารถออกแรงได้ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม เครื่องมือนี้เป็นเครื่องมือได้มาตรฐานสากล มีการตรวจสอบก่อนใช้เครื่องมือทุกครั้ง

3. แบบสอบถามที่คณะวิจัยสร้างขึ้นจากการศึกษาข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เครื่องมือดังกล่าวประกอบด้วยข้อมูลส่วนบุคคล ข้อมูลด้านการทำงาน และข้อมูลความเมื่อยล้าของร่างกาย โดยแบบสอบถามผ่านการตรวจความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ (IOC) จากผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน

วิธีจัดเก็บข้อมูล

1. ทำการอธิบายถึงวัตถุประสงค์และขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูลงานวิจัยให้ผู้ร่วมวิจัยทราบ

2. ทำการเก็บข้อมูลแบบสอบถามปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยด้านการทำงาน และข้อมูลความเมื่อยล้าของร่างกาย

3. ทำการเก็บข้อมูลการออกแรงของกล้ามเนื้อด้วยเครื่อง Jackson Strength Evaluation System MODEL #32728 สำหรับวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขน ขา ไหล่ และลำตัว และใช้เครื่องวัดแรงบีบมือ Hand Dynamometer สำหรับวัดแรงบีบมือข้างที่ถนัดและข้องที่ไม่ถนัด โดยทำการบันทึกข้อมูลค่าการออกแรงท่าละ 2 ครั้งแต่ละครั้งห่างกัน 5 นาที และใช้เวลาในการพัก 15 นาที ให้กล้ามเนื้อได้พักก่อนการเป็นข้อมูลในท่าถัดไปเพื่อหลีกเลี่ยงความเมื่อยล้าที่มากเกินไป และเพื่อให้ได้ค่าที่แม่นยำนำค่าที่ออกแรงกล้ามเนื้อที่ได้มากที่สุดมาบันทึกลงในแบบบันทึกข้อมูล



ภาพที่ 1 แสดงการเก็บรวบรวมข้อมูลความสามารถในการออกแรงบีบมือ



ภาพที่ 2 แสดงการเก็บรวบรวมข้อมูลความสามารถในการออกแรงกล้ามเนื้อขา



ภาพที่ 3 แสดงการเก็บรวบรวมข้อมูลความสามารถในการออกแรงกล้ามเนื้อของลำตัว



ภาพที่ 4 แสดงการเก็บรวบรวมข้อมูลความสามารถในการออกแรงกล้ามเนื้อแขน



ภาพที่ 5 แสดงการเก็บรวบรวมข้อมูลความสามารถในการออกแรงกล้ามเนื้อไหล่

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคลของพนักงานยกและเคลื่อนย้ายพบว่า ส่วนใหญ่มีอายุเฉลี่ย 34 ปี ดัชนีมวลกายอยู่ในช่วง 18.5-22.9 k/m^2 (ตามเกณฑ์) ร้อยละ 55.3 ไม่ออกกำลังกาย ร้อยละ 87.2 ไม่มีโรคประจำตัว ร้อยละ 89.4 ไม่สูบบุหรี่ ร้อยละ 63.8 ตามลำดับ

ข้อมูลปัจจัยด้านการทำงานพบว่า พนักงานส่วนใหญ่มีลักษณะงานหรือตำแหน่งงานเป็นคนยกเคลื่อนย้ายและจัดเรียงวัสดุ ร้อยละ 61.7 มีช่วงเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน ร้อยละ100.0 ระยะเวลาการทำงานต่อสัปดาห์เฉลี่ย 48 ชั่วโมง ประสบการณ์การทำงานเฉลี่ย 3 ปี น้ำหนักกระสอบข้าวที่ยกอยู่ในช่วง 26-50 กิโลกรัมต่อครั้ง ร้อยละ 53.2 ความถี่ในการยกอยู่ในช่วงความถี่สูง ร้อยละ 83.0 ตามลำดับ

ข้อมูลความสามารถในการยกและเคลื่อนย้ายพบว่าพนักงานยกและเคลื่อนย้ายมีค่าเฉลี่ยความสามารถในการยกและเคลื่อนย้ายอยู่ที่ 22.53 กิโลกรัม ส่วนใหญ่มีช่วงน้ำหนักการยกอยู่ในช่วงน้อยกว่าหรือเท่ากับ 40 ตันต่อต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 77.1 และมีช่วงน้ำหนักการยกอยู่ในช่วงมากกว่าหรือเท่ากับ 41 ตันต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 22.9 ตามลำดับ

ความเมื่อยล้าของร่างกาย

จากการเก็บข้อมูลความเมื่อยล้าของร่างกายโดยใช้แบบสอบถามซึ่งเป็นมาตรฐานของ ISO/TS 20646-1 พบว่า พนักงานส่วนใหญ่มีอาการเมื่อยล้า บริเวณที่มีความเมื่อยล้ามากที่สุดคือ หลังส่วนล่างด้านขวา คิดเป็นร้อยละ 48.9 หลังส่วนล่างด้านซ้าย คิดเป็นร้อยละ 46.8 รองลงมาเป็นหัวเข่าด้านซ้าย คิดเป็นร้อยละ 27.7 หัวเข่าด้านขวา คิดเป็นร้อย 25.5 และคอด้านซ้ายและคอด้านขวา คิดเป็นร้อยละ 19.1 และ 17.0 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละความเมื่อยล้าของร่างกาย จำแนกตามความรู้สึกเมื่อยล้าของร่างกายทั้งด้านซ้ายและด้านขวาในช่วง 12 เดือนที่ผ่านมา (N = 47 คน)

ส่วนของร่างกาย	ความเมื่อยล้า	
	ไม่เมื่อยล้า จำนวน (ร้อยละ)	เมื่อยล้า จำนวน (ร้อยละ)
คอ (ซ้าย)	38 (80.9)	9 (19.1)
คอ (ขวา)	39 (83.0)	8 (17.0)
ไหล่ (ซ้าย)	39 (83.0)	8 (17.0)
ไหล่ (ขวา)	39 (83.0)	8 (17.0)
หลังส่วนบน (ซ้าย)	42 (89.4)	5 (10.6)
หลังส่วนบน (ขวา)	42 (89.4)	5 (10.6)
หลังส่วนล่าง (ซ้าย)	25 (53.2)	22 (46.8)
หลังส่วนล่าง (ขวา)	24 (51.1)	23 (48.9)
แขนส่วนบน (ซ้าย)	41 (87.2)	6 (12.8)
แขนส่วนบน (ขวา)	41 (87.2)	6 (12.8)
ข้อศอก (ซ้าย)	41 (87.2)	6 (12.8)
ข้อศอก (ขวา)	42 (89.4)	5 (10.6)
แขนส่วนล่าง (ซ้าย)	47 (0.0)	0 (0.0)
แขนส่วนล่าง (ขวา)	47 (0.0)	0 (0.0)
มือ/ข้อมือ (ซ้าย)	45 (95.7)	2 (4.3)

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละความเมื่อยล้าของร่างกาย จำแนกตามความรู้สึกเมื่อยล้าของร่างกายทั้งด้านซ้ายและด้านขวา ในช่วง 12 เดือนที่ผ่านมา (N = 47 คน)

ส่วนของร่างกาย	ความเมื่อยล้า	
	ไม่เมื่อยล้า จำนวน (ร้อยละ)	เมื่อยล้า จำนวน (ร้อยละ)
มือ/ข้อมือ (ขวา)	45 (95.7)	2 (4.3)
สะโพก/ต้นขา (ซ้าย)	44 (93.6)	3 (6.4)
สะโพก/ต้นขา (ขวา)	44 (93.6)	3 (6.4)
หัวเข่า (ซ้าย)	34 (72.3)	13 (27.7)
หัวเข่า (ขวา)	35 (74.5)	12 (25.5)
น่อง (ซ้าย)	42 (89.4)	5 (10.6)
น่อง (ขวา)	42 (89.4)	5 (10.6)
เท้า (ซ้าย)	47 (0.0)	0 (0.0)
เท้า (ขวา)	47 (0.0)	0 (0.0)

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

จากการเก็บข้อมูลความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้วยเครื่องของ Jackson Strength Evaluation System MODEL รุ่น 32728 สำหรับวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขน ขา ไหล่ และลำตัว และเครื่องวัดแรงบีบมือ Hand Dynamometer รุ่น 78010 และ 78011 ของบริษัท Lafayette Instrument Company พบว่าพนักงานยกและเคลื่อนย้ายมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อของแรงบีบมือข้างที่ถนัดส่วนใหญ่มีระดับสมรรถภาพของร่างกายระดับพอใช้ คิดเป็นร้อยละ 40.4 รองลงมาคือระดับต่ำ คิดเป็นร้อยละ 21.3 และระดับค่อนข้างต่ำ คิดเป็นร้อยละ 17.0 แรงบีบมือข้างที่ไม่ถนัดส่วนใหญ่มีระดับสมรรถภาพของร่างกายระดับพอใช้ คิดเป็นร้อยละ 34.0 รองลงมาคือระดับต่ำ 27.7 และระดับค่อนข้างต่ำ คิดเป็นร้อยละ 19.1 ตามลำดับ มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำ คิดเป็นร้อยละ 40.4 รองลงมาคือระดับพอใช้ คิดเป็นร้อยละ 21.3 และระดับดีมากและระดับค่อนข้างต่ำมีค่าเท่ากัน คิดเป็นร้อยละ 14.9 ตามลำดับ มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลำตัวส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำ คิดเป็นร้อยละ 38.3 รองลงมาคือระดับพอใช้ คิดเป็นร้อยละ 34.0 และระดับค่อนข้างต่ำ คิดเป็นร้อยละ 12.8 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ จำแนกตามระดับสมรรถภาพของร่างกาย (N = 47 คน)

ระดับสมรรถภาพของร่างกาย	ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ			
	แรงบีบมือ		ขา	ลำตัว
	ข้างที่ถนัด จำนวน (ร้อยละ)	ข้างที่ไม่ถนัด จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)
ดีมาก	4 (8.5)	7 (14.9)	7 (14.9)	3 (6.4)
ดี	6 (12.8)	4 (8.5)	4 (8.5)	4 (8.5)
พอใช้	19 (40.4)	10 (21.3)	10 (21.3)	16 (34.0)
ค่อนข้างต่ำ	8 (17.0)	7 (14.9)	7 (14.9)	6 (12.8)
ต่ำ	10 (21.3)	19 (40.4)	19 (40.4)	18 (38.3)

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการยกและเคลื่อนย้าย

ปัจจัยการทำงานที่มีความสัมพันธ์กับการยกและเคลื่อนย้าย คือ ความถี่ในการยก (p-value < 0.05) พื้นผิวบริเวณที่ยก (p<0.05) สิ่งกีดขวาง (p-value < 0.05) ความเป็นหลุมเป็นบ่อ (p-value < 0.05)

ตารางที่ 3 ปัจจัยด้านการทำงานของพนักงานยกและเคลื่อนย้ายกับความสามารถในการยกและเคลื่อนย้าย (N = 47 คน)

ปัจจัยด้านการทำงาน	ความสามารถในการยกและเคลื่อนย้าย		p-value
	≤ 40 ตันต่อวัน จำนวน (ร้อยละ)	≥ 41 ตันต่อวัน จำนวน (ร้อยละ)	
ความถี่ในการยกกระสอบข้าว			0.011[a*]
ความถี่ต่ำ	3 (8.3)	5 (45.5)	
ความถี่สูง	33 (91.7)	6 (54.5)	
ลักษณะพื้นผิวบริเวณที่ยกกระสอบข้าว			0.001[a*]
ขรุขระ	4 (11.1)	7 (63.6)	
ไม่ขรุขระ	32 (88.9)	4 (36.4)	
สิ่งกีดขวางในบริเวณที่ยกกระสอบข้าว			0.007[a*]
มีวัสดุกีดขวาง	15 (41.7)	0 (0.0)	
ไม่มีวัสดุกีดขวาง	21 (58.3)	11 (100.0)	
ความเป็นหลุมเป็นบ่อของบริเวณที่ยกกระสอบข้าว			0.034[a*]
ราบเรียบ	25 (69.4)	11 (100.0)	
ไม่ราบเรียบ	11 (30.6)	0 (0.0)	

* มีนัยสำคัญทางสถิติ (p< 0.05)

[a] Fisher's Exact Test

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความเมื่อยล้าของร่างกาย

ปัจจัยส่วนบุคคลที่มีความสัมพันธ์กับอาการเมื่อยล้า คือ ดัชนีมวลกายมีความสัมพันธ์กับความเมื่อยล้าหัวเข่าด้านซ้าย (p-value < 0.05) สัมพันธ์กับหัวเข่าด้านขวา (p-value < 0.05) และการออกกำลังกายสัมพันธ์กับความเมื่อยล้าหัวเข่าด้านซ้าย (p-value < 0.05)

ตารางที่ 4 ปัจจัยส่วนบุคคลของพนักงานยกและเคลื่อนย้ายกับความเมื่อยล้าของร่างกาย (N = 47 คน)

ปัจจัยส่วนบุคคล	ความเมื่อยล้าหัวเข่าด้านซ้าย		p-value	ความเมื่อยล้าหัวเข่าด้านขวา		p-value
	ไม่เมื่อยล้า จำนวน (ร้อยละ)	เมื่อยล้า จำนวน (ร้อยละ)		ไม่เมื่อยล้า จำนวน (ร้อยละ)	เมื่อยล้า จำนวน (ร้อยละ)	
ดัชนีมวลกาย (k/m^2)			0.015*			0.005*
<18.5 k/m^2	1 (2.9)	2 (15.4)		1 (2.9)	2 (16.7)	
18.5-22.9	23 (67.6)	3 (23.1)		24 (68.6)	2 (16.7)	
23.0-24.9	2 (5.9)	4 (30.8)		2 (5.7)	4 (33.3)	
25.0-29.9	8 (23.5)	4 (30.8)		8 (22.9)	4 (33.3)	
การออกกำลังกาย			0.042[a*]			0.141
ไม่ออกกำลังกาย	32 (94.1)	9 (69.2)		32 (91.4)	9 (75.0)	
ออกกำลังกาย	2 (5.9)	4 (30.8)		3 (8.6)	3 (25.0)	

* มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$)

[a] Fisher's Exact Test

สรุป

จากการศึกษาพบว่าพนักงานมีอายุเฉลี่ย 34 ปี ดัชนีมวลกายอยู่ในช่วง 18.5-22.9 k/m^2 (ตามเกณฑ์) ร้อยละ 55.3 ส่วนใหญ่มีแรงบีบมือข้างที่ถนัดอยู่ในระดับพอใช้ ร้อยละ 40.4 ข้างที่ไม่ถนัดอยู่ในระดับต่ำ ร้อยละ 40.4 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาอยู่ในระดับต่ำ ร้อยละ 40.4 และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลำตัวอยู่ในระดับต่ำ ร้อยละ 38.3 พบความเมื่อยล้าของร่างกายมากที่สุด 3 อันดับแรกคือ หลังส่วนล่างด้านซ้าย ร้อยละ 46.8 หลังส่วนล่างด้านขวา ร้อยละ 48.9 หัวเข่าด้านซ้าย ร้อยละ 27.7 หัวเข่าด้านขวา ร้อยละ 25.5 คอด้านซ้าย ร้อยละ 19.1 คอด้านขวา ร้อยละ 17.0 ตามลำดับ ปัจจัยการทำงานที่มีความสัมพันธ์กับการยกและเคลื่อนย้าย คือ ความถี่ในการยก (p-value < 0.05) พื้นผิวบริเวณที่ยก (p-value < 0.05) สิ่งกีดขวาง (p-value < 0.05) ความเป็นหลุมเป็นบ่อ (p-value < 0.05) และพบปัจจัยส่วนบุคคลที่มีความสัมพันธ์กับอาการเมื่อยล้า คือ ดัชนีมวลกายมีความสัมพันธ์กับความเมื่อยล้าหัวเข่าด้านซ้าย (p-value < 0.05) สัมพันธ์กับหัวเข่าด้านขวา (p-value < 0.05) เนื่องจากผู้ที่มีดัชนีมวลกาย (BMI) 25.0 - 29.9 kg/m^2 มีความเสี่ยงต่อการเกิดความเมื่อยล้าต่ำกว่าผู้ที่มีดัชนีมวลกายมากกว่าหรือเท่ากับ 30.0 kg/m^2 [6] และการออกกำลังกายสัมพันธ์กับความเมื่อยล้าหัวเข่าด้านซ้าย (p-value < 0.05) ดังนั้นสถานประกอบการควรมีการวางแผนคัดกรองการตรวจสุขภาพพนักงาน ถ้าพบผู้ที่มีอาการเกี่ยวกับอาการปวดหลัง ควรจะมีการดูแลอย่างใกล้ชิด หรือปรับเปลี่ยนงานให้เหมาะสม และควรมีการจัดอบรมให้ความรู้แก่พนักงานยกกระสอบข้าว เพื่อให้พนักงานมีความเข้าใจในเรื่องอันตรายจากการจากยกของมากขึ้น ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไปควรเก็บข้อมูลสมรรถภาพในการยกให้มากขึ้นเพื่อความแม่นยำของข้อมูลซึ่งจะทำให้สามารถทราบสาเหตุหรือปัจจัยที่ส่งผลต่อความเมื่อยล้าของร่างกายได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น ทำการทดสอบในพนักงานยกและเคลื่อนย้ายที่มีน้ำหนักของวัสดุเท่ากันเพื่อให้ทราบสมรรถภาพของการออกแรงที่ถูกต้องชัดเจน เก็บข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคลในด้านของรายได้ที่ได้รับจากการทำงานเพิ่มเติม และควรเก็บข้อมูลลักษณะท่าทางการทำงานของพนักงานเพื่อศึกษาปัจจัยเพิ่มเติมที่อาจมีผลต่อความสามารถในการออกแรงและความเมื่อยล้าของร่างกาย

เอกสารอ้างอิง

1. พรศิริ จงกล, พันธุ์ทิพย์ ถาวรสวัสดิ์. การศึกษาความสามารถในการประมาณค่าแรงยกเพื่อใช้ในการป้องกันอันตรายต่อร่างกาเนื่องจากการทำงาน กรณีกลุ่มตัวอย่างพนักงานอุตสาหกรรมในจังหวัดนครราชสีมา [วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต]. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี; 2548.
2. แสงโฉม ศิริพานิช, พรรณนภา เหมือนผึ้ง, สมาน สยุมภูรุจินันท์. สถานการณ์โรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2546-2552 ระบบเฝ้าระวังโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมแบบเชิงรับ. รายงานการเฝ้าระวังทางระบาดวิทยาประจำสัปดาห์ 2554;42:209-224.
3. กระทรวงสาธารณสุข. รายงานสถานการณ์โรคและภัยสุขภาพจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม ปี2560 [อินเทอร์เน็ต]. 2561 [เข้าถึงเมื่อ 2561 ตุลาคม 5]. เข้าถึงได้จาก http://envocc.ddc.moph.go.th/uploads/ situation/01_envocc_ situation_60.pdf.
4. Burgess-Limerick R, Abernethy B. Toward a Quantitative Definition of Manual Lifting Postures. Human Factors: Toward a Quantitative Definition of Manual Lifting Postures. The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society 1997; 39: 141-148.
5. Kermit G Davis, Riley E Splittstoesser, William S Marras. Kinematic contribution and synchronization of the trunk, hip, and knee during free-dynamic lifting. Occupational Ergonomics 2002; 3: 99-108.
6. เมธินี ครุสันธิ์, สุนิสา ชายเกลี้ยง. ความชุกความรู้สึกไม่สบายบริเวณ คอ ไหล่ และหลัง ของพนักงานสำนักของมหาวิทยาลัยที่ใช้คอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะมากกว่า 4 ชั่วโมงต่อวัน. วารสารวิจัยสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2557;15:1712-1722.

[HS-P22] การศึกษาความรู้และทัศนคติความปลอดภัยในการปฏิบัติงานของพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง

The Study of Work Safety Knowledge and Attitude among Gasoline Station Workers

ชลลดา พละราช

Chonlada Palarach*

หลักสูตรอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: chonlada.pa@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความรู้และทัศนคติในการปฏิบัติงานของพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ตำบลเชียงรากน้อย อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา แบบสอบถามใช้สำหรับเก็บข้อมูลของพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง จำนวน 75 คน ประกอบด้วยข้อมูลส่วนบุคคล ความรู้ และทัศนคติความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน วิเคราะห์ของมูลทางสถิติด้วยสถิติเชิงพรรณนา ผลการศึกษาวิจัยพบว่าพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 65.30 มีอายุเฉลี่ย 29.76 ปี พนักงานส่วนใหญ่มีความรู้ความปลอดภัยในการปฏิบัติงานระดับมาก ร้อยละ 69.30 มีพนักงานบางคนไม่ทราบว่าน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าสู่ร่างกายได้ทางใดบ้าง และไม่ทราบความเป็นอันตรายต่อสุขภาพ ในส่วนของทัศนคติพบว่าส่วนใหญ่มีทัศนคติความปลอดภัยในการทำงานอยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 61.33 และมีพนักงานบางคนไม่เห็นความจำเป็นในการล้างมือก่อนรับประทานอาหาร และการสวมผ้าปิดจมูกในการปฏิบัติงาน จากผลการศึกษานี้ผู้ประกอบการควรมีการจัดอบรมให้ความรู้เรื่องความปลอดภัยในการทำงาน และการสร้างทัศนคติปลอดภัยในการทำงานแก่พนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงทุกคน

คำสำคัญ: *ความรู้, ทัศนคติ, พนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง*

Abstract

This cross-sectional study was aimed to study work safety of knowledge and attitude among gasoline station workers in Chiang Rak Noi sub-district, Bang pa-in district, Phra Nakhon Si Ayutthaya. The questionnaires were used to obtain data of 75 gasoline station workers including work safety of knowledge and attitude. Descriptive statistics was used to describe the basic features of the data in the study. The results showed that the major of gasoline station workers were men (65.30%) and the average age of workers was 29.76 years old. Most (65.30%) of gasoline station workers had good levels of work safety knowledge, and minor of workers did not know how the route of exposure to gasoline and toxicity of gasoline. For safety attitude, major (61.33%) of gasoline station workers had moderate levels, and minor of workers did not realize the importance of washing hands before eating and wearing a mask during work. Therefore: factory owner should provide training of safety knowledge and build safety attitude for all gasoline station workers.

Keyword: *knowledge, attitude, gasoline station workers*

บทนำ

น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นของเหลวที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบแล้วนำไปปรับปรุงคุณภาพให้เหมาะสมต่อการใช้งานเพื่อใช้เผาไหม้ให้เป็นพลังงานในการขับเคลื่อนของเครื่องยนต์ โดยทั่วไปน้ำมันเชื้อเพลิงที่จำหน่ายในสถานีบริการจะมีอยู่ 2 ประเภท ได้แก่ น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้กับเครื่องยนต์เบนซิน และน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล สถานการณ์การใช้น้ำมันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นพิจารณาจากรายงานสถิตพลังงานของประเทศไทย 2561 ของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน พบว่าปี พ.ศ.2560 มีปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลเฉลี่ยุ 63.80 ล้านลิตรต่อวัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 2.70 จากปีที่ผ่านมา และมีปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินและแก๊สโซฮอลเฉลี่ย 30.10 ล้านลิตรต่อวัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 3.40 จากปีที่ผ่านมา ปัจจัยหลักมาจากราคาน้ำมันที่อยู่ในระดับต่ำจูงใจให้มีการใช้มากขึ้นประกอบกับผู้ใช้รถยนต์ LPG และ NGV หันกลับมาใช้น้ำมันมากขึ้นเนื่องจากราคาถูกและมีความสะดวกด้านสถานีบริการที่ทั่วถึง[1]

พนักงานสถานีบริการน้ำมันมีโอกาสได้รับสัมผัสสารเบนซินเข้าสู่ร่างกายโดยจากผลการศึกษาของ ศศิธร สุกรีฑา และคณะ พบว่าพนักงานมีความเสี่ยงในการได้รับสัมผัสสารเบนซินจากสภาวะแวดล้อมในการทำงาน จากการตรวจพบสาร (S-phenylmercapturic acid, S-PMA) ซึ่งเป็นตัวชี้บ่งทางชีวภาพ (biomarker) ถึงการได้รับสัมผัสสารเบนซินจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ โดยตรวจพบค่าเฉลี่ยปริมาณสาร S-PMA ในปัสสาวะกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 1.06±3.46 ไมโครกรัมต่อกรัมครีเอตินีน พบอยู่ในช่วง 0.00 - 29.24 ไมโครกรัมต่อกรัมครีเอตินีน ค่าความปลอดภัยที่ ACGIH กำหนด 25 ไมโครกรัมต่อกรัมครีเอตินีน และตรวจไม่พบสาร S-PMA ในปัสสาวะกลุ่มควบคุม[2] พนักงานบริการน้ำมันเชื้อเพลิงมีโอกาสรับสัมผัสน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าสู่ร่างกายในขณะปฏิบัติงานได้โดยการหายใจ การสัมผัสทางผิวหนัง และการกินโดยการปนเปื้อนมากับอาหาร จากการศึกษาของ ฉัตรสุดา พิมพาแสง และคณะ พบว่าพนักงานทุกคนมีการสัมผัสไอระเหยน้ำมันที่มีสารเบนซีนผ่านทางเดินหายใจและรองลงมาเป็นทางผิวหนังและทางการกินที่ปนเปื้อนมากับอาหารเท่ากัน คือร้อยละ 97.06 พนักงานตำแหน่งเติมน้ำมันมีโอกาสสัมผัสด้วยความถี่สูงสุดผ่านเส้นทางการกินและการสูดดม ความเข้มข้นของเบนซีนในบรรยากาศการทำงานคือ 0.019-0.050 ppm คิดเป็นร้อยละ 50.0 ของค่ามาตรฐานของ NIOSH (0.1 ppm)[3]

การหายใจรับเบนซินที่ความเข้มข้นสูงจะเป็นอันตรายถึงชีวิตได้ และยังทำให้เซื่องซึม วิงเวียน หัวใจเต้นเร็ว ปวดศีรษะ ใจสั่น สับสน และหมดสติ จากการศึกษาของ ธนสร ตันศฤงฆาร และคณะ ในพนักงานกลุ่มเสี่ยงที่รับสัมผัสสารอินทรีย์ระเหยง่ายในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง พบว่าพนักงานมีอาการปวดศรีษะ ร้อยละ 36.40 เวียนศีรษะ ร้อยละ 36.40 และอ่อนเพลีย ร้อยละ 20.50[4] และการศึกษาของ สุนิสา ชายเกลี้ยง และคณะ พบว่าพนักงานสถานีบริการน้ำมันมีอาการไม่พึงประสงค์ในรอบ 6 เดือนที่ผ่านมาอยู่ในกลุ่มระดับปานกลางถึงรุนแรงร้อยละ 77.5 และพนักงานมีอาการระดับเล็กน้อยร้อยละ 22.5 อาการที่พบสูงสุด 3 ลำดับแรกคือ อ่อนเพลีย ปวดศีรษะ มึนงง[5] การรับสัมผัสน้ำมันเชื้อเพลิงในระยะเวลานานจะส่งผลกระทบต่อสุขมาก เนื่องเบนซีนทำให้เกิดการทำลายไขกระดูกเป็นผลทำให้เกิดโลหิตจางแบบ aplastic anemia มีจำนวนเม็ดเลือดขาวและเกล็ดเลือดต่ำลง สารเมตาโบไลท์ของเบนซีนในร่างกายจะมีพิษต่อสารพันธุกรรมและเหนี่ยวนำไปสู่การเป็นมะเร็งได้[6]

จากข้อมูลข้างต้นพนักงานบริการน้ำมันเชื้อเพลิงจะทำงานด้วยความปลอดภัยจำเป็นต้องทราบถึงอันตรายของน้ำมันเชื้อเพลิงในพื้นที่ปฏิบัติงาน รวมถึงวิธีการป้องกันตนเองที่ถูกต้อง ดังนั้นการศึกษานี้จึงเป็นการศึกษาเพื่อทราบความรู้ และทัศนคติในการทำงานของพนักงานสถานบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งจะใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อในการวางแผนการดูแล ปกป้องและคุมครองสุขภาพของพนักงานต่อไป

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงพรรณนาภาคตัดขวาง (Cross-section descriptive study) เพื่อศึกษาความรู้และทัศนคติในการปฏิบัติงานอย่างปลอดภัยของพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงตำบลเชียงรากน้อย อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวนทั้งหมด 75 คน โดยการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะดำเนินการศึกษาประชากรทั้งหมด

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาคือแบบสอบถาม แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 สำหรับเก็บข้อมูลส่วนบุคคล จำนวน 5 ข้อ (เพศ อายุ ระดับการศึกษา สถานภาพ และรายได้ ส่วนที่ 2 ข้อมูลด้านความรู้เรื่องความปลอดภัยในการปฏิบัติงานต่อการรับสัมผัสน้ำมันเชื้อเพลิง จำนวน 11 ข้อ ข้อคำถามเป็นแบบปรนัย โดยให้เลือกตอบถูก–ผิดเกณฑ์การให้คะแนน ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน การแบ่งความรู้เป็น 3 ระดับ[7] ดังนี้ น้อยกว่าร้อยละ 60 หมายถึงมีความรู้อยู่ในระดับน้อย ร้อยละ 60-79หมายถึงมีความรู้อยู่ในระดับปานกลาง มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 80 ความรู้อยู่ในระดับมาก และส่วนที่ 3 ทัศนคติในการปฏิบัติงานอย่างปลอดภัย ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า จำนวน 5 ข้อ กำหนดให้แบ่งช่วงระดับทัศนคติในการปฏิบัติงานเป็น 3 ระดับ ดังนี้ 5-11 คะแนน หมายถึงมีระดับทัศนคติในการปฏิบัติงานอยู่ในระดับน้อย 12-18 คะแนน หมายถึงมีระดับทัศนคติในการปฏิบัติงานระดับปานกลาง 19-25 คะแนน หมายถึงมีระดับทัศนคติในการปฏิบัติงานอยู่ในระดับดีมาก

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการศึกษาข้อมูลส่วนบุคคลของพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อพลิง ตำบลเชียงรากน้อย อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 75 คน พบว่าส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 65.30 และเพศหญิง ร้อยละ 34.70 อายุเฉลี่ย 29.76 ปี พนักงานส่วนใหญ่มีระดับการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้น ร้อยละ 52.00 สถานะภาพโสด ร้อยละ 64.00 และพนักงานส่วนใหญ่มีรายได้อยู่ในช่วง 7,000-11,000 บาท ร้อยละ 60.00

ผลการศึกษาข้อมูลด้านความรู้เรื่องความปลอดภัยในการปฏิบัติงานต่อการรับสัมผัสน้ำมันเชื้อเพลิง จำนวน 11 ข้อ พบว่าข้อคำถามที่พนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงตอบถูกมากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ น้ำมันเชื้อเพลิงสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ทางการหายใจ ร้อยละ 96.00 น้ำมันเชื้อเพลิงสามารถระเหยสู่บรรยากาศได้ ร้อยละ 93.33 และเมื่อสูดดมน้ำมันเชื้อเพลิงระยะยาวก่อให้เกิดมะเร็ง ร้อยละ 92.00 และข้อคำถามที่ตอบผิดมากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ การสัมผัสน้ำมันเชื้อเพลิงที่เข้มข้นสูงส่งผลกระทบต่อระบบประสาท ร้อยละ 72.00 การล้างมือก่อนรับประทานอาหารไม่สามารถลดการปนเปื้อนของน้ำมันเชื้อเพลิง ร้อยละ 42.66 และเมื่อผิวหนังสัมผัสน้ำมันเชื้อเพลิงจะระคายเคืองหรือเกิดผื่นแดง ร้อยละ 29.33 ข้อมูลแสดงในตารางที่ 1 และเมื่อแบ่งคะแนนความรู้เป็น 3 ระดับ ได้แก่ ความรู้อยู่ในระดับน้อย ปานกลาง และมาก พบว่าพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงส่วนใหญ่มีความรู้ระดับมาก ร้อยละ 69.30 ข้อมูลแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงที่ตอบคำถามถูกหรือผิด (N = 75)

รายการ	ตอบผิด จำนวน (%)	ตอบถูก จำนวน (%)	รวม จำนวน (%)
1. เมื่อสูดดมน้ำมันเชื้อเพลิงระยะยาวก่อให้เกิดมะเร็ง	6 (8.00)	69 (92.00)	75 (100.00)
2. น้ำมันเชื้อเพลิงสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ทางการหายใจ	3 (4.00)	72 (96.00)	75 (100.00)
3. กลิ่นของน้ำมันเชื้อเพลิงไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ	15 (20.00)	60 (80.00)	75 (100.00)
4. น้ำมันเชื้อเพลิงไม่สามารถซึมผ่านผิวหนังได้	20 (26.67)	55 (73.33)	75 (100.00)
5. การล้างมือก่อนรับประทานอาหารไม่สามารถลดการปนเปื้อนของน้ำมันเชื้อเพลิง	32 (42.66)	43 (57.33)	75 (100.00)
6. การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลสามารถป้องกันอันตรายจากน้ำมันเชื้อเพลิงได้	14 (18.67)	61 (81.33)	75 (100.00)
7. การสูดดมน้ำมันเชื้อเพลิงนาน ๆ ทำให้ระคายเคืองระบบทางเดินหายใจ	15 (20.00)	60 (80.00)	75 (100.00)
8. การสัมผัสน้ำมันเชื้อเพลิงที่ความเข้มข้นสูงส่งผลกระทบต่อระบบประสาท	54 (72.00)	21 (28.00)	75 (100.00)
9. เมื่อผิวหนังสัมผัสน้ำมันเชื้อเพลิงจะระคายเคืองหรือเกิดผื่นแดง	22 (29.33)	53 (70.67)	75 (100.00)
10. เมื่อสูดดมน้ำมันเชื้อเพลิงในปริมาณมากจะทำให้หมดสติได้	14 (18.67)	61 (81.33)	75 (100.00)
11. น้ำมันเชื้อเพลิงสามารถระเหยสู่บรรยากาศได้	5 (6.67)	70 (93.33)	75 (100.00)

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละของระดับความรู้ของพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง (N = 75)

ระดับความรู้	จำนวน	ร้อยละ
น้อย	0	0.00
ปานกลาง	23	30.70
มาก	52	69.30
รวม	75	100.00

ผลการศึกษาทัศนคติด้านความปลอดภัยในการทำงานในการรับสัมผัสน้ำมันเชื้อเพลิง จำนวน 5 ข้อ ของพนักงานบริการน้ำมันเชื้อเพลิง จำนวน 75 คน พบว่าข้อคำถามที่พนักงานตอบเห็นด้วยมากที่สุดที่มีผู้ตอบมากเป็นอันดับแรกคือ ท่านคิดว่าระยะเวลาในการปฏิบัติงานนานมีความเสี่ยงการรับสัมผัสน้ำมันเชื้อเพลิงมากขึ้น ร้อยละ 28 และข้อคำถามที่พนักงานตอบเห็นด้วยน้อยที่สุดที่มีผู้ตอบมากเป็นอันดับแรกคือ หลังการปฏิบัติงานท่านไม่จำเป็นต้องล้างมือก่อนรับประทานอาหาร/เครื่องดื่ม ร้อยละ 26.67 ข้อมูลแสดงในตารางที่ 3 และเมื่อแบ่งทัศนคติเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ทัศคติระดับดี ปานกลาง และน้อย พบว่าพนักงานส่วนใหญ่มีทัศนคติอยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 61.33 ข้อมูลแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 3 จำนวนและร้อยละของพนักงานบริการน้ำมันเชื้อเพลิงที่ตอบคำถามด้านทัศนคติ (N = 75)

รายการ	ระดับทัศนคติ					รวม
	มากที่สุด จำนวน (%)	มาก จำนวน (%)	ปานกลาง จำนวน (%)	น้อย จำนวน (%)	น้อยที่สุด จำนวน (%)	จำนวน (%)
1. หลังการปฏิบัติงานท่านไม่จำเป็นต้องล้างมือก่อนรับประทานอาหาร/เครื่องดื่ม	15 (20.00)	6 (8.00)	33 (44.00)	1 (1.33)	20 (26.67)	75 (100)
2. ท่านคิดว่าการรับสัมผัสน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นอันตรายต่อสุขภาพ	19 (25.34)	33 (44.00)	16 (21.33)	4 (5.33)	3 (4.00)	75 (100)
3. การสวมใส่ผ้าปิดจมูกทุกครั้งเป็นการป้องกันอันตรายต่อการรับสัมผัสน้ำมันเชื้อเพลิง	17 (22.67)	30 (40.00)	18 (24.00)	4 (5.33)	6 (8.00)	75 (100)
4. ท่านคิดว่าการบริหารจัดการด้านความปลอดภัยในปั๊มน้ำมันมีส่วนช่วยให้ได้รับอันตรายจากน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยลง	8 (10.66)	39 (52.00)	14 (18.67)	9 (12.00)	5 (6.67)	75 (100)
5. ท่านคิดว่าระยะเวลาในการปฏิบัติงานนานมีความเสี่ยงการรับสัมผัสน้ำมันเชื้อเพลิงมากขึ้น	21 (28.00)	28 (37.33)	20 (26.67)	5 (6.67)	1 (1.33)	75 (100)

ตารางที่ 4 จำนวนและร้อยละของทัศนคติความปลอดภัยในการทำงานของพนักงานบริการน้ำมันเชื้อเพลิง (N = 75)

ระดับทัศนคติ	จำนวน	ร้อยละ
น้อย	11	14.67
ปานกลาง	46	61.33
มาก	18	24.00
รวม	**75**	**100.00**

อภิปรายผล

ผลการศึกษาความรู้เรื่องความปลอดภัยในการปฏิบัติงานของพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ภาพรวมพนักงานส่วนใหญ่มีระดับความรู้อยู่ในระดับดี ร้อยละ 69.30 และมีพนักงานที่มีทัศนคติความปลอดภัยในระดับน้อยเพียงร้อยละ 14.67 ผลการศึกษานี้ใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ Okafoagu Nneka C และคณะ ที่พบว่ามีพนักงานที่มีทัศนคติที่ไม่ดีร้อยละ 15.10[8] แต่เมื่อพิจารณารายข้อคำถามย่อยพบว่ามีหลายข้อที่พนักงานบางส่วนตอบคำถามผิด ซึ่งพนักงานบางคนไม่ทราบว่าการรับสัมผัสน้ำมันเชื้อเพลิงในระยะยาวจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพ เช่น ระบบประสาท เบนซินเป็นสารก่อมะเร็ง และการรับสัมผัสในความเข้มข้นสูงทำให้หมดสติได้ นอกจากนี้พนักงานบางคนยังไม่ทราบว่าน้ำมันเชื้อเพลิงสามารถเข้าสู่ร่างกายได้หลายช่องทาง เช่น การหายใจรับไอระเหย การซึมผ่านผิวหนัง ผลการศึกษาครั้งนี้เป็นที่น่าสนใจอยู่อีกประเด็นนั่นคือมีพนักงานจำนวนไม่น้อย (ร้อยละ 42.66) ที่ไม่ทราบว่าการล้างมือก่อนรับประทานอาหารสามารถลดการปนเปื้อนของน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าสู่ร่างกายได้ ดังนั้นเพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อพนักงานสถานีบริการ

น้ำมันทุกคนผู้ประกอบกิจการจึงควรจัดอบรมให้ความรู้ให้ครอบคลุมตั้งแต่อันตรายต่อสุขภาพของน้ำมันเชื้อเพลิง วิธีการรับสัมผัสเข้าสู่ร่างกาย และการป้องกันตนเองจากการรับสัมผัสน้ำมันเชื้อเพลิง

ในส่วนของทัศนคติในการปฏิบัติงานอย่างปลอดภัย พบว่าส่วนใหญ่พนักงานมีทัศนคติในการปฏิบัติงานระดับปานกลาง ร้อยละ 61.33 และ ระดับน้อย ร้อยละ 14.67 Gibson ได้อธิบายไว้ว่าทัศนคติจะมีส่วนทำให้บุคคลแสดงพฤติกรรมออกมา[9] ดังนั้นเมื่อพนักงานมีทัศนคติในเรื่องความปลอดภัยที่ดีย่อมแสดงออกถึงพฤติกรรมการที่ปลอดภัยด้วย การศึกษานี้พบว่าการตอบคำถามด้านทัศนคติบางข้ออาจทำให้มีพฤติกรรมเสี่ยงต่อการได้รับสัมผัสน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าสู่ร่างกาย เช่น มีพนักงานเชื่อว่าหลังการปฏิบัติงานไม่จำเป็นต้องล้างมือก่อนรับประทานอาหาร/เครื่องดื่ม ตอบเห็นด้วยมากที่สุด ร้อยละ 20.00 เห็นด้วยมาก ร้อยละ 8.00 และเห็นด้วยปานกลาง ร้อยละ 44.00 การสวมใส่ผ้าปิดจมูกทุกครั้งเป็นการป้องกันอันตรายต่อการรับสัมผัสน้ำมันเชื้อเพลิงโดยมีพนักงานตอบเห็นด้วยปานกลาง ร้อยละ 24.00 เห็นด้วยน้อย ร้อยละ 5.33 และเห็นด้วยน้อยที่สุด ร้อยละ 8.00 การที่พนักงานมีทัศนคติหรือมีความเชื่อเช่นนี้ย่อมทำให้พนักงานมีพฤติกรรมการทำงานที่เสี่ยงมากขึ้นเมื่อรับสัมผัสน้ำมันเชื้อเพลิงในระยะเวลานานจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพตามมา ซึ่งจากการศึกษาวิจัยของ รัชนี นันทนุช และคณะ เรื่องความเสี่ยงด้านสุขภาพต่อการได้รับอันตรายจากการสัมผัสน้ำมันเชื้อเพลิงของพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในเขตเทศบาลนครขอนแก่น : การศึกษานำร่อง พบว่าพนักงานไม่มีการสวมอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล ร้อยละ 80.65 และพบพนักงานอาการเจ็บป่วยหรืออาการผิดปกติในขณะปฏิบัติงานหรือหลังจากปฏิบัติงานเสร็จสิ้นในรอบ 1 ปีที่ผ่านมามีอาการตั้งแต่เล็กน้อยไปจนถึงอาการรุนแรง ดังนี้ อาการเวียนศีรษะ ร้อยละ 67.74 อาการอ่อนเพลียและอาการปวดศีรษะ ร้อยละ 54.84 อาการมึนงง ร้อยละ 41.94 อาการซึม/สับสน ร้อยละ 25.18 มีประวัติภาวะชีด ร้อยละ 16.13 และลมชัก ร้อยละ 3.23[10] จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่ามีพนักงานจำนวนมากที่ละเลยการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล ถึงแม้ว่าการศึกษาครั้งนี้จะไม่ได้ศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานแต่จากการตอบคำถามด้านความรู้และทัศนคติสามารถที่จะบ่งชี้ได้เบื้องต้นว่าพนักงานอาจจะมีพฤติกรรมการปฏิบัติงานที่ไม่ปลอดภัยและนำมาซึ่งอันตรายต่อสุขภาพ ดังนั้นผู้ประกอบการจึงจัดกิจกรรมเพื่อสร้างทัศนคติที่ดีในการปฏิบัติงานให้ปลอดภัยแก่พนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง

สรุป

พนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในพื้นที่ตำบลเชียงรากน้อย อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ส่วนใหญ่มีระดับความรู้ในระดับดี ร้อยละ 69.30 ระดับปานกลาง ร้อยละ 30.70 และส่วนใหญ่มีทัศนคติระดับปานกลาง ร้อยละ 61.33 ระดับมาก ร้อยละ 24.00 และระดับน้อย ร้อยละ 14.67 ผลการศึกษาบ่งชี้เบื้องต้นได้ว่าพนักงานมีความเสี่ยงต่อการปฏิบัติงานในสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง เนื่องจากการพิจารณาการตอบคำถามรายข้อย่อยพบว่าพนักงานบางส่วนมีความรู้เกี่ยวกับอันตรายและการป้องกันตนเองจากการสัมผัสน้ำมันเชื้อเพลิงยังไม่ถูกต้อง และการตอบคำถามด้านทัศคติที่อาจทำให้พนักงานมีแนวโน้มที่จะแสดงพฤติกรรมการปฏิบัติงานที่ไม่ปลอดภัย ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพตามมา ดังนั้นสถานประกอบการจึงควรมีการจัดอบรมให้ความรู้ให้พนักงานทราบถึงอันตรายและการป้องกันตนเองจากการรับสัมผัสน้ำมันเชื้อเพลิง นอกจากนี้ควรมีการสร้างทัศนคติด้านความปลอดภัยในการทำงานเพื่อจะทำให้พนักงานมีพฤติกรรมการปฏิบัติงานที่ปลอดภัยยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. รายงานสถิตพลังงานของประเทศไทย 2561 [อินเตอร์เน็ต]. 2561. [เข้าถึงเมื่อ 1 มีนาคม 2562 เข้าถึงได้จาก https://drive.google.com/file/d/1WcNsEWr93CmhqQpMJMVbdHRNaQVwr_d4/view

2. ศศิธร สุกรีฑา วรศักดิ์ อินทร์ชัย และพัฒนศักดิ์ เพิ่มพูน. (2551). การเฝ้าระวังโรคจากการประกอบอาชีพที่สัมผัสสารเบนซิน: กรณีศึกษาสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา. วารสารพิษวิทยาไทย. 23(1), 48-57
3. ฉัตรสุดา พิมพาแสง และสุนิสา ชายเกลี้ยง. (2557). การรับสัมผัสสารเบนซีนในพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง:กรณีศึกษาเทศบาลนครขอนแก่น เมืองขอนแก่น. KKU Res. J. 19(2), 354-361.
4. ธนสร ตันศฤงฆาร อนุสรณ์ รังสิโยธิน บุญเทียม เทพพิทักศักดิ์ และณัฐวัฒน์ สุขทั่วญาติ. (2548). การเฝ้าคุมทางชีวภาพของพนักงานกลุ่มเสี่ยงที่รับสัมผัสสารอินทรีย์ระเหยง่ายในสถานบริการน้ำมันเชื้อเพลิง. กรมอนามัย ส่งเสริมให้คนไทย สุขภาพดี. 38-94.
5. สุนิสา ชายเกลี้ยง และรัชนี นันทนุช. (2558). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับอาการไม่พึงประสงค์จากสารเบนซีนของพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง. ศรีนครินทร์เวชสาร. 30(5), 458-466.
6. ธนสร ตันศฤงฆาร สุพรรณ สุขอรุณ อนุสรณ์ รังสิโยธิน บุญเทียม เทพพิทักษ์ศักดิ์ และกัลยา ซาพวง. ภาวะสุขภาพพนักงานสถานบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในเขตปทุมวันประจำปี 2552 [อินเตอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 1 มีนาคม 2562 เข้าถึงได้จาก http://www.surveillance.cphs.chula.ac.th
7. Bloom, B.S. (1975). Taxonomy of Education. David McKay Company Inc., New York. 117p.
8. Okafoagu Nneka C, MBBS; MPH; FWACP, Oche Mansur, et al. (2017). Knowledge of occupational hazards and safety practices among petrol station attendants in Sokoto metropolis, Sokoto State, Nigeria. JOHE, Summer. 6(3), 122-127
9. Gibson, James L., John M. Ivancevich, and James H. Donnelly. (2000). Organization: Behavior, Structure, Processes. 10th ed. Boston: McGraw-Hill
10. รัชนี นันทนุช และสุนิสา ชายเกลี้ยง. (2556). ความเสี่ยงด้านสุขภาพต่อการได้รับอันตรายจากการสัมผัสน้ำมันเชื้อเพลิงของพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในเขตเทศบาลนครขอนแก่น : การศึกษานำร่อง. ศรีนครินทร์เวชสาร. 28(4), 506-515.

[HS-P23] ความชุกและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินของพนักงานฝ่ายผลิต บริษัทผลิตชิ้นส่วนยานยนต์แห่งหนึ่ง จังหวัดสมุทรสาคร

Prevalence and Factors Related to Hearing Loss among Operational Employees in Automobile Parts Manufacturing Company, Samut Sakhon Province

สุภัสสรา ดีขุนทด, ศราวุฒิ ทานิล, ศรีสุดา เดชจันทร์, ทิพาวรรณ คำแหง, และพชรกมล กลั่นบุศย์*
Suphutsara Deekuntod, Sarawut Thanin, Srisuda Dechjan, Thipawan Khamhaeng and Patcharakamon Klunbut
หลักสูตรอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: Patcharakamon@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความชุกและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินของพนักงานฝ่ายผลิต บริษัทผลิตชิ้นส่วนยานยนต์แห่งหนึ่ง จังหวัดสมุทรสาคร โดยใช้วิธีการศึกษาเชิงพรรณนา (cross-sectional descriptive studies) กลุ่มตัวอย่างคือ พนักงานฝ่ายผลิตที่ปฏิบัติงานในบริษัทผลิตชิ้นส่วนยานยนต์แห่งหนึ่ง จังหวัดสมุทรสาคร จำนวน 50 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสอบถามและเครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยิน (audiogram meter) ผลการศึกษาพบว่า ส่วนใหญ่กลุ่มตัวอย่างสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินที่ความถี่ 500 เฮิร์ต ความถี่ 1,000 เฮิร์ต ความถี่ 2,000 เฮิร์ต ความถี่ 3,000 เฮิร์ต ความถี่ 4,000 เฮิร์ต และความถี่ 6,000 เฮิร์ตเท่ากับร้อยละ 98.00 ร้อยละ 98.00 ร้อยละ 26.00 ร้อยละ 26.00 ร้อยละ 24.00 และร้อยละ 22.00 ตามลำดับ และ พบว่าปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินที่ความถี่ต่ำ (500-2000 เฮิร์ต) และความถี่สูง (3000-6000 เฮิร์ต) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ได้แก่ อายุการทำงานและการทำงานล่วงเวลา ผลจากการศึกษาสามารถนำไปเป็นข้อมูลในการกำหนดแนวทางในการตรวจคัดกรอง และ การเฝ้าระวังสุขภาพให้กับพนักงานฝ่ายผลิตรวมถึงพิจารณาถึงการกำหนดช่วงเวลาในการทำงานล่วงเวลา และ สนับสนุนให้มีการส่วมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลป้องกันการรับสัมผัสกับเสียงดังเพื่อลดความเสี่ยงในการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยิน

***คำสำคัญ**: พนักงานฝ่ายผลิต, บริษัทผลิตชิ้นส่วนยานยนต์แห่งหนึ่ง, การสูญเสียสมรรถภาพการได้ยิน, สมุทรสาคร*

Abstract

This cross-sectional descriptive study aims to study prevalence and factors related to hearing loss among operational employees in automobile parts manufacturing company, Samut sakhon Province. Self-questionnaires and Audiogram Meter were carried out on a sample of 50 operational employees. The result revealed that the percentage of hearing loss among operational employees at 500 Hz, 1,000 Hz, 2,000 Hz, 3,000 Hz, 4,000 Hz, and 6,000 Hz were 98.00 %, 98.00 %, 26.00 %, 26.00%, 24.00% and 22.00%, respectively. The result also reflected that work experience and overtime (OT) were significantly associated with hearing loss ($p<0.05$). In addition, the results of this study could be used to guide screen for hearing loss among operational employees who have to exposed to noise and also support the proper personal protective equipment such as ear plugs and ear muffs for operational employees.

***Keywords:** operational employees, automobile parts manufacturing company, hearing loss, Samut Sakhon*

บทนำ

ในปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมมักมีการนำเครื่องจักรและเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้ในกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มกำลัง การผลิตและผลผลิตที่มีคุณภาพสูงยิ่งขึ้น อีกทั้งยังส่งผลให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถปฏิบัติงานได้สะดวกสบายและลดความเสี่ยงจากการเกิดอุบัติเหตุจากการทำงานได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นแต่อย่างไรก็ตามจากผลของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวอาจทำให้ผู้ปฏิบัติงานมีความเสี่ยงที่จะรับสัมผัสกับสิ่งคุกคามที่มีผลต่อสุขภาพอนามัยเพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นกันซึ่งสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคจากการประกอบอาชีพได้ทั้งสิ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์จะมีกระบวนการผลิตที่ก่อให้เกิดเสียงดังจากกระบวนการผลิต อาจส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพการได้ยินของผู้ปฏิบัติงานจนถึงขั้นสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินได้ [(1)] การสูญเสียสมรรถภาพการได้ยิน (occupational hearing loss) เป็นการเสื่อมของประสาทหู เนื่องจากการรับสัมผัสกับเสียงดัง ซึ่งอาจเป็นข้างเดียวหรือสองข้างเป็นโรคที่ไม่ก่อให้เกิดอาการทันทีทันใดแต่เมื่อได้รับสัมผัสเสียงที่ดังสะสมประสาทหูจะเริ่มเสื่อมในความถี่สูงทำให้ผู้ปฏิบัติงานได้ยินเสียงพูดคุยปกติแต่ในระยะยาวประสาทหูจะเริ่มเสื่อมในความถี่ที่ต่ำลงมาจนสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินในทุกระดับ หากยังมีการสัมผัสเสียงดังอย่างต่อเนื่อง[(2)] ทั้งนี้โดยปกติความถี่ปกติที่มนุษย์สามารถได้ยินได้ คือ 20 ถึง 20,000 เฮิร์ต โดยระดับการได้ยินของคนปกติจะเริ่มได้ยินตั้งแต่ 0 ถึง 25 เดซิเบลซึ่งหากคนเริ่มได้ยินตั้งแต่ 25 เดซิเบลขึ้นไปจะถือได้ว่าสูญเสียสมรรถภาพการได้ยิน[(3)] ซึ่งจากสถิติของสำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมระบุว่าแนวโน้มของผู้ประกอบอาชีพที่มีการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินเพิ่มมากขึ้นในทุกกลุ่มอุตสาหกรรมการผลิตโดยในปี พ.ศ. 2558 พบว่ามีจำนวนผู้ป่วย 48,435 ราย ในขณะที่ในปี พ.ศ. 2559 มีจำนวนเพิ่มขึ้นเป็น 60,946 ราย [(4)] ทั้งนี้จากการสำรวจอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์แห่งหนึ่ง จังหวัดสมุทรสาคร มีการใช้เครื่องจักรในกระบวนการผลิตที่ก่อให้เกิดเสียงดังในลักษณะที่แตกต่างกัน อาทิเช่น เครื่องเจียร เครื่องปั๊ม เครื่องเชื่อม เป็นต้น อุตสาหกรรม นี้ต้อง อาศัยผู้ปฏิบัติงานในทุกๆ กระบวนการผลิตส่งผลทำให้ผู้ปฏิบัติงานได้รับสัมผัสเสียงโดยตรงจนก่อให้เกิดผลกระทบด้านการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินไม่ว่าจะเป็นการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินแบบชั่วคราวและการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินแบบถาวร ส่งผลให้เกิดปัญหาในการสื่อสารกับเพื่อนร่วมงานและครอบครัว ทำให้คุณภาพชีวิตลดลง เกิดอุบัติเหตุและการบาดเจ็บจากการปฏิบัติงานจนส่งผลกระทบต่อสถานประกอบการ ต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาล เพื่อทดแทนพนักงานที่ขาดงาน หรือลาออก จากงานรวมถึงการจ่ายค่าชดเชยให้แก่พนักงานที่สูญเสียสมรรถภาพการได้ยิน

จากปัญหาและผลกระทบดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยได้เห็นถึงความสำคัญของปัญหาการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินของพนักงานโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์แห่งหนึ่งจังหวัดสมุทรสาครจึงได้ทำการศึกษาความชุกของการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินของพนักงานซึ่งจะนำไปสู่การเฝ้าระวังและจัดระบบการดูแลสุขภาพของพนักงานเพื่อลดโอกาสเสี่ยงต่อการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงพรรณนาภาคตัดขวาง (Cross-sectional Descriptive studies) เพื่อศึกษา ความชุกและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินของพนักงานบริษัทผลิตชิ้นส่วนยานยนต์แห่งหนึ่ง จังหวัดสมุทรสาครเพื่อใช้เป็นแนวทางในการตรวจคัดกรองและการเฝ้าระวังสุขภาพในพนักงานฝ่ายผลิต ซึ่งกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ พนักงานฝ่ายผลิตของบริษัทผลิตชิ้นส่วนยานยนต์แห่งหนึ่ง จังหวัดสมุครสาคร จำนวน 50 คน ซึ่งประกอบด้วยแผนก cutting center จำนวน 12 คน แผนกติดตั้ง จำนวน 20 คน และแผนกประกอบดัมพ์ จำนวน 18 คน โดยมีเกณฑ์คัดเข้าคือเป็นพนักงานฝ่ายผลิตของบริษัทผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ ยินยอมเข้าร่วมการวิจัยและสามารถตอบแบบสอบถามได้ด้วยตนเอง โดยเป็นผู้ที่ปฏิบัติงานมาแล้วไม่น้อยกว่า 1 ปีในแผนกที่ต้องรับสัมผัสกับเสียง ทั้งนี้ในผู้ที่มีประวัติการเจ็บป่วยเรื้อรัง เช่น ประวัติการผ่าตัด หรือการติดเชื้อของหูอย่างรุนแรง ประวัติเป็นโรคเบาหวาน อุบัติเหตุ หูน้ำหนวกเรื้อรัง เส้นประสาทหูเสื่อม เส้นประสาทหูเรื้อรัง เป็นต้น จะดำเนินการคัดออก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) แบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยส่วนบุคคลและปัจจัยด้านการทำงาน 2) เครื่องตรวจสมรรถภาพการได้ยิน (Audiometer) ใช้ในการตรวจวัดสมรถภาพการได้ยินของพนักงานซึ่งเครื่องมือดังกล่าวได้รับ

การตรวจสอบและปรับมาตรฐานแล้ว (Calibration) การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลกลุ่มตัวอย่างตอบแบบสอบถามและผู้วิจัยทำการตรวจสมรรถภาพการได้ยินในกลุ่มตัวอย่าง โดยกลุ่มตัวอย่างต้องหลีกเลี่ยงการรับสัมผัสกับเสียงดังก่อนเข้ารับการตรวจเป็เวลาอย่างน้อย 14 ชั่วโมง ทั้งนี้การแปลผลการตรวจสมรรถภาพการได้ยินจะใช้เกณฑ์การแปลผลของสำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม โดยความถี่ช่วงของการพูดคุย (500 เฮิร์ต - 2000 เฮิร์ต) หากมีค่าเฉลี่ยของผลการตรวจวัดทั้ง 3 ความถี่สูงกว่า 25 dBHL (dB HL หมายถึง ระดับความดันเสียงที่เปรียบเทียบกับความดันเฉพาะ ความถี่ของเครื่องตรวจการได้ยิน (audiometer) ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของขีดเริ่มของการได้ยินของคน[5] จะแปลผลว่าสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินที่ความถี่ต่ำหรือความถี่ช่วงการพูดคุยและในช่วงความถี่สูง (3000 เฮิร์ต - 6000 เฮิร์ต) หากมีผลการตรวจที่ความถี่ใดความถี่หนึ่งระหว่าง 3,000 เฮิร์ต ถึง 6,000 เฮิร์ตสูงกว่า 45 dBHL จะแปลผลว่าสูญเสียการได้ยินที่ช่วงความถี่สูง การวิเคราะห์ข้อมูล ข้อมูลทั่วไปและข้อมูลด้านการทำงาน วิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนาโดยแจกแจงความถี่ หาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลและปัจจัยด้านการทำงานกับการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินของพนักงานฝ่ายผลิตของบริษัทผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ แห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรสาครด้วยสถิติ Chi-square ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1.ข้อมูลส่วนบุคคลและข้อมูลด้านการทำงาน

จากการศึกษาปัจจัยส่วนบุคคล พบว่า กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดเป็นเพศชาย ส่วนใหญ่มีอายุในช่วง 32-45 ปี ร้อยละ 36.00 จบการศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย/ ปวช. ร้อยละ 40.00 ซึ่งส่วนใหญ่มีพฤติกรรมการสูบบุหรี่ ร้อยละ 66.00

ในปัจจัยด้านการทำงาน พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ทำงานแผนกติดตั้ง ร้อยละ 40.00 โดยร้อยละ 54.00 ของกลุ่มตัวอย่างมีลักษณะการทำงานที่เป็นงานเชื่อม ในส่วนของการทำงานล่วงเวลา พบว่าส่วนใหญ่ร้อยละ 80.00 ไม่ทำงานล่วงเวลาและส่วนใหญ่มีอายุการทำงานเฉลี่ย 11.12 ปี

2. ความชุกของการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยิน

จากการตรวจวัดสมรรถภาพการได้ยินด้วยเครื่องตรวจวัดการได้ยิน (Audiometer) ในกลุ่มตัวอย่าง พบว่าที่ความถี่ 500 Hz ส่วนใหญ่กลุ่มตัวอย่างสูญเสียสมรรถภาพการได้ยิน ร้อยละ 98.00 ที่ความถี่ 1000 เฮิร์ต กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่สูญเสียสมรรถภาพการได้ยิน ร้อยละ 98.00 ที่ความถี่ 2000 เฮิร์ตและ 3000 เฮิร์ต กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่สูญเสียสมรรถภาพการได้ยิน ร้อยละ 26.00 ที่ความถี่ 4000 เฮิร์ตมีผู้เสียสมรรถภาพการได้ยิน ร้อยละ 24 และที่ความถี่ 6000 เฮิร์ต พบว่ามีผู้สูญเสียสรรถภาพการได้ยินร้อยละ 22

3. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยิน

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลและปัจจัยด้านการทำงานกับการสูญเสียสรรถภาพการได้ยิน พบว่าที่ความถี่ต่ำหรือความถี่ช่วงการพูดคุย (500 เฮิร์ต - 2000 เฮิร์ต)และความถี่สูง (3000 เฮิร์ต - 6000 เฮิร์ต) การทำงานล่วงเวลาและอายุการทำงานมีความสัมพันธ์ต่อการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินของพนักงานฝ่ายผลิต บริษัทผลิตชิ้นส่วนยานยนต์อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ดังตารางที่ 1 และ 2 ซึ่งอาจอธิบายได้ว่า เนื่องจากจากการสังเกตพบว่าพนักงานฝ่ายผลิตมีลักษณะงานที่ต้องทำงานกับเครื่องจักร อุปกรณ์ต่างๆ โดยในแต่ละขั้นตอนของการทำงานที่ก่อให้เกิดเสียงดังมาก โดยปกติพนักงานฝ่ายผลิตจะต้องปฏิบัติงานกับเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆที่มีเสียงดังตลอดระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมงและหากพนักงานมีการทำงานล่วงเวลาจะทำให้พนักงานต้องรับสัมผัสกับเสียงดังเป็นระยะเวลาที่เพิ่มไปด้วยเช่นกันและอาจมีทำให้พนักงานสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินเพิ่มขึ้นได้เช่นกัน ทั้งนี้ผลการศึกษาสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาที่ระบุว่า ซึ่งหากว่ามีระยะเวลาในการทำงานที่นานมากขึ้นจะเป็นการเพิ่มโอกาสให้พนักงานได้รับสัมผัสกับเสียงมากขึ้นโดยการศึกษาที่ผ่านมา พบว่าผู้ปฏิบัติงานที่สัมผัสเสียงตลอดระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมงการทำงานจะสูญเสียสรรถภาพการได้ยินร้อยละ 76.5 แต่ในขณะ ที่ผู้ปฏิบัติงานที่รับสัมผัสกับเสียงดัง 5-6 ชั่วโมงจะสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินเพียง ร้อยละ 69.7 [6] นอกจากนี้จากการศึกษายังพบว่าอายุการทำงานมีความสัมพันธ์การสูญเสียการได้ยินจากการทำงานด้วย ซึ่งอาจอธิบายได้ว่าพนักงานฝ่ายผลิตส่วนใหญ่ที่ปฏิบัติงานในบริษัทนี้ ส่วนใหญ่มี

อายุการทำงานมากกว่า 5 ปี ซึ่งพนักงานต้องมีการรับสัมผัสกับเสียงเป็นระยะเวลานานทำให้สูญเสียสมรรถภาพการได้ยินได้ ซึ่งจะสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาที่โดยพบว่าอายุการทำงานมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการได้ยินได้โดยในผู้ที่มีอายุการทำงานมากกว่า 5 ปี สมรรถภาพการได้ยินจะเสื่อมลง 1.3 เท่าเมื่อเทียบกับผู้ที่มีอายุการทำงานน้อยกว่า 5 ปี และทั้งนี้ในการศึกษาที่ผ่านมาระบุไว้ว่าคนงานโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ในผู้ที่ปฏิบัติงานในแผนกที่มีการสัมผัสกับเสียงมีความสัมพันธ์กับความเสี่ยงต่อการสูญเสียการได้ยินจากการประกอบอาชีพเป็น12 เท่าของผู้ที่ไม่ได้ปฏิบัติงานในแผนกที่สัมผัสกับเสียงดังอีกด้วย[7]

ตารางที่ 1 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการเกิดการสูญเสียการได้ยินจากการประกอบอาชีพของกลุ่มตัวอย่างที่ความถี่ต่ำ (ความถี่ 500 เฮิร์ต - 2000 เฮิร์ต) (n=50)

ตัวแปร	ผลการตรวจสมรรถภาพการได้ยิน			
	ปกติ		ผิดปกติ	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
1. ปัจจัยส่วนบุคคล				
1.1 อายุ (ปี)				
น้อยกว่าเท่ากับ 45	1	2.00	33	66.00
มากกว่า 45	0	0.00	16	32.00
p-value = 0.49				
1.2 ระดับการศึกษา				
ประถมศึกษา	0	0.00	8	16.30
มัธยมศึกษาตอนต้น	1	5.60	17	34.70
มัธยมศึกษาตอนปลาย	0	0.00	20	40.80
อนุปริญญา/ปวส.	0	0.00	4	8.20
p-value = 0.61				
1.3 พฤติกรรมการสูบบุหรี่				
สูบ	0	0.00	20	40.00
ไม่สูบ	1	2.00	29	58.00
p-value = 0.41				
2. ปัจจัยด้านการทำงาน				
2.1 แผนกงาน				
แผนกติดตั้ง	0	0.00	12	24.00
แผนกประกอบดัมพ์	0	0.00	20	40.00
แผนก Cutting Center	1	2.00	17	34.00
p-value = 0.41				

2.2 ลักษณะงาน				
งานเชื่อม	0	0.00	27	54.00
งานปั๊ม	1	2.00	3	6.00
งานเจียร	0	0.00	8	16.00
งานพับขึ้นรูปชิ้นงาน	0	0.00	1	2.00
งานเดินระบบ	0	0.00	2	4.00
งานติดตั้งศูนย์ใส่ฝ่อ	0	0.00	4	8.00
งานตัด	0	0.00	1	2.00
งานติดตั้งกระบะ	0	0.00	3	6.00
p-value = 0.11				

ตารางที่ 1 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการเกิดการสูญเสียการได้ยินจากการประกอบอาชีพของกลุ่มตัวอย่างที่ความถี่ต่ำ (ความถี่ 500 เฮิร์ต - 2000 เฮิร์ต) (n=50) (ต่อ)

ตัวแปร	**ผลการตรวจสมรรถภาพการได้ยิน**			
	ปกติ		**ผิดปกติ**	
	จำนวน	**ร้อยละ**	**จำนวน**	**ร้อยละ**
2.2 การทำงานล่วงเวลา				
ทำ	9	2.00	1	2.00
ไม่ทำ	40	80.00	0	0.00
p-value = 0.043				
2.3 อายุการทำงาน (ปี)				
น้อยกว่าหรือเท่ากับ 5	0	0.00	15	30.00
มากกว่า 5	1	2.00	34	68.00
p-value = 0.047				

($p<0.05$)

ตารางที่ 2 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการเกิดการสูญเสียการได้ยินจากการประกอบอาชีพของกลุ่มตัวอย่าง (N = 50) ที่ความถี่สูง (ความถี่ 300 เฮิร์ต - 6000 เฮิร์ต)

ตัวแปร	ผลการตรวจสมรรถภาพการได้ยิน			
	ปกติ		ผิดปกติ	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
1. ปัจจัยส่วนบุคคล				
1.1 อายุ (ปี)				
น้อยกว่าเท่ากับ 45	25	50.00	9	18.00
มากกว่า 45	7	14.00	9	18.00
p-value = 0.41				
1.2 ระดับการศึกษา				
ประถมศึกษา	5	10.00	3	6.00
มัธยมศึกษาตอนต้น	10	20.00	8	16.00
มัธยมศึกษาตอนปลาย	13	26.00	7	14.00
อนุปริญญา/ปวส.	4	8.00	0	0.00
p-value = 0.42				
1.3 พฤติกรรมการสูบบุหรี่				
สูบ	12	24.00	8	16.00
ไม่สูบ	20	40.00	10	20.00
p-value = 0.76				

(p-value < 0.05)

ตารางที่ 2 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการเกิดการสูญเสียการได้ยินจากการประกอบอาชีพของกลุ่มตัวอย่าง(N = 50) ที่ความถี่สูง (ความถี่ 3000 เฮิร์ต - 6000 เฮิร์ต) (ต่อ)

ตัวแปร	ผลการตรวจสมรรถภาพการได้ยิน			
	ปกติ		ผิดปกติ	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
2. ปัจจัยด้านการทำงาน				
2.1 แผนกงาน				
แผนกติดตั้ง	8	16.00	4	8.00
แผนกประกอบดัมพ์	12	24.00	8	16.00
แผนก Cutting Center	12	24.00	6	12.00
p-value = 0.404				

2.2 ลักษณะงาน				
งานเชื่อม	18	36.00	9	18.00
งานปั๊ม	3	6.00	1	2.00
งานเจียร	5	10.00	3	6.00
งานพับขึ้นรูปชิ้นงาน	0	0.00	1	2.00
งานเดินระบบ	1	2.00	1	2.00
งานติดตั้งศูนย์ใส่ฝุ่อ	3	6.00	1	2.00
งานตัด	0	0.00	1	2.00
งานติดตั้งกระบะ	2	4.00	18	3.60
p-value = 0.75				
2.2 การทำงานล่วงเวลา				
ทำ	40	80.00	0	0.00
ไม่ทำ	9	18.00	1	2.00
p-value = 0.007				
2.3 อายุการทำงาน (ปี)				
น้อยกว่าหรือเท่ากับ 5	10	20.00	5	10.00
มากกว่า 5	22	44.00	13	26.00
p-value = 0.047				

(p-value < 0.05)

สรุป

จากการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างพนักงานฝ่ายผลิต บริษัทผลิตชิ้นส่วนยานยนต์แห่งหนึ่ง จังหวัดสมุทรสาครจำนวน 50 คน พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินที่ความถี่ต่ำ คือที่ความถี่ 500 เฮิรตซ์ 1000 เฮิรตซ์ ร้อยละ 98 โดยที่ความถี่ 2000 เฮิรตซ์ สูญเสียสมรรถภาพการได้ยิน ร้อยละ 26 และที่ความถี่สูง คือที่ความถี่ 3000 เฮิรตซ์ กลุ่มตัวอย่างสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินร้อยละ 26 และแที่ความถี่ 4000 เฮิรตซ์และ 5000 เฮิรตซ์ สูญเสียสมรรถภาพการได้ยิน ร้อยละ 24 และร้อยละ 22 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าทั้งที่ความถี่ต่ำ (500 เฮิรตซ์ 1000 เฮิรตซ์ และ 2000 เฮิรตซ์) และความถี่สูง (3000 เฮิรตซ์ 4000เฮิรตซ์และ6000เฮิรตซ์)การทำงานล่วงเวลาและอายุการทำงานมีความสัมพันธ์กับการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น เพื่อลดความเสี่ยงของการสูญเสียสมรรถภาพการได้ยินของพนักงานฝ่ายผลิตเนื่องจากการรับสัมผัสกับการปฏิบัติงานที่มีเสียงดังควรมีการกำหนดแนวทางในการตรวจคัดกรองและการเฝ้าระวังสุขภาพในพนักงานฝ่ายผลิตที่มีอายุการทำงานมากและในกลุ่มผู้ปฏิบัติงานที่มีการทำงานล่วงเวลารวมถึงพิจารณาถึงการกำหนดตารางเวลาในการทำงานล่วงเวลาและกำหนดวิธีการแก้ไขสภาพแวดล้อมการทำงานและจัดให้ผู้ปฏิบัติงานใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการรับสัมผัสกับเสียงดัง

เอกสารอ้างอิง

1. เทิดศักดิ์ ผลจันทร์, สุเมธ พีรวุฒิ, สาธิต ชยาภัม, พิชญา ตันติเศรณี.ความชุกของภาวะประสาทรับเสียงเสื่อมจากเสียงดังและปัจจัยที่เกี่ยวข้องในพนักงานโภชนางานวิศวกรรมซ่อมบำรุงและงานจ่ายผ้ากลางคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลานครินทร์เวชสาร 2547; 22 : 28- 36

2. คู่มือการเฝ้าระวังการสูญเสียการได้ยิน [อินเตอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ: สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข; 2547 [เข้าถึงเมื่อ 1 ธันวาคม 2561].เข้าถึงได้จาก: http://envocc.ddc.moph.go.th/uploads/media/manual/Page1.pdf
3. วิชญ์ บรรณหิรัญ. การตรวจระดับการได้ยิน [อินเตอร์เน็ต].2556 [เข้าถึงเมื่อ 20 เมษายน 2562]. เข้าถึงได้จาก: http:// www.si.mahidol.ac.th/sidoctor/e-pl/articledetail.asp?id=758
4. รายงานสถานการณ์โรคและภัยสุขภาพจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม ปี 2558 [อินเตอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ: สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข; 2558 [เข้าถึงเมื่อ 1 ธันวาคม 2561]. เข้าถึงได้จาก:http://envocc.ddc.moph.go.th/uploads/situation/01_envocc_situation_58.pdf
5. สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค.แนวทางการตรวจคัดกรองสมรรถภาพการได้ยินและการแปลผล (ฉบับปรับปรุง ปี 2560) [อินเตอร์เน็ต]. 2560 [เข้าถึงเมื่อ 20 เมษายน 2562]. เข้าถึงได้จาก: http://envocc.ddc.moph.go.th/uploads/samutprakarn/1hearing_chep4_baseline%202Jan2017.pdf
6. พรชัย ขุนคงมี. ระดับการได้ยินของคนงานโรงงานทอกระสอบ [วิทยานิพนธ์ปริญญาสาธารณสุขศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาอาชีวอนามัยสิ่งแวดล้อม] ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2543.
7. จิราพร ประกายรุ้งทอง, สุวัฒนา เกิดม่วง. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการสูญเสียการได้ยินจากการทำงานในกลุ่มคนงานโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ จังหวัดสุพรรณบุรี. วารสารการพยาบาลและการดูแลสุขภาพ 2560; 35 : 98- 108

[HS-P24] ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อความเครียดจากการทำงานของพนักงาน กรณีศึกษา: บริษัทผลิตชิ้นส่วนเครื่องปริ้นเตอร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แห่งหนึ่ง จังหวัดปทุมธานี

The Factor Associated with Work Stress of Employees Case Study: The Printer Parts and Electronic Equipment Company in Pathum Thani, Thailand

อรพรรณ นามมนตรี, กาญจนาพร ขรจันทร์, ณัฏฐวุฒิ พงษ์ประยูร, วรนิษฐ์ ศรีหนองโคตร, และ ขวัญแข สงัดวงศ์*
Orapan Nammontree, Kanjanaporn Khornjaun, Nattawut Phongprayool, Worranit Srinongkhot and Khwankhae Sa-ngadwong*
หลักสูตรอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: Khwnkhae.ks@gmail.com*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาแบบภาคตัดขวางในพนักงานที่ปฏิบัติงานในบริษัทผลิตชิ้นส่วนเครื่องปริ้นเตอร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แห่งหนึ่ง จังหวัดปทุมธานี จำนวน 96 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาและสถิติไคสแควร์ (Chi-square) สำหรับวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS (Statistic Package for Science for Window) ผลการวิจัยพบว่า พนักงานมีความเครียดจากการทำงานโดยรวม ร้อยละ 69.80 แยกความเครียดจากการทำงานออกเป็น 5 ด้าน พบว่า พนักงานมีความเครียดจากการทำงานด้านลักษณะงาน ร้อยละ 95.80 ความเครียดจากการทำงานด้านบทบาทหน้าที่ในองค์กร ร้อยละ 69.80 ความเครียดจากการทำงานด้านสัมพันธภาพกับบุคคลอื่นในการทำงาน ร้อยละ 28.10 ความเครียดจากการทำงานด้านความสำเร็จและความก้าวหน้า ร้อยละ 65.60 และความเครียดจากการทำงานด้านโครงสร้างและบรรยากาศในองค์กร ร้อยละ 62.50 โดยปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ อายุ และปัจจัยด้านการทำงาน ได้แก่ แผนกที่ทำงานมีความสัมพันธ์กับความเครียดจากการทำงานด้านสัมพันธภาพกับบุคคลอื่นในการทำงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และความเร่งรีบในการทำงานมีความสัมพันธ์กับความเครียดจากการทำงานด้านลักษณะงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

***คำสำคัญ**: พนักงานบริษัท, อิเล็กทรอนิกส์, ความเครียดจากการทำงาน*

Abstract

The population of a cross-sectional study is 96 workers in the printer parts and electronic equipment company in Pathum Thani, Thailand. The research instrument is a questionnaire and the data analyzes with descriptive statistics and Chi-square statistics by the SPSS (Statistic Package for Science for Window) computer program. The research found that the employees had overall work stress at 69.80 percent. When we have classified work stress into 5 aspects. It found that the employees had work stress from work style at 95.80 percent, work stress from roles in the organization at 69.80 percent, work stress from working relationships with others in the workplace at 28.10 percent, work stress from the success and progress of the job at 65.60 percent. And work stress from the structure and work environment in the organization at 62.50 percent. Age and department are related to work stress from working relationships with others in the workplace with statistical significance at the 0.05 level. The work factors, the hustle to work is related to work stress with statistical significance at the 0.05 level.

***Keywords**: company employee, electronic, work stress*

บทนำ

ปัจจุบันนี้โลกเกิดการเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว ทำให้สถานประกอบการไม่สามารถหยุดนิ่งอยู่กับที่ได้ ต้องมีการปรับปรุงและพัฒนาให้สอดคล้องกับยุคสมัยปัจจุบันให้มากที่สุด และประการสำคัญทุกสถานประกอบการไม่สามารถขับเคลื่อนไปได้โดยปราศจากบุคลากร ไม่ว่าจะเป็นผู้บริหารระดับสูงจนถึงผู้ปฏิบัติงานระดับล่าง ต่างมีส่วนร่วมในการขับเคลื่อนสถานประกอบการด้วยกันทั้งสิ้น เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดตามเป้าหมายของสถานประกอบการ แต่การทำงานร่วมกันของคนจำนวนมากซึ่งมีความแตกต่างกันของปัจจัยต่างๆ ทั้งในด้านครอบครัว ด้านจิตใจ ด้านความรู้สึก ด้านความรู้ความสามารถ ด้านอายุ และด้านประสบการณ์การทำงาน อาจทำให้เกิดการเอารัดเอาเปรียบ การกระทบกระทั่ง หรือความไม่เข้าใจกัน ปัญหาเหล่านี้ถ้าไม่ได้รับการแก้ไขอย่างเหมาะสมจะเกิดเป็นความท้อแท้ ความกดดันและความเหนื่อยหน่าย ซึ่งจะนำไปสู่ภาวะเครียดได้

ความเครียดเป็นตัวแปรสำคัญอีกประการที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการทำงาน ความเครียดเป็นปฏิกิริยาตอบสนองที่แสดงออกทางร่างกายและจิตใจ เมื่อคนเราต้องเผชิญกับภาวะกดดัน ความเครียดที่สำคัญในชีวิตของคนเรามี 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ ความเครียดจากการดำเนินชีวิต และความเครียดจากการทำงาน [(1)] โดยสาเหตุของความเครียดจากการทำงานแบ่งเป็นหลายด้าน ได้แก่ ด้านลักษณะงาน เช่น ความขัดแย้งในบทบาท ความคลุมเครือในบทบาทภาระงาน สภาพการทำงาน ด้านโครงสร้างสถานประกอบการ เช่น นโยบายในสถานประกอบการ ด้านระบบรางวัล ด้านระบบทรัพยากรมนุษย์ เช่น โอกาสความก้าวหน้าในสายงาน ด้านสัมพันธภาพในการทำงาน เช่น สัมพันธภาพกับผู้บังคับบัญชาและเพื่อนร่วมงาน เป็นต้น[(2)] นอกจากนี้การทำงานในปริมาณที่มากเกินไป การทำงานที่ยากเกินไป ลักษณะการทำงานที่ซ้ำซาก จำเจ น่าเบื่อหน่าย สภาพแวดล้อมในการทำงาน เช่น กลิ่น เสียง บรรยากาศของสถานที่ทำงานล้วนก่อให้เกิดความเครียดได้ การติดต่อสื่อสารที่ไม่ดี สัมพันธภาพระหว่างเพื่อนร่วมงาน ค่าตอบแทนน้อย สถานที่ทำงานที่มีเสียงรบกวนและการทำงานเป็นกะ มีผลต่อการเกิดความเครียดในการทำงาน อีกทั้งยังมีผลกระทบต่อร่างกายและจิตใจ เช่น การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนัก อาการปวดศีรษะ ความเหนื่อยล้า ความวิตกกังวล และความคับข้องใจ [(3)] ในประเทศสหรัฐอเมริกาได้ทำการสำรวจโดย The Metropolitan Life Insurance พบว่า พนักงานมีการขาดงานจำนวน 1 ล้านคนต่อวัน โดยสาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากความเครียดในการทำงาน และพบว่า ประชากรวัยแรงงานที่เสี่ยงต่อการเกิดปัญหาจากการทำงานมากกว่า 1,900 ล้านคนทั่วโลก จะมีแรงงานที่เจ็บป่วยจากการทำงานมากกว่า 160 ล้านคน โดยในจำนวนนี้ร้อยละ 8 ของแรงงานทั้งหมดประสบปัญหาความเครียดจากการทำงานสอดคล้องกับข้อมูลสายด่วนสุขภาพจิต 1323 ในประเทศไทยที่พบว่าในปี 2557 มีจำนวนผู้รับบริการทั้งหมด 47,780 คน เป็นประชากรวัยแรงงาน (อายุ 15-60 ปี) จำนวน 39,084 คน เพศชาย 17,266 คน เพศหญิง 21,814 คน ปัญหาลำดับแรกที่พบคือ ปัญหาความเครียดหรือความวิตกกังวล จำนวนประมาณ 12,602 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 32.24 โดยวัยแรงงาน ช่วงอายุระหว่าง 26-30 ปี ความเครียดหรือวิตกกังวลสูงสุด จำนวน 2,084 คน หรือร้อยละ 5.3 นอกจากนั้น ยังพบว่าประชากรวัยแรงงานที่โทรมาขอรับบริการสายด่วนสุขภาพจิต 1323 กว่า 9,389 คน หรือ ร้อยละ 24.02 มีปัญหาเป็นโรคทางจิตเวช กรมสุขภาพ, 2561[(4)] ซึ่งสิ่งนี้แสดงให้เห็นว่าความเครียดในการทำงานเป็นตัวการสำคัญที่มีผลต่อศักยภาพในการทำงาน คุณภาพชีวิตและคุณภาพการทำงานของแรงงาน

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าความเครียดในการทำงาน มีผลกระทบต่อชีวิตและการทำงานของบุคคล ซึ่งถือว่าเป็นทรัพยากรอันมีค่าของสถานประกอบการ และหากเกิดขึ้นในระดับที่เป็นปัญหาแล้วจะเป็นผลเสียต่อสถานประกอบการเป็นอย่างมาก และในปัจจุบันจะพบว่าเทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวัน ทำให้เกิดการขยายตัวของโรงงานอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ เช่นโทรศัพท์มือถือ โทรทัศน์ คอมพิวเตอร์และเครื่องปริ้นเตอร์ ที่กลายเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตประจำวันของคนในสังคมปัจจุบัน เมื่อปริมาณการซื้อสินค้าอิเล็กทรอนิกส์มีมากขึ้นทำให้โรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ต้องทำการผลิตเพิ่มขึ้น โรงงานจึงต้องเร่งผลิตสินค้าเพื่อส่งต่อลูกค้าให้ได้มากที่สุดและทันต่อเวลา จึงส่งผลต่อความเครียดในการทำงานของพนักงาน เนื่องจากการทำงานในโรงงานเป็นการทำงานซ้ำๆ และอาจก่อให้เกิดปัญหาแทรกซ้อนอื่นๆ ได้ง่าย เช่น เครื่องจักรมีปัญหา ทำให้พนักงานโรงงานอุตสาหกรรมเกิดภาวะความเครียดได้มาก ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อความเครียดจากการทำงานของพนักงาน

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional studies) เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อความเครียดจากการทำงานของพนักงาน กรณีศึกษา : บริษัทผลิตชิ้นส่วนเครื่องปริ้นเตอร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แห่งหนึ่ง จังหวัดปทุมธานีประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ พนักงานที่ปฏิบัติงานในบริษัทผลิตชิ้นส่วนเครื่องปริ้นเตอร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แห่งหนึ่ง จังหวัดปทุมธานี จำนวน 96 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป โดยมีลักษณะข้อคำถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check list) และลักษณะข้อคำถามแบบเปิด (Open ended Question) โดยให้ผู้ตอบแบบสอบถามทำเครื่องหมายและระบุข้อมูลที่ตรงกับสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ข้อมูลด้านการทำงาน โดยมีลักษณะข้อคำถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check list) และลักษณะข้อคำถามแบบเปิด (Open ended Question) โดยให้ผู้ตอบแบบสอบถามทำเครื่องหมายและระบุข้อมูลที่ตรงกับสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 3 แบบประเมินความเครียดจากการทำงาน เป็นแบบสอบถามเป็นคำถามเกี่ยวกับความเครียดจากการทำงาน เพื่อวัดความเครียดจากการทำงาน 5 ด้าน ดังนี้

1) ด้านลักษณะงาน

2) ด้านบทบาทหน้าที่ในองค์กร

3) ด้านสัมพันธภาพกับบุคคลอื่นในการปฏิบัติงาน

4) ด้านความสำเร็จและความก้าวหน้า

5) ด้านโครงสร้างและบรรยากาศในองค์กร

วิธีจัดเก็บข้อมูล

1. ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลโดยทำหนังสือขอความอนุเคราะห์จากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ไปยังผู้จัดการฝ่ายบุคคลบริษัทผลิตชิ้นส่วนเครื่องปริ้นเตอร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แห่งหนึ่ง จังหวัดปทุมธานี

2. ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูล โดยก่อนเก็บข้อมูลมีการแจ้งวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย แจ้งรายละเอียดของแบบสอบถามและขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูลให้กับผู้จัดการฝ่ายบุคคลและผู้จัดการฝ่ายผลิตของบริษัททราบ

3. ผู้วิจัยนำแบบสอบถามไปแจกให้กับพนักงาน พร้อมแจ้งขอความร่วมมือ วัตถุประสงค์ โดยให้พนักงานทำแบบสอบถามในช่วงพัก 3 ช่วงเวลา ได้แก่ เวลา 10.00-10.15 น. เวลา 12.00-12.30 น.และเวลา 15.00-15.10 น.

4. ผู้วิจัยนำแบบสอบถามที่รวบรวมได้ มาพิจารณาความสมบูรณ์ของการตอบแบบสอบถามเพื่อการวิเคราะห์ด้วยวิธีทางสถิติ



ภาพที่ 1 พนักงานทำแบบสอบถาม เรื่องปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อความเครียดจากการทำงานของพนักงาน กรณีศึกษา: บริษัทผลิตชิ้นส่วนเครื่องปริ้นเตอร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แห่งหนึ่ง จังหวัดปทุมธานี

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ปัจจัยส่วนบุคคลของพนักงานกรณีศึกษา: บริษัทผลิตชิ้นส่วนเครื่องปริ้นเตอร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แห่งหนึ่ง จังหวัดปทุมธานี พนักงานส่วนใหญ่เป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 55.20 มีอายุมากกว่า 30 ปี คิดเป็นร้อยละ 67.70 มีสถานภาพสมรส คิดเป็นร้อยละ 51.00 มีระดับการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช. คิดเป็นร้อยละ 39.70 มีรายได้ต่อเดือน 10,001 - 20,000 บาท คิดเป็นร้อย 72.90 ไม่มีโรคประจำตัว คิดเป็นร้อยละ 90.60 มีโรคประจำตัว คิดเป็นร้อยละ 100.00 โดยพนักงานส่วนใหญ่เป็นโรคความดันโลหิตสูง คิดเป็นร้อยละ 33.34 ไม่เคยรับประทานยาที่มีผลต่อระบบประสาท คิดเป็นร้อยละ 88.50 และเคยรับประทานยาแก้ปวดที่ออกฤทธิ์รุนแรง คิดเป็นร้อยละ 45.45

ปัจจัยด้านการทำงานของพนักงานกรณีศึกษา: บริษัทผลิตชิ้นส่วนเครื่องปริ้นเตอร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แห่งหนึ่ง จังหวัดปทุมธานี พนักงานส่วนใหญ่มีประสบการณ์ในการทำงาน 1-5 ปี คิดเป็นร้อยละ 49.00 ปฏิบัติงานที่แผนก Auto/Robot คิดเป็นร้อยละ 17.70 เป็นพนักงานส่วนผลิต คิดเป็นร้อยละ 66.70 ทำงานน้อยกว่าหรือเท่ากับ 8 ชั่วโมง คิดเป็นร้อยละ 70.80 ทำงานล่วงเวลา (OT) คิดเป็นร้อยละ 91.70 ทำงานล่วงเวลา (OT) 2.5 ชั่วโมง/วัน คิดเป็นร้อยละ 85.22 ทำงานไม่เป็นกะ คิดเป็นร้อยละ 62.50 และมีความเร่งรีบในการทำงาน คิดเป็นร้อยละ 75.00

ความเครียดจากการทำงาน

ความเครียดจากการทำงานของพนักงานกรณีศึกษา: บริษัทผลิตชิ้นส่วนเครื่องปริ้นเตอร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แห่งหนึ่ง จังหวัดปทุมธานี พนักงานมีความเครียดจากการทำงานโดยรวม คิดเป็นร้อยละ 69.80 โดยแยกความเครียดจากการทำงานออกเป็นรายด้าน พบว่า ความเครียดจากการทำงานด้านลักษณะงาน คิดเป็นร้อยละ 95.80 ความเครียดจากการทำงานด้านบทบาทหน้าที่ในองค์กร คิดเป็นร้อยละ 69.80 ความเครียดจากการทำงานด้านสัมพันธภาพกับบุคคลอื่นในการทำงาน คิดเป็นร้อยละ 28.70 ความเครียดจากการทำงานด้านความสำเร็จและความก้าวหน้า คิดเป็นร้อยละ 65.60 และความเครียดจากการทำงานด้านโครงสร้างและบรรยากาศในองค์กร คิดเป็นร้อยละ 62.50 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนและร้อยละของระดับความเครียดจากการทำงานของพนักงาน (N=96 คน)

ตัวแปร	ระดับความเครียดจากการทำงาน		รวม
	ไม่เครียด (ร้อยละ)	เครียด (ร้อยละ)	
ความเครียดจากการทำงานโดยรวม	29 (30.20)	67 (69.80)	96 (100.00)
ความเครียดจากการทำงานด้านลักษณะงาน	4 (4.20)	92 (95.80)	96 (100.00)
ความเครียดจากการทำงานด้านบทบาทหน้าที่ในองค์กร	29 (30.20)	67 (69.80)	96 (100.00)
ความเครียดจากการทำงานด้านสัมพันธภาพกับบุคคลอื่นในการทำงาน	69 (71.90)	27 (28.10)	96 (100.00)
ความเครียดจากการทำงานด้านความสำเร็จและความก้าวหน้า	33 (34.40)	63 (65.60)	96 (100.00)
ความเครียดจากการทำงานด้านโครงสร้างและบรรยากาศในองค์กร	36 (37.50)	60 (62.50)	96 (100.00)

ตารางที่ 2 แสดงปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อความเครียดจากการทำงานของพนักงาน กรณีศึกษา: บริษัทผลิตชิ้นส่วนเครื่องปริ้นเตอร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แห่งหนึ่ง จังหวัดปทุมธานี (N=96 คน)

ตัวแปร	ระดับความเครียดจากการทำงาน		รวม	p-value
	ไม่เครียด (ร้อยละ)	เครียด (ร้อยละ)		
ความเครียดจากการทำงานด้านสัมพันธภาพกับบุคคลอื่นในการทำงาน				
≤30 ปี	28 (90.30)	3 (9.70)	31 (100.00)	0.00*
>30 ปี	41 (63.10)	24 (36.90)	65 (100.00)	
ความเครียดจากการทำงานด้านสัมพันธภาพกับบุคคลอื่นในการทำงาน				
แผนก Account	1 (33.30)	2 (66.70)	3 (100.00)	
แผนก Personnel	2 (100.00)	0 (0.00)	2 (100.00)	
แผนก Document Control	0 (0.00)	1 (100.00)	1 (100.00)	
แผนก Driver	2 (100.00)	0 (0.00)	2 (100.00)	
แผนก Import & Export	1 (50.00)	1 (50.00)	2 (100.00)	
แผนก Safety Officer	1 (100.00)	0 (0.00)	1 (100.00)	0.02*
แผนก Production	2 (66.70)	1 (33.30)	3 (100.00)	
แผนก Production Control	6 (100.00)	0 (0.00)	6 (100.00)	
แผนก Delivery	3 (100.00)	0 (0.00)	3 (100.00)	
แผนก Forklift	2 (40.00)	3 (60.00)	5 (100.00)	
แผนก Production Engineer	4 (100.00)	0 (0.00)	4 (100.00)	

ตารางที่ 2 แสดงปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อความเครียดจากการทำงานของพนักงาน กรณีศึกษา: บริษัทผลิตชิ้นส่วนเครื่องปริ้นเตอร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แห่งหนึ่ง จังหวัดปทุมธานี (N=96 คน) (ต่อ)

ตัวแปร	ระดับความเครียดจากการทำงาน		รวม	p-value
	ไม่เครียด (ร้อยละ)	เครียด (ร้อยละ)		
ความเครียดจากการทำงานด้านสัมพันธภาพกับบุคคลอื่นในการทำงาน				
แผนก Quality Control	2 (20.00)	8 (80.00)	10 (100.00)	
แผนก Die & Mold	6 (60.00)	4 (40.00)	10 (100.00)	
แผนก Press Single 55, 110 Ton	2 (66.70)	1 (33.30)	3 (100.00)	
แผนก Press Single 150, 200 Ton	6 (85.70)	1 (14.30)	7 (100.00)	
แผนก TAP	3 (100.00)	0 (0.00)	3 (100.00)	
แผนก Assembly	2 (100.00)	0 (0.00)	2 (100.00)	
แผนก CA	2 (100.00)	0 (0.00)	2 (100.00)	
แผนก Packing	7 (77.80)	2 (22.20)	9 (100.00)	
แผนก RG	1 (100.00)	0 (0.00)	1 (100.00)	
แผนก Auto/Robot	14 (82.40)	3 (17.60)	17 (100.00)	
ความเครียดจากการทำงานด้านลักษณะงาน				
ไม่เร่งรีบ	3 (12.50)	21 (87.50)	24 (100.00)	0.04*
เร่งรีบ	1 (1.40)	71 (98.60)	72 (100.00)	

*p-value ≤ 0.05

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อความเครียดจากการทำงานของพนักงาน กรณีศึกษา: บริษัทผลิตชิ้นส่วนเครื่องปริ้นเตอร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แห่งหนึ่ง จังหวัดปทุมธานี

ปัจจัยส่วนบุคคลที่มีความสัมพันธ์ต่อความเครียดจากการทำงานของพนักงาน พบว่า อายุมีความสัมพันธ์กับความเครียดจากการทำงานของพนักงานด้านสัมพันธภาพกับบุคคลอื่นในการทำงาน (p-value 0.00) เนื่องจากพนักงานมีช่วงอายุที่แตกต่างกัน ทำให้มีความคิดเห็นในการทำงานที่แตกต่างกัน เมื่อพนักงานทำงานร่วมกันก่อให้เกิดความคิดและแนวคิดการทำงานที่แตกต่างกันออกไป จึงก่อให้เกิดความคิดที่ขัดแย้งกันในระหว่างการทำงานโดยจะนำมาซึ่งความเครียด ทำให้อายุมีผลต่อความเครียดจากการทำงานด้านสัมพันธภาพกับบุคคลอื่นในการทำงาน โดยผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับ วชิระ เพ็ชรราม และคณะ (2559) [5] ได้ศึกษาเรื่องความเครียดของพนักงานและปัจจัยที่มีผลต่อความเครียดของพนักงาน กรณีศึกษาฐานผลิตแก๊สธรรมชาตินอกชายฝั่งอ่าวไทย กล่าวว่า พนักงานที่มีปัจจัยส่วนบุคคลแตกต่างกัน ได้แก่ อายุ มีผลต่อความเครียดของพนักงาน

ปัจจัยด้านการทำงานที่มีความสัมพันธ์ต่อความเครียดจากการทำงานของพนักงาน พบว่า แผนกที่ทำงานมีความสัมพันธ์กับความเครียดจากการทำงานของพนักงานด้านสัมพันธภาพกับบุคคลอื่นในการทำงาน (p-value 0.02) เนื่องจากการทำงานของพนักงานแต่ละแผนกมีลักษณะการทำงาน ปริมาณงานในแต่ละวันที่แตกต่างกัน จึงทำให้การพูดคุยสื่อสารกับผู้อื่นมีความแตกต่างกัน เช่น พนักงานฝ่ายผลิตที่ทำงานกับเครื่องจักรจะมีเวลาในการสื่อสารพูดคุยกับผู้อื่นน้อยกว่าพนักงานสำนักงาน จึงทำให้แผนกที่ทำงานมีผลต่อความเครียดจากการทำงานด้านสัมพันธภาพกับบุคคลอื่นในการทำงาน โดยผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับ ญาณิภา จันทร์บำรุง (2557) [6] ได้ศึกษาเรื่องปัจจัยในการปฏิบัติงานที่มีความสัมพันธ์กับความเครียดของพนักงาน : กรณีศึกษา บริษัท บางกอกกล๊าส จำกัด กล่าวว่า แผนกที่ทำงานมีความสัมพันธ์กับความเครียดจากการทำงาน และพบว่า ความเร่งรีบในการทำงานมีความสัมพันธ์กับความเครียดจากการทำงานของพนักงานด้านลักษณะงาน (p-value 0.04) เนื่องจากลักษณะงานที่พนักงานทำมีความเร่งรีบในการผลิต เพื่อให้ได้จำนวนชิ้นงานตรงตามเป้าหมายที่บริษัทได้กำหนดในแต่ละวัน อีกทั้งจำนวนพนักงานที่ทำงานในแต่ละแผนกมีจำนวนไม่เพียงพอต่อการผลิตชิ้นงานในแต่ละวัน จึงทำให้ความเร่งรีบในการทำงานมีผลต่อความเครียดจากการทำงานด้านลักษณะงาน โดยผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับ Catwrigh and Cooper (1997) กล่าวว่า ความเร่งรีบในการทำงานส่งผลก่อให้เกิดความเครียด

สรุป

จากการศึกษาพบว่าความเครียดจากการทำงานของพนักงานกรณีศึกษา: บริษัทผลิตชิ้นส่วนเครื่องปริ้นเตอร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แห่งหนึ่ง จังหวัดปทุมธานี พนักงานมีความเครียดจากการทำงานโดยรวม คิดเป็นร้อยละ 69.80 โดยแยกความเครียดจากการทำงานออกเป็นรายด้าน พบว่า ความเครียดจากการทำงานด้านลักษณะงาน คิดเป็นร้อยละ 95.80 ความเครียดจากการทำงานด้านบทบาทหน้าที่ในองค์กร คิดเป็นร้อยละ 69.80 ความเครียดจากการทำงานด้านสัมพันธภาพกับบุคคลอื่นในการทำงาน คิดเป็นร้อยละ 28.70 ความเครียดจากการทำงานด้านความสำเร็จและความก้าวหน้า คิดเป็นร้อยละ 65.60 และความเครียดจากการทำงานด้านโครงสร้างและบรรยากาศในองค์กร คิดเป็นร้อยละ 62.50 ปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ อายุมีความสัมพันธ์กับความเครียดจากการทำงานด้านสัมพันธภาพกับบุคคลอื่นในการทำงาน (p-value 0.00) ปัจจัยด้านการทำงาน ได้แก่ แผนกที่ทำงานมีความสัมพันธ์กับความเครียดจากการทำงานด้านสัมพันธภาพกับบุคคลอื่นในการทำงาน (p-value 0.02) และความเร่งรีบในการทำงานมีความสัมพันธ์กับความเครียดจากการทำงานด้านลักษณะงาน (p-value 0.04) ดังนั้นสถานประกอบการควรมีนโยบายส่งเสริมสุขภาพจิตในการทำงาน เช่น การจัดกิจกรรมคลายเครียดที่เหมาะสมกับช่วงอายุของพนักงานภายในสถานประกอบการ การสำรวจความเครียดของพนักงานเป็นประจำทุกๆ 6 เดือน มีการจัดกิจกรรมสานสัมพันธ์ภายในสถานประกอบการ เช่น กิจกรรมที่ให้พนักงานแต่ละแผนกมีความร่วมมือร่วมใจกัน และสถานประกอบการควรมีการวางแผนการบริหารจัดการงานให้เหมาะสมกับจำนวนพนักงาน เพื่อลดปัญหาความเร่งรีบในการทำงานของพนักงาน ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไปควรทำการศึกษาเชิงลึกด้วยการทำวิจัยเชิงคุณภาพ เพื่อให้เกิดความเข้าใจและเข้าถึงสาเหตุที่ก่อให้เกิดความเครียดอันเนื่องมาจากการ

ทำงานอย่างแท้จริง และมีการศึกษาเปรียบเทียบความเครียดของพนักงานในโรงงานผลิตชิ้นส่วนเครื่องปริ้นเตอร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กับโรงงานอื่นๆที่มีลักษณะการทำงานที่คล้ายคลึงกัน

เอกสารอ้างอิง

1. นิพนธ์ สังขจันทร์. ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับความเครียดในการปฏิบัติงานของพนักงานบริษัทในเครือ ที เอส กรุ๊ป ประเทศไทย. [อินเตอร์เน็ต]. 2547[เข้าถึงเมื่อ 9 ตุลาคม 2561]. เข้าถึงได้จาก: http://newtdc.thailis.or.th.
2. อรรณพ ถนอมวงศ์. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเครียดและผลกระทบของความเครียดที่มีผลต่อพนักงานบริษัทน้ำอัดลม. [อินเตอร์เน็ต]. 2539 [เข้าถึงเมื่อ 9 ตุลาคม 2561]. เข้าถึงได้จาก: http://thesis.tiac.or.th.
3. Lewis DJ, Robinson JA. Coping Measures : Response to Work-Related Stressors. Critical Care Nurse 1992; 12:18-23.
4. กรมสุขภาพจิต. แนวโน้มความเครียด. [อินเตอร์เน็ต]. 2561[เข้าถึงเมื่อ 7 ตุลาคม 2561]. เข้าถึงได้จาก : http://www.prdmh.com.
5. วชิระ เพ็ชรราม, และคณะ. ความเครียดของพนักงานและปัจจัยที่มีผลต่อความเครียดของพนักงาน กรณีศึกษา: ฐานผลิตแก๊สธรรมชาตินอกชายฝั่งอ่าวไทย. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 2559;18:10-20.
6. ญาณิภา จันทร์บำรุง. ปัจจัยในการปฏิบัติงานที่มีความสัมพันธ์กับความเครียดของพนักงาน: กรณีศึกษา บริษัทบางกอกกล๊าส จำกัด. วารสารวิชาการการตลาดและการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 2557;1:1-12.

[HS-P25] ความรู้ ทัศนคติ และการปฏิบัติในการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลของเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยในหมู่บ้านเขาสำพุง ตำบลหนองหว้าอำเภอเขาฉกรรจ์ จังหวัดสระแก้ว

Knowledge Attitude and Practice of Using Personal Protective Equipment among Sugarcane Agriculturists in Khao Sam Phung Village, Nong Wha Sub District, Khao Chakan District, Sa Keao Province

กัญญาณัฐ จันทร์ธรรม, มุกดา แพงศรี, พรสวรรค์ รักษ์มณี, วันวิสา แผ่นทอง และจินต์จุฑา ขำทอง*

Kanyanat Jantham, Mookda Pangsri, Phonsawan Rukmanee, Wanwisa Paenthong and Chinchuta Khumtong*

หลักสูตรอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล:* Chinchuta@vru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ ทัศนคติ และการปฏิบัติในการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลของเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยจำนวน 73 คน โดยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS สถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ ไคสแควร์ (Chi-square Test) ผลการศึกษาพบว่าข้อมูลส่วนบุคคลและข้อมูลด้านการทำงาน มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติในการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ($p<0.05$) ในส่วนของความรู้อยู่ในระดับน้อย เช่นเดียวกับทัศนคติที่อยู่ในระดับต่ำ และการปฏิบัติอยู่ในระดับไม่สม่ำเสมอ หรือไม่เคยปฏิบัติ อย่างไรก็ตามพบว่า ความรู้ และทัศนคติไม่มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติในการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ($p<0.05$) ดังนั้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมให้เกษตรกรเกิด ความรู้ ความตระหนัก และการปฏิบัติใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชทุกครั้ง การเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลได้อย่างเหมาะสม และการใช้งานอย่างสม่ำเสมอ

คำสำคัญ: *เกษตรกรผู้ปลูกอ้อย, ความรู้, ทัศนคติ, การปฏิบัติ, อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล*

Abstract

The purpose of this research was to determine the association between knowledge attitude and practice of using personal protective equipment. The study population was 73 sugarcane agriculturists. The SPSS *(*Statistics Package for Science for Windows*)* program was performed to data analysis inferential statistics including Chi- Square Test. The study was found that demographic information and working characteristic associated with practice on using personal protective equipment with statistically significant *(*$p<0.05$*)*. In term of, knowledge was at a low level, the attitude was at a low level, and practice at irregular or never level. However, there was found that knowledge and attitude were not associated with practice on using personal protective equipment with statistically significant *(*$p<0.05$*)*. Therefore, the relevant authorities should organize activities that encourage agriculturists to raise knowledge and awareness about the use of pesticides safety. Use personal protective equipment properly and to use them appropriately and use it regularly.

Keywords: *sugarcane agriculturists, knowledge, attitude, practice, personal protective equipment*

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ที่มีการส่งออกผลผลิตทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก พืชเศรษฐกิจสำคัญ 5 อันดับแรกของประเทศไทย ได้แก่ ข้าว ยางพารา อ้อย มันสำปะหลัง และปาล์มน้ำมัน ซึ่งอ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญรองจาก ข้าว และยางพารา จากการสำรวจพื้นที่ปลูกอ้อยในปีการผลิต 2559/60 มีพื้นที่การปลูกอ้อยทั่วประเทศจำนวน 10,988,489 ไร่ โดยพื้นที่ที่นิยมปลูกจะเป็นพื้นที่มีน้ำน้อย ระบบชลประทานไม่ดี เป็นที่ราบสูง ส่วนใหญ่อยู่ที่จังหวัดกาญจนบุรี และจังหวัดสระแก้ว ในภาคตะวันออกมีพื้นที่การปลูกอ้อยทั้งหมด 514,693 ไร่ จังหวัดที่มีการปลูกอ้อยมากที่สุดได้แก่ จังหวัดสระแก้ว มีผลผลิตเฉลี่ย 10.23 ตัน/ไร่[(1)] ซึ่งในการผลิตอ้อยปัญหาที่พบมาก ได้แก่ การระบาดของวัชพืช โรคพืช และแมลงศัตรูอ้อย ส่งผลต่อผลผลิต และคุณภาพอ้อย ซึ่งโรคอ้อยที่เป็นปัญหาหลักในปัจจุบันมีมากกว่า 40 โรค อาทิ โรคใบขาว โรคเหี่ยวเน่าแดง โรคแส้ดำ โรคกอตะไคร้ และแมลงศัตรูอ้อยกว่า 70 ชนิด อาทิ หนอนกอชนิดต่าง ๆ ด้วงหนวดยาว แมลงนูนหลวง และปลวก จากสภาพปัญหาดังกล่าวส่งผลให้เกษตรกรมีการนำสารเคมีกำจัดศัตรูพืชมาใช้ในการเพาะปลูกจำนวนมาก จากรายงานปริมาณและมูลค่าการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร ปี พ.ศ.2557 -2560 พบว่าในปี พ.ศ. 2557 มีปริมาณการนำเข้าเพียง 117,645 ตัน แต่ในปี พ.ศ. 2560 มีปริมาณการนำเข้าสูงถึง 148,979 ตัน[(2)] ทำให้เกษตรกรมีโอกาสเสี่ยงที่จะได้รับอันตรายจากการสัมผัสสารเคมีเหล่านี้ และส่งผลกระทบต่อสุขภาพได้หากนำมาใช้ไม่ถูกต้องเหมาะสม จากข้อมูลการตรวจคัดกรองความเสี่ยงจากการสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มเกษตรกร ผลการตรวจคัดกรองความเสี่ยงจากการสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ด้วยวิธีการทดสอบหาโคลีนเอสเตอเรส พบว่า ในปี พ.ศ. 2555 - 2558 เกษตรกรมีผลการตรวจ เสี่ยงและไม่ปลอดภัยจากสารเคมี เพิ่มมากขึ้นในทุกปี ทำให้เกษตรกรมีโอกาสเสี่ยงที่จะได้รับอันตรายจากการสัมผัสสารเคมีเหล่านี้ และส่งผลกระทบต่อสุขภาพได้หากนำมาใช้ไม่ถูกต้องเหมาะสม หรือจัดเก็บไม่ถูกวิธี ซึ่งความเป็นพิษของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ผลกระทบแบบเฉียบพลัน และผลกระทบที่เป็นพิษเรื้อรังโดยผลกระทบแบบเฉียบพลันจะมีอาการในทันทีหลังจากสัมผัสสารเคมี เช่น คลื่นไส้ อาเจียน ปวดหัว ปวดกล้ามเนื้อ ท้องร่วง หายใจติดขัด ตาพร่า เป็นต้น และผลกระทบที่เป็นพิษเรื้อรัง ซึ่งเกิดจากพิษสะสมที่ก่อให้เกิดโรคหรือปัญหาอื่น ๆ เช่น มะเร็ง เบาหวาน อัมพฤกษ์ อัมพาต โรคผิวหนังต่างๆ การเป็นหมัน การพิการของทารกแรกเกิด หรือการเสื่อมสมรรถภาพทางเพศ เป็นต้น[(3)] การเจ็บป่วยที่เกิดจากการใช้สารเคมีในการกำจัดศัตรูพืชจำเป็นจะต้องได้รับการดำเนินการควบคุมแก้ไข เพื่อลดจำนวนผู้ป่วยทั้งเกษตรกรและผู้บริโภค จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลช่วยลดการสัมผัสกับสารเคมีโดยตรง ลดการดูดซึมของสารเคมีเข้าสู่ร่างกาย และช่วยลดการเจ็บป่วยจากสารเคมี[(4)]

จากผลกระทบที่เกิดขึ้นกับเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้คณะผู้วิจัยมีความสนใจที่จะทำการศึกษาความรู้ทัศนคติ และการปฏิบัติในการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลของเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยในหมู่บ้านเขาสำพุง ตำบลหนองหว้า อำเภอเขาฉกรรจ์ จังหวัดสระแก้ว

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นวิจัยเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional Descriptive Study) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านต่างๆ อันได้แก่ ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยด้านการทำงาน ความรู้ ทัศนคติต่อการปฏิบัติในการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลของเกษตรผู้ปลูกอ้อยในหมู่บ้านเขาสำพุง ตำบลหนองหว้า อำเภอเขาฉกรรจ์ จังหวัดสระแก้ว ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ เกษตรกรผู้ปลูกอ้อย ที่อาศัยอยู่ในหมู่บ้านเขาสำพุง ตำบลหนองหว้า อำเภอเขาฉกรรจ์ จังหวัดสระแก้ว จำนวนทั้งหมด 73 คน โดยการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการศึกษาทั้งประชากร ใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่ามัธยฐาน ค่าพิสัย และทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติสหสัมพันธ์ของ Chi-Square Test ที่ระดับความเชื่อมั่น-95 % เมื่อค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติมีค่าน้อยกว่า 0.05

เครื่องที่ใช้ในการวิจัย

แบบสอบถามที่คณะวิจัยสร้างขึ้นจากการศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เครื่องมือดังกล่าว ประกอบด้วย ข้อมูลส่วนบุคคล ข้อมูลด้านการทำงาน ข้อมูลความรู้เกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล ข้อมูลทัศนคติเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์ป้องกัน

อันตรายส่วนบุคคล และข้อมูลการปฏิบัติในการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลโดยแบบสอบถามผ่านการตรวจความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ (IOC) จากผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ได้ค่าความเชื่อมั่นที่ 0.705

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ปัจจัยส่วนบุคคลของเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยในหมู่บ้านเขาสำพุง ตำบลหนองหว้า อำเภอเขาฉกรรจ์ จังหวัดสระแก้ว ที่ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 65.80 เพศหญิง ร้อยละ 34.20 มีอายุเฉลี่ยอยู่ที่ 49-62 ปี มีสถานภาพสมรส ร้อยละ 69.90 มีระดับการศึกษาอยู่ในช่วงระดับประถมศึกษา ร้อยละ 69.90 มีรายได้ครัวเรือนเฉลี่ยต่อปีอยู่ในช่วง 50,000 – 283,333 บาท และไม่มีโรคประจำตัว ร้อยละ 86.30

ปัจจัยด้านการทำงานของเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยในหมู่บ้านเขาสำพุง ตำบลหนองหว้า อำเภอเขาฉกรรจ์ จังหวัดสระแก้ว ส่วนใหญ่มีประสบการณ์ในการปลูกอ้อยเฉลี่ย 11.49 ปี มีระยะเวลาในการทำงานโดยเฉลี่ยต่อวัน 7 ชั่วโมงขึ้นไป ร้อยละ 74.00 ระยะเวลาในการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชอยู่ระหว่าง 4 - 6 ชั่วโมงต่อวัน ส่วนมากเกษตรกรฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในช่วงเวลาเช้า (05.00-11.59 น.) และใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชประเภทออร์กาโนฟอสเฟต ร้อยละ 95.50 นอกจากนี้ ร้อยละ 13.70 เคยมีอาการผิดปกติจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช อาทิ เวียนหัว ปวดหัว คลื่นไส้ และตาแดง

ปัจจัยด้านความรู้ในการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล เกษตรกรผู้ปลูกอ้อยส่วนใหญ่มีความรู้อยู่ในระดับน้อย ร้อยละ 57.50 และปัจจัยในด้านทัศนคติในการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล ส่วนใหญ่มีระดับทัศนคติในระดับไม่ดี ร้อยละ 50.70 ทั้งนี้ ในส่วนของการปฏิบัติในการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล พบว่าเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยมีการปฏิบัติในการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลทุกครั้งที่ฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืช 3 อันดับแรก ได้แก่ สวมใส่รองเท้าบู๊ท ในการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ร้อยละ 100.00 สวมใส่หมวกปีกกว้าง ร้อยละ 90.40 และทำความสะอาดอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลหลังการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ร้อยละ 87.70 ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนและร้อยละการปฏิบัติในการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลของเกษตรกรผู้ปลูกอ้อย

การปฏิบัติในการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล	ทุกครั้ง	บางครั้ง/ไม่เคย
	จำนวน(คน) (ร้อยละ)	จำนวน(คน) (ร้อยละ)
1. ท่านเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่ได้มาตรฐาน เช่น มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) เป็นต้น	14 (19.20)	59 (80.80)
2. ท่านสวมใส่หมวกปีกกว้าง ในการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืช	66 (90.40)	7 (9.60)
3. ท่านสวมใส่แว่นตาป้องกันสารเคมี ในการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืช	31 (42.50)	42 (57.50)
4. ท่านสวมใส่หน้ากากป้องกันสารเคมี ในการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืช	29 (39.70)	44 (60.30)
5.ท่านสวมใส่เสื้อแขนยาว กางเกงขายาว ในการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืช	0 (0.00)	73 (100.00)
6.ท่านสวมใส่ถุงมือยาง ในการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืช	61 (83.60)	12 (16.40)
7.ท่านสวมใส่รองเท้าบู๊ท ในการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืช	73	0

8. ขณะท่านฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ท่านได้ถอดอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลออกเมื่อรู้สึกไม่สะดวกในการปฏิบัติงาน	(100.00) 63	(0.00) 10
9. ท่านทำความสะอาดอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลหลังการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืช	(86.30) 64	(13.70) 9
10. ท่านแยกเก็บอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล ออกจากอุปกรณ์ฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืช	(87.70) 61 (83.60)	(12.30) 12 (16.40)

การปฏิบัติในการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลในขณะฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืช

พบว่า เกษตรกรผู้ปลูกอ้อยทุกคนมีการสวมใส่รองเท้าบู๊ทได้อย่างเหมาะสมและสวมใส่ทุกครั้งที่ฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ร้อยละ 100.00 ทั้งนี้เสื้อแขนยาวกางเกงขายาวที่เกษตรกรสวมใส่นั้นไม่ใช่ชุดที่สามารถป้องกันสารเคมีได้อย่างเหมาะสมตามมาตรฐานที่กำหนด ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลส่วนบุคคล ข้อมูลด้านการทำงาน ความรู้ และทัศนคติ กับการปฏิบัติในการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล อันได้แก่ หมวกปีกกว้าง แว่นตา หน้ากาก และถุงมือยาง ตามลำดับ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อมูลมาตรฐานอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลในขณะฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืช

ชนิดของอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล	**สวมใส่** **จำนวน (คน) (ร้อยละ)**	**ไม่สวมใส่** **จำนวน (คน) (ร้อยละ)**
1. หมวกปีกกว้าง	66 (90.40)	7 (9.60)
2. แว่นตา	31 (42.50)	42 (57.50)
3. หน้ากาก	29 (39.70)	44 (60.30)
4. เสื้อผ้า	0 (0.00)	73 (100.00)
5. ถุงมือยาง	61 (83.60)	12 (16.40)
6. รองเท้าบู๊ท	73 (100.00)	0 (0.00)

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมการทำงาน ความรู้ ทัศนคติ กับการปฏิบัติในการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล พบว่า ปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ และโรคประจำตัวมีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติในการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ < 0.05 ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลส่วนบุคคลกับการปฏิบัติในการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (N=73)

ข้อมูลส่วนบุคคล	หมวกปีกกว้าง			แว่นตา			หน้ากาก			ถุงมือยาง		
	การสวมใส่		P-value	การสวมใส่		P-value	การสวมใส่		P-value	การสวมใส่		P-value
	ใส่	ไม่ใส่		ใส่	ไม่ใส่		ใส่	ไม่ใส่		ใส่	ไม่ใส่	
เพศ			0.179			0.007*			0.040*			0.160
ชาย	45	3		15	33		15	33		38	10	
	(68.2)	(42.9)		(48.4)	(78.6)		(51.7)	(75.0)		(62.3)	(83.3)	
หญิง	21	4		16	9		14	11		23	2	
	(31.8)	(57.1)		(51.6)	(21.4)		(48.3)	(25.0)		(37.7)	(16.7)	

ข้อมูลส่วนบุคคล	หมวกปีกกว้าง			แว่นตา			หน้ากาก			ถุงมือยาง		
	การสวมใส่		P-value	การสวมใส่		P-value	การสวมใส่		P-value	การสวมใส่		P-value
	ใส่	ไม่ใส่		ใส่	ไม่ใส่		ใส่	ไม่ใส่		ใส่	ไม่ใส่	
อายุ			0.008*			0.600			0.427			0.050*
35 – 48ปี	27	3		14	16		10	20		24	6	
	(40.9)	(42.9)		(45.2)	(38.1)		(34.5)	(45.5)		(39.3)	(50.0)	
49 – 62ปี	39	3		17	25		19	23		37	5	
	(59.1)	(42.9)		(54.8)	(59.5)		(65.5)	(52.3)		(60.7)	(41.7)	
63 ปีขึ้นไป	0	1		0	1		0	1		0	1	
	(0.0)	(14.3)		(0.0)	(2.4)		(0.0)	(2.3)		(0.0)	(8.3)	
โรคประจำตัว			0.018*			0.391			0.475			0.213
ไม่มี	59	4		28	35		24	39		54	9	
	(89.4)	(57.1)		(90.3)	(83.3)		(82.8)	(88.6)		(88.5)	(75.0)	
มี	7	3		3	7		5	5		7	3	
	(10.6)	(42.9)		(9.7)	(16.7)		(17.2)	(11.4)		(11.5)	(25.0)	

* มีระดับนัยสำคัญทางสถิติ < 0.05

ประสบการณ์ในการทำงานในฐานะเกษตรกรผู้ปลูกอ้อย ระยะเวลาในการทำงานต่อวัน ระยะเวลาในการฉีดพ่น สารเคมีกำจัดศัตรูพืชประเภทออร์กาโนฟอสเฟต และช่วงเวลาการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในช่วงเวลาบ่าย (12.00 – 17.59 น.) มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติในการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ < 0.05 อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษากลับพบว่า ความรู้และทัศนคติไม่มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติในการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ < 0.05 ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลด้านการทำงานกับการปฏิบัติในการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (N=73)

ข้อมูลด้านการทำงาน	หมวกปีกกว้าง			แว่นตา			หน้ากาก			ถุงมือยาง		
	การสวมใส่		P-value	การสวมใส่		P-value	การสวมใส่		P-value	การสวมใส่		P-value
	ใส่	ไม่ใส่		ใส่	ไม่ใส่		ใส่	ไม่ใส่		ใส่	ไม่ใส่	
ประสบการณ์การทำงาน			0.946			0.215			0.024*			0.825
2 – 7 ปี	17 (25.8)	2 (28.6)		5 (16.1)	14 (33.3)		3 (10.3)	16 (36.4)		16 (26.2)	3 (25.0)	
8 – 13 ปี	23 (34.8)	2 (28.6)		11 (35.5)	14 (33.3)		10 (34.5)	15 (34.1)		20 (32.8)	5 (41.7)	
14 ปีขึ้นไป	26 (39.4)	3 (42.9)		15 (48.4)	14 (33.3)		16 (55.2)	13 (29.5)		25 (41.0)	4 (33.3)	

ข้อมูลด้านการทำงาน	หมวกปีกกว้าง			แว่นตา			หน้ากาก			ถุงมือยาง		
	การสวมใส่		P-value	การสวมใส่		P-value	การสวมใส่		P-value	การสวมใส่		P-value
	ใส่	ไม่ใส่		ใส่	ไม่ใส่		ใส่	ไม่ใส่		ใส่	ไม่ใส่	
ระยะเวลาทำงานต่อวัน			0.486			0.023*			0.039*			0.308
1 – 3 ชม.	1 (1.5)	0 (0.0)		1 (3.2)	0 (0.0)		1 (3.40)	0 (0.00)		1 (1.60)	0 (0.00)	
4 – 6 ชม.	15 (22.7)	3 (42.9)		3 (9.7)	15 (35.7)		3 (10.3)	15 (34.1)		13 (21.3)	5 (41.7)	
7 ชม.ขึ้นไป	50 (75.8)	4 (57.1)		27 (87.1)	27 (64.3)		25 (86.2)	29 (65.9)		47 (77.0)	7 (58.3)	
ระยะเวลาในการฉีดพ่นต่อครั้ง			0.497			0.583			0.005*			0.114
1 – 3 ชั่วโมง	24 (36.4)	1 (14.3)		9 (29.0)	16 (38.1)		5 (17.2)	20 (45.5)		18 (29.5)	7 (58.3)	
4 – 6 ชั่วโมง	36 (54.5)	5 (71.4)		18 (58.1)	23 (54.8)		18 (62.1)	23 (52.3)		36 (59.0)	5 (41.7)	
7ชั่วโมงขึ้นไป	6 (9.1)	1 (14.3)		4 (12.9)	3 (7.1)		6 (20.7)	1 (2.3)		7 (11.5)	0 (0.0)	
กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟส			0.565			0.040*			0.029*			0.433
ใช้	3 (4.5)	0 (0.0)		3 (9.7)	0 (0.0)		3 (10.3)	0 (0.0)		3 (4.9)	0 (0.0)	
ไม่ใช้	63 (95.5)	7 (100)		28 (90.3)	42 (100)		26 (89.7)	44 (100)		58 (95.1)	12 (100)	

ข้อมูลด้านการทำงาน	หมวกปีกกว้าง			แว่นตา			หน้ากาก			ถุงมือยาง		
	การสวมใส่		P-value	การสวมใส่		P-value	การสวมใส่		P-value	การสวมใส่		P-value
	ใส่	ไม่ใส่		ใส่	ไม่ใส่		ใส่	ไม่ใส่		ใส่	ไม่ใส่	
ช่วงบ่าย (12.00 - 17.59 น.)			0.872			0.002*			0.001*			0.093
ฉีด	11 (16.7)	1 (14.3)		10 (32.3)	2 (4.8)		11 (37.9)	1 (2.3)		12 (19.7)	0 (0.0)	
ไม่ฉีด	55 (83.3)	6 (85.7)		21 (67.7)	40 (95.2)		18 (62.1)	43 (97.7)		49 (80.3)	12 (100)	

* มีระดับนัยสำคัญทางสถิติ < 0.05

สรุป

เกษตรกรผู้ปลูกอ้อยในหมู่บ้านเขาสำพุง ตำบลหนองหว้า อำเภอเขาฉกรรจ์ จังหวัดสระแก้ว จำนวน 73 คน มีความรู้และทัศคติในการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลระดับต่ำ และการปฏิบัติในการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลอยู่ในระดับไม่สม่ำเสมอ หรือไม่เคยปฏิบัติ และจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมการทำงาน ความรู้ ทัศนคติ กับการปฏิบัติในการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล พบว่า ปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ และโรคประจำตัวมีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติในการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล และประสบการณ์ในการทำงานในฐานะเกษตรกรผู้ปลูกอ้อย ระยะเวลาในการทำงานต่อวัน ระยะเวลาในการฉีดพ่น สารเคมีกำจัดศัตรูพืชประเภทออร์กาโนฟอสเฟต และช่วงเวลาการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในช่วงเวลาบ่ายมีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติในการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล อย่างไรก็ตาม พบว่า ความรู้และทัศนคติไม่มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติในการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล นอกจากนี้ควรมีการประชาสัมพันธ์ส่งเสริมให้เกษตรกร เห็นถึงความสำคัญของการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลทุกครั้งที่มีการใช้งานสารเคมีกำจัดศัตรูพืช เพื่อนำไปสู่การปฏิบัติที่ยั่งยืนเพื่อความปลอดภัยของเกษตรกร

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้อย่างสมบูรณ์ด้วยการให้ความช่วยเหลือของอาจารย์จินต์จุฑา ขำทอง ที่ได้สละเวลาอันมีค่าแก่คณะผู้วิจัย เพื่อให้คำปรึกษา แนะนำ และตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ มาโดยตลอด คณะวิจัยจึงขอขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้ ขอขอบคุณ อาจารย์อมตา อุตมะ อาจารย์ชลลดา พละราช และอาจารย์อรวรรณ ชำนาญพุดซา อาจารย์ประจำหลักสูตรอาชีวอนามัยและความปลอดภัยที่เสียสละเวลาในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม และให้คำแนะนำเป็นอย่างดีจนทำให้แบบสอบถามวิจัยสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยในหมู่บ้านเขาสำพุง และบ้านคลองมิตรสัมพันธ์ ตำบลหนองหว้า อำเภอเขาฉกรรจ์ จังหวัดสระแก้ว ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามและเก็บรวบรวมข้อมูลในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. สรุปสถานการณ์พื้นที่ปลูกอ้อยและผลผลิตอ้อยปีการผลิต 2559/60. 2560. p. 10-21.
2. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร ปี 2554-2560. 2561.
3. สำนักโรคจากการประกอบอาชีพ. สารเคมีกำจัดศัตรูพืชและผลกระทบต่อสุขภาพ. 2561.

4. Salvatore AL, Bradman, A., Castorina, R., Camacho, J., López, J., Barr, D. B.,& Eskenazi, B. Occupational behaviors and farmworkers' pesticide exposure: findings from a study in Monterey County, California. American journal of industrial medicine. 2008;51(10):782-94.

[HS-P26] ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสและแอลฟากลูโคสิเดสของสารสกัดหยาบจากดอกหอมหมื่นลี้

α-Amylase and α-Glucosidase Inhibitory Activity of Crude Extract from *Osmanthus fragrans* Flower

สุพัตรา วัฒนสาธิตอาภา
Suphatra Watanasatitarpa
ภาควิชาโลหิตวิทยาและจุลทรรศนศาสตร์คลินิก คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: suphatra.w@rsu.ac.th

บทคัดย่อ

เบาหวานเป็นกลุ่มโรคเกี่ยวข้องกับการเผาผลาญอาหารเนื่องจากร่างกายผลิตอินซูลินไม่เพียงพอหรือมีภาวะดื้อต่ออินซูลิน ส่งผลให้เกิดภาวะน้ำตาลในเลือดสูง หนึ่งในวิธีการรักษาโรคเบาหวาน ทำได้โดยการลดระดับน้ำตาลในเลือด ผ่านกลไกการยับยั้งเอนไซม์ย่อยอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรต ซึ่งได้แก่ แอลฟาอะไมเลส และแอลฟากลูโคซิเดส ในงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาฤทธิ์ยับยั้งการทำงานเอนไซม์ทั้ง 2 ชนิด ด้วยสารสกัดหยาบดอกหอมหมื่นลี้ที่สกัดด้วยวิธีที่แตกต่างกันที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เทียบกับอะคาร์โบส ในหลอดทดลอง ผลการวิจัยพบว่าค่าความเข้มข้นในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสได้ร้อยละ 50 อะคาร์โบส (0.08 mg/ml) มีค่า IC_{50} ที่ดีกว่าสารสกัดหยาบดอกหอมหมื่นลี้ที่ได้จากการหมักด้วย 95% เอทานอล (15.7 mg/ml) และสารสกัดหยาบที่ได้จากการชง (32.26 mg/ml) ตามลำดับ ในขณะที่ค่าความเข้มข้นในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสที่ร้อยละ 50 พบว่าสารสกัดหยาบดอกหอมหมื่นลี้ที่ได้จากการชงมีค่า IC_{50} ที่ดีที่สุด เท่ากับ 1.69 mg/ml รองลงมาคืออะคาร์โบส (4.5 mg/ml) และสารสกัดหยาบจากการหมักด้วย 95% เอทานอล (5.14 mg/ml) ตามลำดับ จากผลการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้ชี้ให้เห็นว่าสารสกัดหยาบดอกหอมหมื่นลี้ น่าจะมีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นอาหารเพื่อสุขภาพและโภชนเภสัชในการบำบัดโรคเบาหวานได้

คำสำคัญ: *เอนไซม์แอลฟาอะไมเลส, เอนไซม์แอลฟากลูโคสิเดส, ดอกหอมหมื่นลี้, โรคเบาหวาน*

Abstract

Diabetes mellitus is a metabolic disorder caused by insufficient or inefficient insulin secretion that is characterized by hyperglycemia. One of the therapeutic approaches for decreasing the concentration of glucose in the blood is to inhibition of carbohydrate digesting enzymes are α-amylase and α-glucosidase. In this research, interested in vitro studies on the inhibitory activity of both enzymes with the *Osmanthus fragrans* flowers crude extracts, which were extracted in different ways at various concentrations compared to the standard drug Acarbose. The results showed that α-amylase inhibitory concentration was 50%, it was found that Acarbose (0.08 mg/mL) had the IC_{50} value better than the crude extract by maceration with 95% ethanol (15.7 mg/ml) and crude extract by infusion method (32.26 mg/ml) respectively. While the concentration of α-glucoside inhibitor was 50%, it was found that the crude extract from the infusion method had the best IC_{50} value (1.69 mg/mL) following by Acarbose (4.5 mg/mL) and crude extract by maceration with 95% ethanol (5.14 mg/mL), respectively. According to the results of this research, it has been suggested that the *O. fragrans* crude flower crude extracts have the potential to be used as a food for health and nutraceutical for diabetes therapy.

Keywords: *α-amylase, α-glucosidase, Osmanthus fragrans, diabetes mellitus*

บทนำ

โรคเบาหวาน เป็นความผิดปกติของต่อมไร้ท่อที่พบได้บ่อย ที่มีผลกระทบกับคนจำนวนมากกว่า 100 ล้านคนทั่วโลก (6% ของประชากร) และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอีกประมาณ 5 เท่าในอีก 10 ปีข้างหน้า หากผู้ป่วยเกิดภาวะน้ำตาลในเลือดสูงติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน จะส่งผลให้เกิดการกระตุ้นการสร้างอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดภาวะแทรกซ้อนกับอวัยวะต่างๆ ได้ [(1)] ปัจจุบันการรักษาโรคเบาหวาน นอกจากการได้รับอินซูลินร่วมกับยาลดระดับน้ำตาลชนิดรับประทานพร้อมด้วยการรับประทานอาหารที่เหมาะสมและการออกกำลังกาย วิธีการหนึ่งในการรักษาโรคเบาหวานให้ได้ผล คือการทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดลดลงหลังรับประทานอาหาร ซึ่งสามารถทำได้โดยการชะลอการดูดซึมน้ำตาลกลูโคส โดยอาศัยการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสและเอนไซม์แอลฟากลูโคสิเดส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มีหน้าที่ย่อยแป้งและคาร์โบไฮเดรตให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวในระบบทางเดินอาหาร ดังนั้นการใช้สารยับยั้งเอนไซม์เหล่านี้ จึงช่วยชะลอการย่อยอาหารคาร์โบไฮเดรตและยืดเวลาการย่อยคาร์โบไฮเดรตส่งผลให้มีการดูดซึมกลูโคสลดลง จึงช่วยลดทอนการเพิ่มขึ้นของกลูโคสในพลาสมาหลังรับประทานอาหาร [(2)] ปัจจุบันยาที่มีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ดังกล่าว ที่ใช้ในการรักษาผู้ป่วยโรคเบาหวาน ได้แก่ Acarbose, Miglitol และ Voglibose [(3)] อย่างไรก็ตามยากลุ่มนี้เป็นที่รู้กันดีว่ามีผลข้างเคียงต่อระบบทางเดินอาหาร ส่งผลให้มีอาการปวดท้อง ท้องอืด และท้องเสียได้ [(4)] ดังนั้นจึงมีความสนใจในการสรรหาพืชสมุนไพรมาใช้ในการรักษาโรคเบาหวานทดแทนยาในปัจจุบัน

หอมหมื่นลี้ เป็นต้นไม้ที่นิยมปลูกในพื้นที่ที่มีอากาศหนาวของประเทศไทย ดอกหอมหมื่นลี้สามารถนำมาใช้ชงเป็นชา ปรุงอาหาร ปรุงในไวน์ สกัดเป็นหัวน้ำหอม สารสกัดจากดอกหอมหมื่นลี้ (*Osmanthus fragrans*) ได้รับรายงานว่ามีฤทธิ์ทางชีวภาพต่างๆ ได้แก่ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ ต้านมะเร็ง เป็นต้น [(5-6)] นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าสามารถช่วยป้องกันโรคตับและโรคไต ที่มีสาเหตุมาจากภาวะ lipotoxicity [(7)] มีรายงานว่าหอมหมื่นลี้มีสารสำคัญที่น่าจะนำมาใช้เป็นยารักษาโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะสารจำพวกกรดยูโซลิก (Ursolic acid) ที่สามารถเพิ่มระดับอินซูลินและคงระดับน้ำตาลในเลือดให้อยู่ในระดับปกติ [(8-9)] จากข้อมูลข้างต้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส และเอนไซม์แอลฟากลูโคสิเดสของสารสกัดหยาบดอกหอมหมื่นลี้ เมื่อทำการสกัดด้วยวิธีการชง และการหมักด้วยเอทานอล ซึ่งเป็นวิธีการสกัดที่ทำได้ง่าย ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่ยุ่งยากและทำได้เองที่บ้าน โดยเทียบกับยา Acarbose ซึ่งการศึกษาวิจัยนี้คาดว่าจะเป็นประโยชน์อย่างมากในกลุ่มผู้ป่วยที่ได้รับผลข้างเคียงและไม่สามารถใช้ยาแผนปัจจุบันรักษาได้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ตัวอย่างทดสอบ
   ดอกหอมหมื่นลี้อบแห้งจากร้านเก่งใบชา อ.แม่จัน จ.เชียงราย (http://www.kengbaicha.com/)
2. การสกัดสารสกัดหยาบจากดอกหอมหมื่นลี้
   ทำการสกัดด้วยด้วยวิธีชง (Infusion) ด้วยน้ำ และหมัก (Maceration) ด้วย 95% เอทานอล [(10)]

2.1 การสกัดด้วยวิธีการชงกับน้ำร้อน (Infusion) โดยนำดอกหอมหมื่นลี้อบแห้ง 1 g ทำให้ชื้นด้วยน้ำ ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 15 นาที หลังจากนั้นเติมน้ำเดือด ปริมาตร 100 ml แล้วปิดฝาภาชนะให้สนิท ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที ทำการกรองด้วยผ้าขาวบาง แล้วนำมากรองผ่านกระดาษกรองอีกครั้ง จากนั้นนำสารสกัดที่ได้มาอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C และเก็บรักษาที่ได้ที่อุณหภูมิ -20 °C

2.2 การสกัดด้วยวิธีการหมัก (Maceration) ด้วย 95% เอทานอล โดยนำดอกหอมหมื่นลี้อบแห้ง 1 g บรรจุในภาชนะปิดสนิท เติมตัวทำละลาย 95% เอทานอล ตั้งทิ้งไว้ 7 วัน เขย่าหรือคนทุกวัน วันละหลายๆ ครั้ง หลังจากนั้นกรองและบีบคั้นน้ำออกให้หมด กรองผ่านกระดาษกรอง จากนั้นนำสารสกัดที่ได้มาอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C และเก็บรักษาที่ได้ที่อุณหภูมิ -20 °C

3. การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส

การศึกษาฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะไมเลส โดยวิธี Enzymatic colorimetric method [(11)] ในการทดสอบใช้ 1% soluble starch เป็น substrate นำสารสกัดหยาบจากดอกหอมหมื่นลี้และ Acarbose ที่ความเข้มข้นต่างๆ ละลายในน้ำปราศจากไอออน จากนั้นเติม 1 U/ml α-amylase ที่ละลายใน 20 mM sodium phosphate buffer (pH 6.9) ที่มี 6.7 mM sodium chloride เป็นส่วนประกอบ ปริมาตร 100 μl ในแต่ละหลอด ยกเว้นหลอด blank (หลอด blank ใส่ 20 mM sodium

phosphate buffer, pH 6.9) และเติมสารสกัดหยาบ ปริมาตร 100 µl เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นนำไปบ่มที่ 25 °C เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นเติม 1% soluble starch ปริมาตร 100 µl ในทุกหลอด เขย่าให้เข้ากัน แล้วจึงนำไปบ่มที่ 25°C เป็นเวลา 10 นาที แล้วจึงเติม color reagent ซึ่งประกอบด้วย 96 mM 3,5-dinitrosalicylic acid (20 ml), 5.31 M sodium potassium tartrate, 2 M sodium hydroxide (8 ml) และ deionized water (12 ml) ปริมาตร 200 µl ในทุกหลอด หยุดปฏิกิริยาโดยการต้มในน้ำเดือดนาน 5 นาที เมื่อครบเวลาแช่ในน้ำแข็งทันที จากนั้นเติมน้ำปราศจากไอออน 3 ml ในทุกหลอดเขย่าให้เข้ากัน นำไปปั่นที่ความเร็วรอบ 5,000 rpm นาน 5 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 nm ซึ่งร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสคำนวณตามสูตรนี้

$$\text{ร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (\%)} = \left(\frac{\Delta A_{control} - \Delta A_{sample}}{\Delta A_{control}}\right) \times 100$$

$$\Delta A_{control} = A_{test1} - A_{blank1}$$

$$\Delta A_{sample} = A_{test2} - A_{blank2}$$

เมื่อ A_{test1} และ A_{test2} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำปราศจากไอออนและสารสกัดหยาบจากดอกหอมหมื่นลี้ที่มีเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส

เมื่อ A_{blank1} และ A_{blank2} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำปราศจากไอออนและสารสกัดหยาบจากดอกหอมหมื่นลี้ที่ไม่มีเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส

4. การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคสิเดส

การศึกษาฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดส ด้วยวิธี Enzymatic colorimetric method [12] โดยวัดอัตราของการปล่อย *p*-nitrophenol จาก PNPG นำสารสกัดหยาบจากดอกหอมหมื่นลี้ และ Acarbose ที่ความเข้มข้นต่างๆ นำมาละลายในน้ำปราศจากไอออน ในการทดสอบเริ่มโดยการเติม 3 mM Glutathione ปริมาตร 25 µl และเติม 0.067 M Potassium phosphate buffer (pH 6.8) ปริมาตร 250 µl และเติม 0.3 U/ml α-glucosidase ปริมาตร 25 µl ยกเว้นหลอด blank (หลอด blank เติมน้ำปราศจากไอออน) จากนั้นเติมสารสกัดหยาบปริมาตร 25 µl ใส่ในทุกหลอด เขย่าให้เข้ากันนำไปบ่มที่ 37 °C เป็นเวลา 10 นาที เมื่อครบเวลาแล้วเติม 10 mM PNPG ปริมาตร 25 µl ในแต่ละหลอด เขย่าให้เข้ากัน นำไปบ่มที่ 37 °C ใน water bath นาน 10 นาที จากนั้นเติม 0.1 M sodium carbonate ปริมาตร 400 µl ในทุกหลอดเพื่อหยุดปฏิกิริยา นำไปปั่นที่ความเร็วรอบ 5,000 rpm นาน 5 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 400 nm ซึ่งร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดส คำนวณตามสูตรนี้

$$\text{ร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคสิเดส (\%)} = \left(\frac{\Delta A_{control} - \Delta A_{sample}}{\Delta A_{control}}\right) \times 100$$

$$\Delta A_{control} = A_{test1} - A_{blank1}$$

$$\Delta A_{sample} = A_{test2} - A_{blank2}$$

เมื่อ A_{test1} และ A_{test2} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำปราศจากไอออนและสารสกัดหยาบจากดอกหอมหมื่นลี้ที่มีเอนไซม์แอลฟากลูโคสิเดส

เมื่อ A_{blank1} และ A_{blank2} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำปราศจากไอออนและสารสกัดหยาบจากดอกหอมหมื่นลิ้งที่ไม่มีเอนไซม์แอลฟากลูโคสิเดส

5. การรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

เก็บรวบรวมผลการศึกษาในรูปแบบร้อยละของการยับยั้งเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสและเอนไซม์แอลฟากลูโคสิเดสของสารสกัดหยาบดอกหอมหมื่นลี้ และนำมาวิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณา mean $\pm$ SD และหาค่า IC_{50} (ค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสและเอนไซม์แอลฟากลูโคสิเดสได้ร้อยละ 50) คำนวณจากกราฟระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดหยาบดอกหอมหมื่นลี้กับค่าร้อยละของการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟากลูโคสิเดส โดยใช้

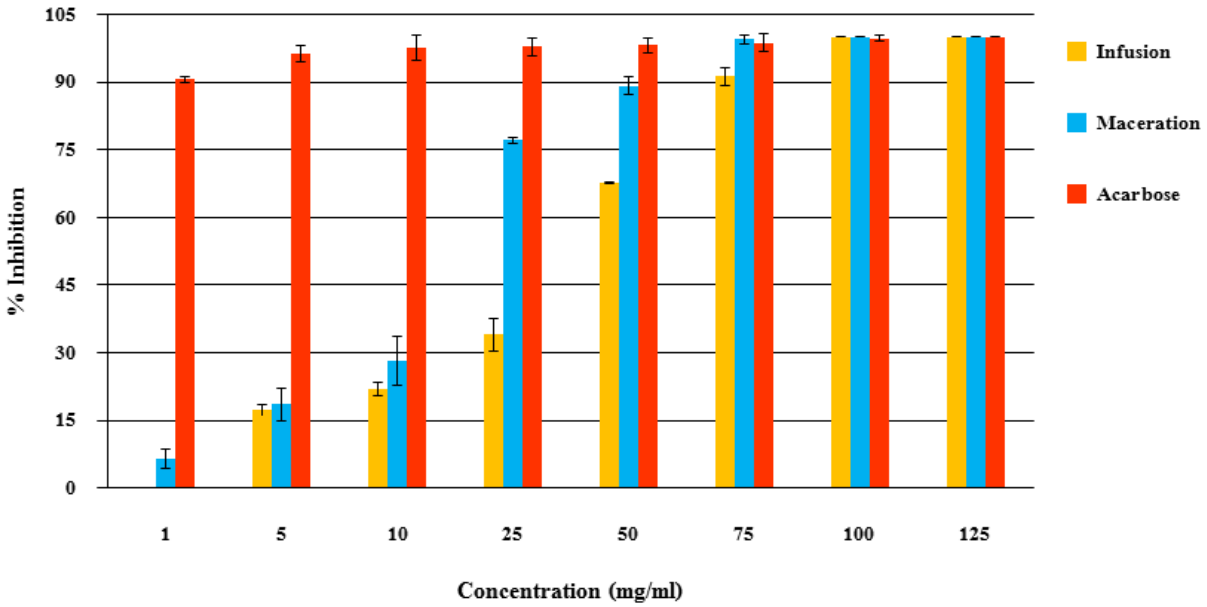
โปรแกรม Sigma plot version 12.0 ทดสอบการแจกแจงของข้อมูลด้วยสถิติ Shapiro-Wilk และใช้สถิติ One-way ANOVA ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูล โดยกำหนดค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

สารสกัดหยาบดอกหอมหมื่นลี้ที่สกัดด้วยวิธีชงด้วยน้ำ (Infusion) และหมัก (Maceration) ด้วย 95% เอทานอล ซึ่งมีผลผลิตร้อยละของสารสกัด (% yield) เท่ากับร้อยละ 20.33 และ 27.67 ตามลำดับ

1. ผลการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสด้วยสารสกัดหยาบดอกหอมหมื่นลี้

ผลการศึกษาฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสของสารสกัดหยาบดอกหอมหมื่นลี้ ที่สกัดด้วย 2 วิธี คือ ชงด้วยน้ำ และสกัดด้วยวิธีหมัก 95% เอทานอล เทียบกับยามาตรฐาน Acarbose ที่ความเข้มข้น 1-125 mg/ml พบว่าร้อยละการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสมีค่าเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารสกัด (ภาพที่ 1) เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของร้อยละของฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสของสารสกัดหยาบดอกหอมหมื่นลี้ที่สกัดด้วยวิธีที่แตกต่างกัน 2 วิธี คือ ชงด้วยน้ำ และสกัดด้วยวิธีหมัก 95% เอทานอล เปรียบเทียบกับ Acarbose ที่ความเข้มข้น 125 mg/ml โดยใช้สถิติ One-way ANOVA โดยกำหนดค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 พบว่าวิธีชงด้วยน้ำ ที่ความเข้มข้น 1, 5, 10, 25, 50 และ 75 mg/ml มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.001$ และที่ความเข้มข้น 100 และ 125 mg/ml ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับยามาตรฐาน Acarbose ส่วนของวิธีหมักด้วย 95% เอทานอล พบว่าที่ความเข้มข้น 1, 5, 10, 25 และ 50 mg/ml มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.001$ และที่ความเข้มข้น 75, 100 และ 125 mg/ml ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับยา Acarbose ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการสกัดด้วยวิธีชงด้วยน้ำ และวิธีหมักด้วย 95% เอทานอลที่ความเข้มข้นน้อยที่สุดที่มีฤทธิ์ยับยั้งไม่แตกต่างจากยามาตรฐาน Acarbose คือ 100 และ 75 mg/ml ตามลำดับ



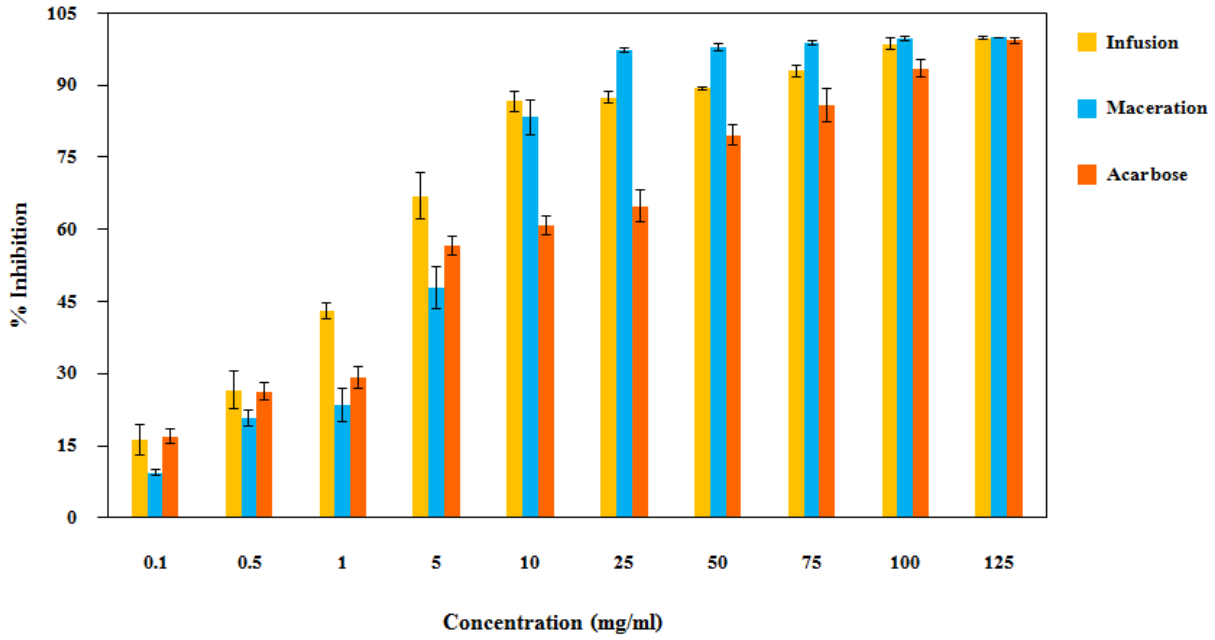
ภาพที่ 1 ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสของสารสกัดหยาบจากดอกหอมหมื่นลี้เทียบกับ Acarbose

ผลการศึกษาในส่วนของค่าความเข้มข้นในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสได้ร้อยละ 50 (IC_{50}) พบว่า Acarbose ซึ่งเป็นตัวควบคุมบวก มีค่า IC_{50} ดีที่สุด เท่ากับ 0.08 mg/ml รองลงมาเป็นสารสกัดด้วยวิธีการหมักด้วย 95% เอทานอล เท่ากับ 15.07 mg/ml และวิธีการชงด้วยน้ำ เท่ากับ 32.26 mg/ml ตามลำดับ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ji-Yeon Yang และคณะ ในปี 2017 [13] ซึ่งทำการสกัดสารที่สำคัญจากดอกหอมหมื่นลี้ด้วยเมทานอล พบสารที่สำคัญ 2 ตัว คือ 9, 12-octadecadienoic

acid และ 4-(2,6,6-trimethyl-1-cyclohexenyl)-3-buten-2-one) ซึ่งแสดงฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของ α-amylase และ α-glucosidase, AGEs formation และ oxidative stress ได้ดี [13] จึงน่าจะเป็นไปได้ว่าสารสกัดในงานวิจัยนี้มีแนวโน้มในการนำมาใช้เพื่อพัฒนาเป็นยารักษาโรคเบาหวานได้ในอนาคต

2. ผลการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟากลูโคสิเดสด้วยสารสกัดหยาบจากดอกหอมหมื่นลี้

ผลการศึกษาฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคสิเดสของสารสกัดหยาบดอกหอมหมื่นลี้ โดยการวัดอัตราการปลดปล่อย p-nitrophenol จาก PNPG ซึ่งใช้ PNPG เป็นสารตั้งต้น ผลการศึกษาฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสของสารสกัดหยาบดอกหอมหมื่นลี้ ที่สกัดด้วยวิธีชงด้วยน้ำ สกัดด้วยวิธีหมัก 95% เอทานอล เทียบกับ Acarbose ที่ความเข้มข้น 0.1-125 mg/ml พบว่าร้อยละการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสมีค่าเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารสกัด (ภาพที่ 2) เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของร้อยละของฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟากลูโคสิเดสของสารสกัดหยาบดอกหอมหมื่นลี้ที่สกัดด้วยวิธีที่แตกต่างกัน 2 วิธี คือ ชงด้วยน้ำ และสกัดด้วยวิธีหมัก 95% เอทานอลเปรียบเทียบกับตัวควบคุมบวก คือ Acarbose ที่ความเข้มข้น 125 mg/ml โดยใช้สถิติ One-way ANOVA โดยกำหนดค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 พบว่าวิธีชงด้วยน้ำ ที่ความเข้มข้น 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 25 และ 50 mg/ml มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ และที่ความเข้มข้น 75, 100 และ 125 mg/ml ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับยามาตรฐาน Acarbose ส่วนของวิธีหมักด้วย 95% เอทานอล พบว่าที่ความเข้มข้น 0.1, 0.5, 1, 5 และ10 mg/ml มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ และที่ความเข้มข้น 25, 50, 75, 100 และ 125 mg/ml ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับยามาตรฐาน Acarbose ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการสกัดด้วยวิธีชงด้วยน้ำ และวิธีหมักด้วย 95% เอทานอลที่ความเข้มข้นน้อยที่สุดที่มีฤทธิ์ยับยั้งไม่แตกต่างจากยามาตรฐาน Acarbose คือ 75 และ 25 mg/ml ตามลำดับ



ภาพที่ 2 ฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟากลูโคสิเดสของสารสกัดหยาบจากดอกหอมหมื่นลี้เทียบกับ Acarbose

ผลการศึกษาในส่วนของค่าความเข้มข้นในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสที่ร้อยละ 50 (IC_{50}) พบว่าวิธีชงด้วยน้ำมีค่า IC_{50} ที่ดีที่สุด เท่ากับ 1.69 mg/ml รองลงมาคือ Acarbose ซึ่งเป็นตัวควบคุมบวก เท่ากับ 4.50 mg/ml และวิธีการหมักด้วย 95% เอทานอล เท่ากับ 5.14 mg/ml ตามลำดับ ในการศึกษาวิจัยนี้คาดว่าสารออกฤทธิ์ที่สำคัญที่ช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสที่สำคัญ คือ ursolic acid และ oleanolic acid ซึ่งเป็นสารที่มีฤทธิ์ในการลดระดับน้ำตาลในเลือดได้ ซึ่งได้รายงานไว้ในงานวิจัยของ Wenyi Kang และคณะ ในปี 2012 [14] ซึ่งได้รายงานไว้ว่าสารดังกล่าวสามารถลดระดับน้ำตาล

ในเลือดของหนู mice ที่ได้รับการเหนี่ยวนำให้เป็นเบาหวาน นอกจากนี้แล้วพบว่าสารสกัดในงานวิจัยครั้งนี้มีฤทธิ์ยับยั้งที่น้อยกว่าสารสกัดในงานวิจัยของ Wenyi Kang และคณะ ที่พบว่าสารสกัดเอทานอลของดอกหอมลี้ มีค่า IC_{50} เท่ากับ 12.5 μg/ml อีกทั้งยังพบว่าฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ดังกล่าวให้ผลการศึกษาที่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Anastasia Wheni และคณะ ในปี 2015 [14] ที่ทำการศึกษาสารสกัดเมทานอลของใบหอมหมื่นลี้ (*O. fragrans* var aurantiacus) มีค่า IC_{50} > 185.7 μg/mL [14]

สรุป

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าสารสกัดหยาบดอกหอมหมื่นลี้มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสและแอลฟากลูโคสิเดสได้ดีใกล้เคียงกับยา Acarbose ดังนั้นสารสกัดหยาบนี้จึงน่าจะมีศักยภาพในการนำมาใช้ประโยชน์ในการช่วยลดและควบคุมระดับน้ำตาล ในผู้ป่วยโรคอ้วนและโรคเบาหวานได้ โดยผ่านกลไกการยับยั้งการย่อยและช่วยลดการดูดซึมของคาร์โบไฮเดรตได้ นอกจากนั้นยังเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับดอกหอมหมื่นลี้ซึ่งเป็นพืชที่พบได้มากทางภาคเหนือของประเทศไทย อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่ทำการศึกษาในครั้งนี้เป็นงานวิจัยที่ทำให้เกิดองค์ความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวกับคุณสมบัติของสารออกฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ทั้ง 2 ชนิด จึงควรทำการวิจัยต่อไปว่าสารประกอบหลักใดที่เป็นสารออกฤทธิ์ดังกล่าว และควรศึกษาในระดับสัตว์ทดลอง (*in vivo*) ตลอดจนทำการศึกษาความเป็นพิษต่ออวัยวะต่างๆ เพื่อนำความรู้มาพัฒนาและผลิตสารสกัดจากดอกหอมหมื่นลี้ให้เป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารหรือเป็นยาได้ในอนาคต ซึ่งในปัจจุบันนี้พบว่าได้รับความนิยมในเรื่องการชงดื่มเช่นเดียวกับการดื่มชาทั่วไป

เอกสารอ้างอิง

1. Ford, A. M. Focus on Diabetes Mellitus Research. New York: Nova Publishers. 2006.
2. Rhabasa, L., & Chiasson, J. L. Alpha-Glucosidase Inhibitor, Canada: John Wiley & Sons, Ltd. 2004.
3. Irons, B., & Minze, M. Drug treatment of type 2 diabetes mellitus in patients for whom metformin is contraindicated. Diabetes Metab Syndr Obes. 2014; 7:15-24. DOI: 10.2147/DMSO.S38753
4. Fujisawa, T., Ikegami, H., Inoue, K., Kawabata, Y., & Ogihara, T. Effect of two α-glucosidase inhibitors, voglibose and acarbose, on postprandial hyperglycemia correlates with subjective abdominal symptoms. Metabolism. 2005; 54(3):387–390. Available from: https://doi.org/10.1016/j.metabol.2004.10.004
5. Hung CY, Tsai YC, Li KY. Phenolic antioxidants isolated from the flowers of *Osmanthus fragrans*. Molecules. 2012; 17(9):10724-37. DOI: 10.3390/molecules170910724
6. Mao S, Wang K, Lei Y, Yao S, Lu B, Huang W. Antioxidant synergistic effects of *Osmanthus fragrans* flowers with green tea and their major contributed antioxidant compounds. Sci Rep. 2017; 7: 46501. DOI: 10.1038/srep46501
7. Tsai PJ, Chang ML, Hsin CM, Chuang CC, Chuang LT, Wu WH. Antilipotoxicity Activity of *Osmanthus fragrans* and *Chrysanthemum morifolium* Flower Extracts in Hepatocytes and Renal Glomerular Mesangial Cells. Mediators Inflamm. 2017; 2017: 4856095. Available from: https://doi.org/10.1155/2017/4856095
8. Seo DY, Lee SR, Heo JW, No MH, Rhee BD, Ko KS, *et al.* Ursolic acid in health and disease. Korean J Physiol Pharmacol. 2018; 22(3):235-48. DOI: 10.4196/kjpp.2018.22.3.235
9. Jang SM, Yee ST, Choi J, Choi MS, Do GM, Jeon SM, *et al*. Ursolic acid enhances the cellular immune system and pancreatic beta-cell function in streptozotocin-induced diabetic mice fed a high-fat diet. Int Immunopharmacol. 2009; 9(1):113-9. Available from: https://doi.org/10.1016/j.intimp.2008.10.013

10. อ้อมบุญ ล้วนรัตน์ และบุศรา นรดี. การสกัดและตรวจสอบสารสำคัญจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ. ภาควิชาเภสัชวินิจฉัย คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. 2536.

11. Nickavar, B., Abolhasani, L., & Izadpanah, H. Alpha-Amylase Inhibitory Activities of Six Salvia Species. Iran J Pharm Res. 2008; 7(4):297–303.

12. Si, M., Lou, J., Zhou, C.-X., Shen, J.-N., Wu, H.-H., Yang, B., Wu, H.-S. Insulin releasing and alpha-glucosidase inhibitory activity of ethyl acetate fraction of *Acorus calamus* in vitro and in vivo. J Ethnopharmacol. 2010; 128(1):154–159. Available from: Yang JY, Park JH, Chung N, Lee HS. Inhibitory Potential of Constituents from *Osmanthus fragrans* and Structural Analogues Against Advanced Glycation End Products, alpha-Amylase, alpha-Glucosidase, and Oxidative Stress. Sci Rep. 2017; 7: 45746. DOI: 10.1038/srep45746

13. Kang W, Song Y, Gu X. α-glucosidase inhibitory in vitro and antidiabetic activity in vivo of *Osmanthus fragrans*. J. Med. Plants Res. 2012; 6(14):2850-2856. DOI: 10.5897/JMPR011.1402

คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ

Computer and Information (IT)

[IT-O01] การพัฒนาเว็บไซต์ให้บริการนักท่องเที่ยวทัวร์สตรีทฟู้ด

Website Development for Tourist Services Street Food Tours

บุญยานุช รอดปัญญา[1*], ไดซ์ กิตติพันธ์วรกุล[1], อุกกฤษฎ์ กระอาจ[1], และ ชฎารัตน์ พิพัฒนนันท์[1]
Boonyanuch Rodpunya[1*] , Dai Kittipunvoragul[1], Aukkit Kraoaj[1], and Chadarat Phipathananunth[1],
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: 5905104010@live4.utcc.ac.th*

บทคัดย่อ

สตรีทฟู้ด (Street Food) นับว่าเป็นเอกลักษณ์อย่างหนึ่งของประเทศไทย เพราะด้วยความหลากหลายของเมนูอาหาร รสชาติ และราคาไม่สูงมาก จึงทำให้สตรีทฟู้ดเป็นที่นิยมแก่คนไทยทั่วไปรวมไปถึงนักท่องเที่ยวชาวต่างชาติด้วย แต่ด้วยปัญหาด้านการจราจรที่ค่อนข้างติดขัดเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรุงเทพมหานครทำให้การเดินทางโดยรถยนต์ไม่สะดวกและใช้เวลานาน ดังนั้นวัตถุประสงค์ในงานวิจัยนี้คือการพัฒนาเว็บไซต์ที่ให้บริการทัวร์รับประทานอาหารสตรีทฟู้ดที่เดินทางโดยจักรยานยนต์ไปยังสถานที่ต่าง ๆ ซึ่งจัดว่าเป็นทางเลือกใหม่ในการให้บริการแก่นักท่องเที่ยวชาวต่างชาติที่ต้องการประสบการณ์ใหม่ โดยในการเดินทางไปยังร้านสตรีทฟู้ดนั้นจะมีบริการไกด์ที่เป็นบุคคลท้องถิ่นของพื้นที่คอยให้บริการ และ แนะนำร้านค้า ช่วยลดปัญหาการเดินทางและการสื่อสารของนักท่องเที่ยว เป็นการเพิ่มช่องทางในการเผยแพร่วัฒนธรรมอาหารท้องถิ่นให้แก่นักท่องเที่ยวชาวต่างชาติ ผลจากการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานเว็บไซต์ของผู้ใช้งานจำนวน 37 คน พบว่ามีค่าความพึงพอใจเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.39 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยเท่ากับ 0.69 จัดอยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด
คำสำคัญ: *สตรีทฟู้ด, ไกด์, เว็บไซต์ให้บริการนักท่องเที่ยวทัวร์สตรีทฟู้ด*

Abstract

Street Food is unique of Thailand with a variety of menu, taste, and price is not high therefore making Street Food popular for foreign tourists, but because of transportation problems in Thailand that is not facilitate and the traffic problem is jammed. Therefore, the objective of this research is to develop a website for Street Food Tours to provide an alternative to services for foreign tourists who want to open new experiences in traveling to Street Food By having a guide who is a local person of that area providing services and advice which will help reduce travel problems for tourists. It is a way to spread the local food culture to foreign tourists. The result of the satisfaction evaluation of the website system of 37 users, found that the overall average satisfaction was 4.39 and the standard deviation was 0.69, which was the highest satisfaction level.
Keywords: *Street Food, guide, website for Street Foods Tour*

บทนำ

นอกจากประเทศไทยจะมีสถานที่ท่องเที่ยวที่สวยงาม ซึ่งสร้างรายได้ให้ประเทศอย่างมหาศาลแล้ว ความนิยมของ Street Food ก็เป็นที่นิยมเช่นเดียวกัน ด้วยความหลากหลายของเมนูอาหาร และสะดวกต่อการเลือกซื้อ ทำให้สตรีทฟู้ดเมืองไทยเป็นที่นิยมแก่นักท่องเที่ยวชาวต่างชาติได้เป็นอย่างดี และเห็นได้ชัดจากสถิติการที่กรุงเทพฯ ติดอันดับสามของเมืองที่มีการใช้จ่ายด้านอาหารมากที่สุด (GDCI: Indulgences) ด้วยจำนวนเงิน 3,380 ล้านดอลลาร์สหรัฐ หรือ 108,000 ล้านบาท จากผลการสำรวจสุดยอดเมืองจุดหมายปลายทางของโลกในด้านอาหารและเครื่องดื่มตามลำดับการใช้จ่าย ในปี พ.ศ. 2561 ของมาสเตอร์การ์ด (Mastercard Global Destination Cities Index–GDCI) [(1)]

สตรีทฟู้ดหรืออาหารริมทาง จัดเป็นอาหารจานด่วนที่พร้อมรับประทานเช่นเดียวกับฟาสต์ฟู้ด (Fast Food) เนื่องจาก-สตรีทฟู้ดมักจะนิยมขายตามริมถนนหรือบนพื้นที่สาธารณะ มีทั้งเป็นแบบซุ้มอาหาร รถเข็น หรือแม้แต่ร้านค้าหาบเร่แผงลอย Bangkok Street Food จึงเรียกได้ว่าเป็นอีกหนึ่งเอกลักษณ์ของประเทศไทย ข้อมูลจากสำนักข่าว CNN [(2)] เมื่อปี พ.ศ. 2559 ที่ผ่านมากรุงเทพฯ ถูกจัดอันดับให้เป็น 1 ใน 23 เมืองทั่วโลก ที่มีสตรีทฟู้ดที่ดีที่สุด ยกตัวอย่างเช่น ถนนย่านเยาวราช เป็นสถานที่สตรีทฟู้ดอันดับต้น ๆ ที่นักท่องเที่ยวชาวต่างชาติจะนึกถึงก่อนเสมอ แต่สตรีทฟู้ดในบางพื้นที่ หรือบางร้าน ซึ่งเป็นสถานที่ที่รู้จักในกลุ่มบุคคลท้องถิ่นในพื้นที่นั้นเท่านั้น และอาจจะเข้าถึงลำบากด้วยอาจจะไม่มีรถโดยสารสาธารณะผ่าน ทำให้นักท่องเที่ยวไม่อยากเดินทางไปยังร้านนั้น ๆ และอีกหนึ่งปัญหาที่เป็นปัญหาสำคัญของกรุงเทพฯ และประเทศไทย คือปัญหาด้านการจราจรที่ค่อนข้างติดขัดเป็นอย่างมาก ทำให้ไม่สะดวกสำหรับนักท่องเที่ยวหากให้บริการโดยรถยนต์หรือรถโดยสารสาธารณะ เพราะจะทำให้เสียเวลาอย่างมาก จึงเป็นสาเหตุที่คณะผู้วิจัยวิเคราะห์ว่าจะให้บริการนักท่องเที่ยวโดยการใช้รถจักรยานยนต์เป็นยานพาหนะแทน

ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นในการพัฒนาเว็บไซต์ให้บริการนักท่องเที่ยวทัวร์สตรีทฟู้ด (IJOEat) เพื่อเป็นช่องทางหรือทางเลือกอีกหนึ่งทางเลือกให้แก่นักท่องเที่ยวชาวต่างชาติ ที่ต้องการไปเยือนร้านอาหารที่เป็นสตรีทฟู้ด โดยมีไกด์หรือผู้ให้บริการเป็นบุคคลท้องถิ่นในพื้นที่นั้น ๆ เพื่อให้นักท่องเที่ยวได้รับประสบการณ์ใหม่ ๆ ในการท่องเที่ยวประเทศไทย รวมทั้งวัฒนธรรมเกี่ยวกับอาหารท้องถิ่นของพื้นที่นั้นโดยตรงอย่างแท้จริง โดยจะให้บริการผ่านเว็บไซต์ http://www.ijoeat.cf/

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อพัฒนาเว็บไซต์ให้บริการนักท่องเที่ยวทัวร์สตรีทฟู้ด
2. เพื่อเพิ่มช่องทางในการเผยแพร่วัฒนธรรมอาหารท้องถิ่นให้แก่นักท่องเที่ยวชาวต่างชาติ

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. WordPress คือ โปรแกรมสำเร็จรูปที่มีไว้เพื่อสร้างและจัดการเนื้อหาบนอินเทอร์เน็ต (Contents Management System หรือ CMS) กล่าวคือ CMS เป็นระบบที่นำมาช่วยในการสร้างและบริหารเว็บไซต์แบบสำเร็จรูป โดยในการใช้งาน CMS นั้น ผู้ใช้งานแทบไม่ต้องมีความรู้ในด้านการเขียนโปรแกรม ก็สามารถสร้างเว็บไซต์ได้ ตัวของ CMS เองจะมีโปรแกรมแถมมาและสามารถแทรกเองได้มากมาย แทนที่จะดาวน์โหลดโปรแกรมมาทำการสร้างและออกแบบเว็บไซต์บนเครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้ เช่น Adobe Dreamweaver, Adobe Muse เป็นต้น แต่ CMS นั้นถูกสร้างมาเพื่อใช้งานบนอินเทอร์เน็ตโดยตรง หมายความว่าเมื่อผู้ใช้จะใช้งานโปรแกรมนี้ ผู้ใช้จะสามารถใช้ได้ทันทีผ่านอินเทอร์เน็ต เพียงแค่ล็อกอินเข้าสู่ระบบจัดการของ CMS นั้น ๆ

2. WordPress Plugins คือ ชุดคำสั่งสำเร็จรูปที่ผู้ใช้สามารถเอามาใช้ได้ทันที โดยการ upload เข้าไปยังระบบจัดการโดย Plugin มีหน้าที่เป็นส่วนเสริมหรือปรับแต่งเว็บไซต์ หรืออำนวยความสะดวกตามที่ผู้ใช้ต้องการ โดยจะมีให้บริการทั้งแบบฟรีและมีค่าใช้จ่าย โดยทางผู้วิจัยได้ใช้มีการใช้ปลั๊กอินของเวิร์ดเพรส ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 WooCommerce คือ ปลั๊กอินใช้ทำธุรกิจร้านค้าออนไลน์ใน WordPress ซึ่งได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก จึงทำให้มีนักพัฒนาทำส่วนเสริม Extension เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและเติมส่วนที่ขาดไป โดยทำเป็นปลั๊กอินที่สามารถ Install ลงไปใช้งานได้ทันที

2.2 WooCommerce PayPal Checkout Gateway คือ ปลั๊กอินย่อย (Extension) ของ WooCommerce ที่ใช้สำหรับการชำระเงิน ด้วย PayPal

2.3 WooCommerce Rental & Bookings System คือ ปลั๊กอินย่อย (Extension) ของ WooCommerce ที่ใช้ในการสร้างระบบสำหรับการเช่า-จอง สินค้า หรือผลิตภัณฑ์ของธุรกิจร้านออนไลน์นั้น ๆ

3. PHP ย่อมาจากคำว่า “Personal Home Page Tool” (ปัจจุบันได้เพิ่มเติมคำย่อใหม่โดยรวมกับตัวย่อเป็น PHP : PHP Hypertext Preprocessor) ซึ่งเป็นภาษาประเภท Script Language ที่ทำงานแบบ Server Side Script กระบวนการทำงานจะทำงานแบบโปรแกรมแปลคำสั่ง interpreter คือแปลภาษาทุกครั้งที่มีคนเรียกสคริปต์ ข้อดีคือ ไม่ต้องนำไปประมวลผลใหม่

(Compiler) เมื่อจะนำโปรแกรมไปใช้งาน หรือจะอัพเดตเวอร์ชันของโปรแกรม สามารถอัพโหลดขึ้นไปทับไฟล์เดิมแล้วใช้งานได้ทันที ข้อเสียที่ต่างกันอย่างชัดเจนก็คือ กรณี Syntax ผิดจะรู้ก็ต่อเมื่อมีผู้ใช้งานเจอบั๊ก (บั๊กมาจากคำว่า Bug ในภาษาอังกฤษ หมายถึง ปัญหาที่เกิดขึ้นกับโปรแกรมอันเนื่องมาจากคำสั่งในโปรแกรมนั้น ๆ เอง ซึ่งทำให้การทำงานของโปรแกรมไม่ถูกต้อง หรือมีข้อผิดพลาด)

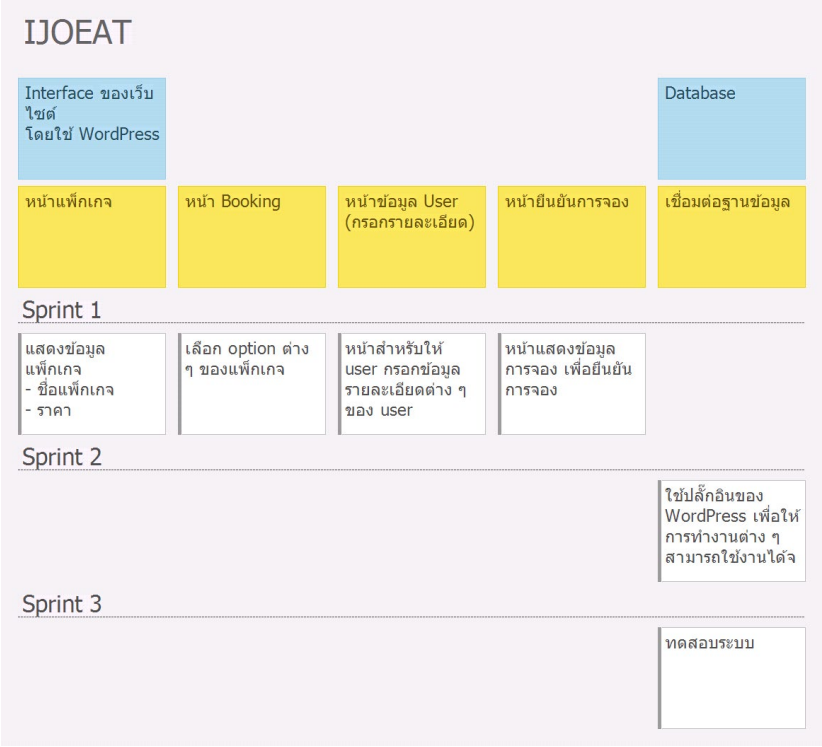
เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย

1. WordPress 5.1.1
2. WordPress Plugins มีรายละเอียดดังนี้
    - WooCommerce
    - WooCommerce PayPal Checkout Gateway
    - WooCommerce Rental & Bookings System

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัย คณะผู้วิจัยได้แบ่งเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวางแผน (Planning) คณะผู้วิจัยได้ทำการวางแผนการพัฒนาเว็บไซต์ให้บริการนักท่องเที่ยวทัวร์สตรีทฟู้ด โดยการทำสปรินท์ (Sprint) แบ่งออกเป็น 3 สปรินท์ ดังภาพที่ 1



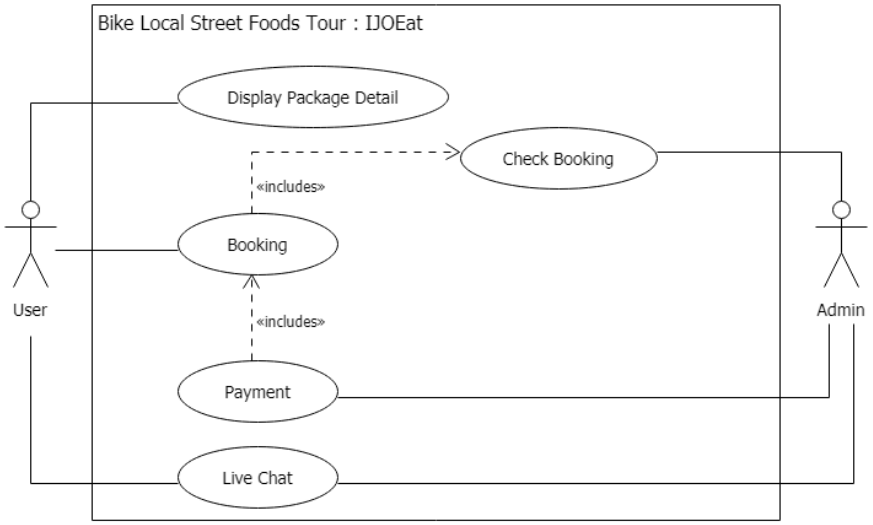
ภาพที่ 1 แสดงสปรินท์การทำงาน

ในส่วนการทำงานในเบื้องต้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนแรกจะเป็นส่วนของ Interface ซึ่งในส่วนนี้ผู้วิจัยจะออกแบบหน้าเว็บต่าง ๆ ด้วยการใช้ WordPress จากนั้นจึงเริ่มดำเนินการในแต่ละสปรินท์

- สปรินท์ที่หนึ่ง จะเป็นการให้รายละเอียดของหน้าเว็บแต่ละหน้าให้สมบูรณ์ เช่น หน้า Booking จะมีตัวเลือก (option) ต่าง ๆ ของแพ็กเกจให้ผู้ใช้เลือกได้

- สปรินท์ที่สอง จะเป็นส่วนการทำงานของ Database โดยผู้วิจัยจะนำปลั๊กอินของ WordPress มาใช้ เพื่อให้การทำงานในแต่ละส่วนของเว็บใช้งานได้จริง เช่น สามารถทำการจอง หรือชำระเงินได้
- สปรินท์ที่สาม คือส่วนของการทดสอบระบบว่าสามารถใช้งานได้อย่างสมบูรณ์ เช่น ผู้ใช้สามารถทำการจองได้ หรือเมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนการจองแล้ว ผู้ใช้ต้องได้รับข้อความยืนยันการจอง และระบบสนทนาสดสามารถใช้งานได้ มีข้อความตอบกลับ เป็นต้น

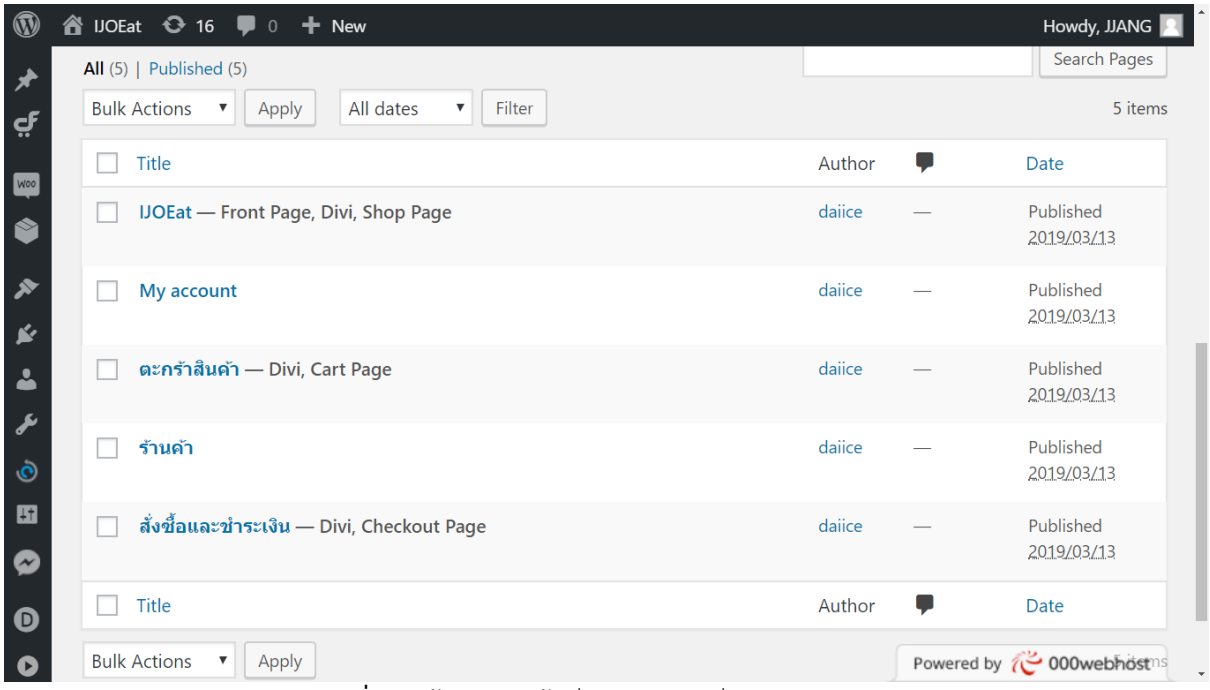
ขั้นตอนที่ 2 ออกแบบ (Design) คณะผู้วิจัยได้ออกแบบการทำงานของระบบ ด้วยการใช้แผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram) ในการแสดงการทำงานของเว็บไซต์ให้บริการนักท่องเที่ยวทัวร์สตรีทฟู้ด ดังภาพที่ 2



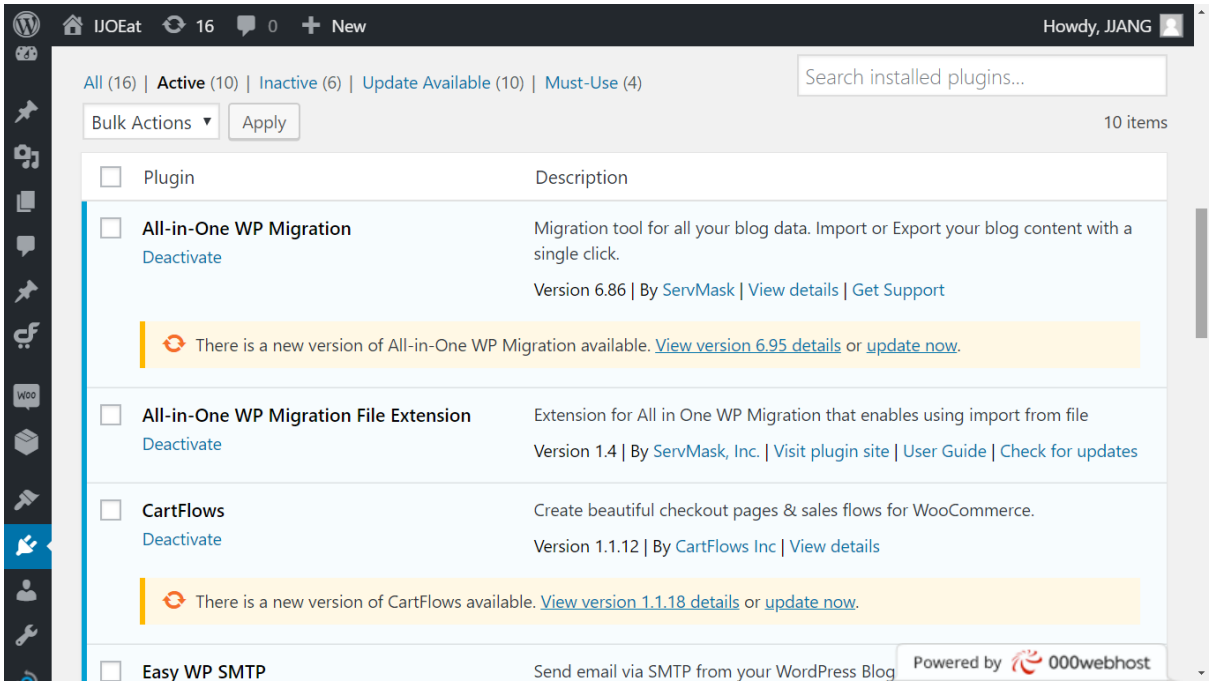
ภาพที่ 2 แผนภาพยูสเคสของระบบเว็บไซต์ให้บริการนักท่องเที่ยวทัวร์สตรีทฟู้ด

แผนภาพยูสเคสของระบบเว็บไซต์ให้บริการนักท่องเที่ยวทัวร์สตรีทฟู้ด ดังภาพที่ 2 แสดงให้เห็นว่ามีผู้เกี่ยวข้องกับระบบนี้อยู่ 2 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ดูแลระบบ (Admin) ที่สามารถเข้ามาจัดการตรวจสอบการจองแพ็กเกจ และในส่วนของผู้ใช้ (User) ซึ่งคือนักท่องเที่ยวสามารถเลือกดูรายละเอียดแพ็กเกจที่มีให้บริการ จองแพ็กเกจ และชำระเงิน เมื่อทำการจองและชำระเงินเสร็จสิ้นขั้นตอนแล้ว ระบบจะส่งอีเมลเพื่อยืนยันการจองให้แก่ผู้ใช้โดยอัตโนมัติ นอกจากนี้ผู้ใช้สามารถสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมได้โดยระบบสนทนาสด (Live Chat) ที่มีให้บริการทางหน้าเว็บไซต์ได้อีกด้วย

ขั้นตอนที่ 3 พัฒนา (Development) คณะผู้วิจัยได้พัฒนาระบบเว็บไซต์ให้บริการนักท่องเที่ยวทัวร์สตรีทฟู้ด ซึ่งประกอบไปด้วยการทำงานสองส่วน คือส่วนแรก เป็นส่วนของการออกแบบหน้าเว็บของเว็บไซต์ในแต่ละหน้า ดังภาพที่ 3 และในส่วนสุดท้าย เป็นส่วนของการเรียกใช้งานปลั๊กอินที่เกี่ยวข้อง ในการที่จะทำให้เว็บไซต์สมบูรณ์ สามารถใช้งานได้จริง เช่น สามารถทำการจอง หรือชำระเงินได้ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 3 หน้าจัดการหน้าเว็บต่าง ๆ ของเว็บ บน WordPress



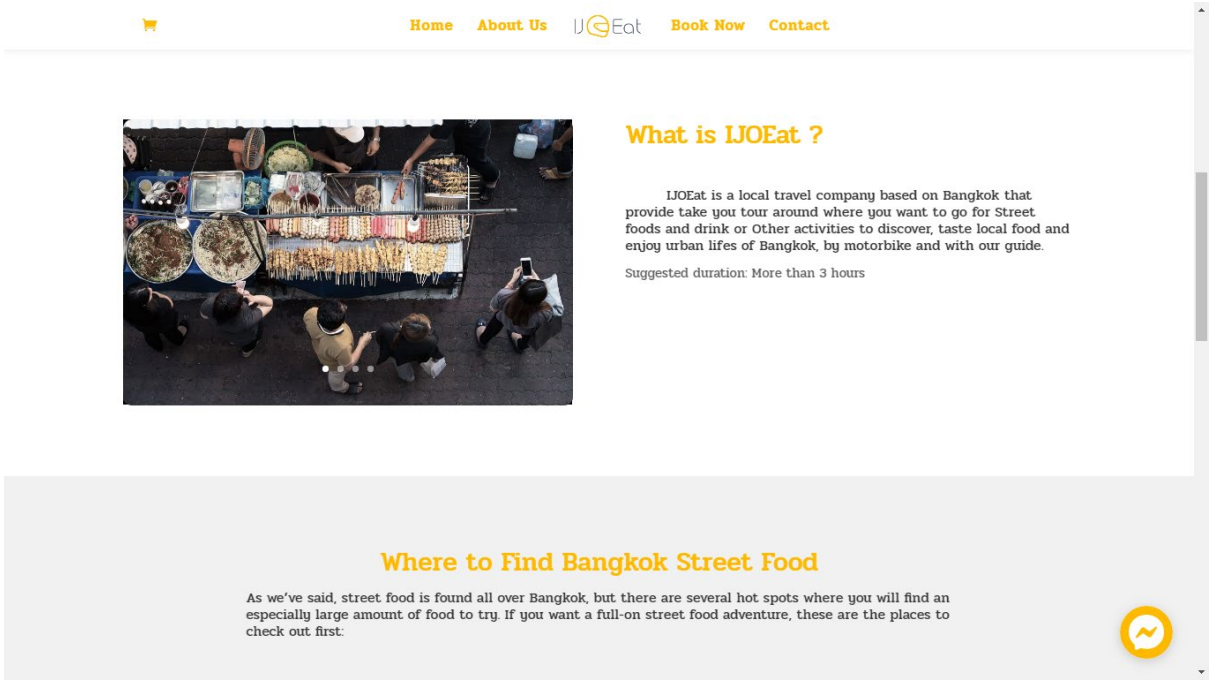
ภาพที่ 4 หน้าจัดการปลั๊กอินต่าง ๆ ของเว็บ บน WordPress

ขั้นตอนที่ 4 การใช้งาน (Deploy)

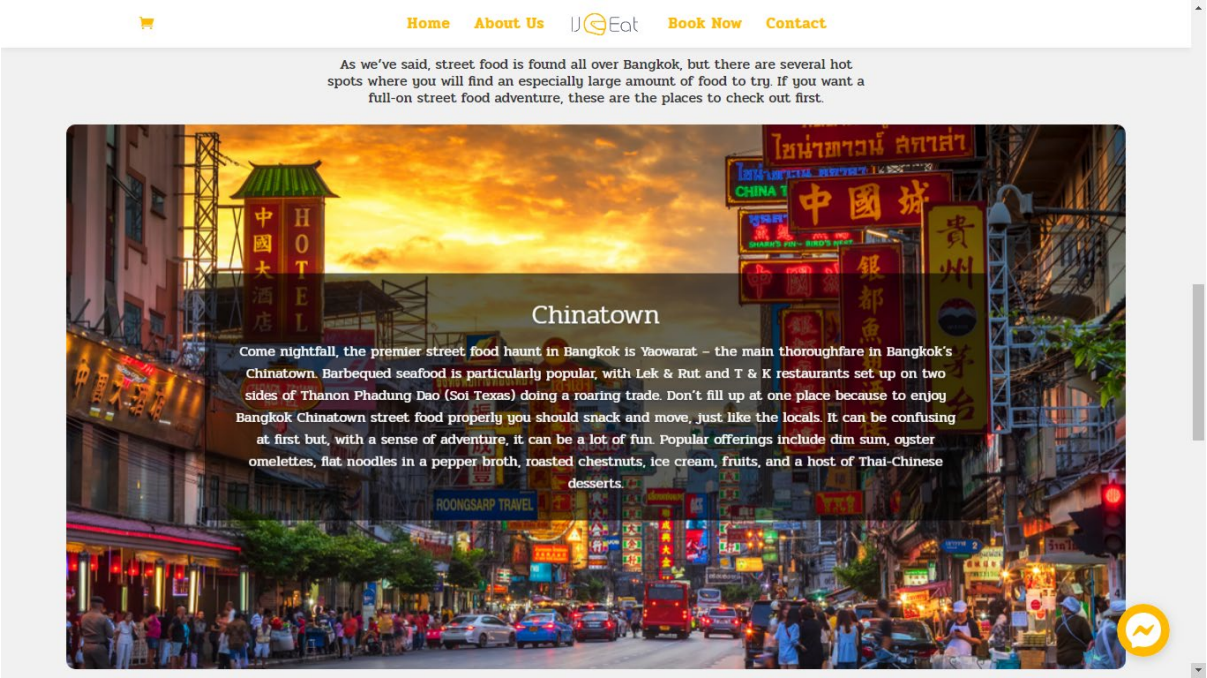
ในการใช้งานเว็บไซต์ให้บริการนักท่องเที่ยวทัวร์สตรีทฟู้ด ผู้ใช้งานสามารถใช้งานเว็บไซต์ได้ ไม่จำเป็นต้องสมัครสมาชิก โดยสามารถใช้งานส่วนต่าง ๆ ของเว็บได้ทันที โดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียด ได้แก่ ขั้นตอนแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับเว็บ ขั้นตอนการจองแพ็กเกจทัวร์ และขั้นตอนการชำระเงิน ดังภาพที่ 5 ถึงภาพที่ 13 ตามลำดับ



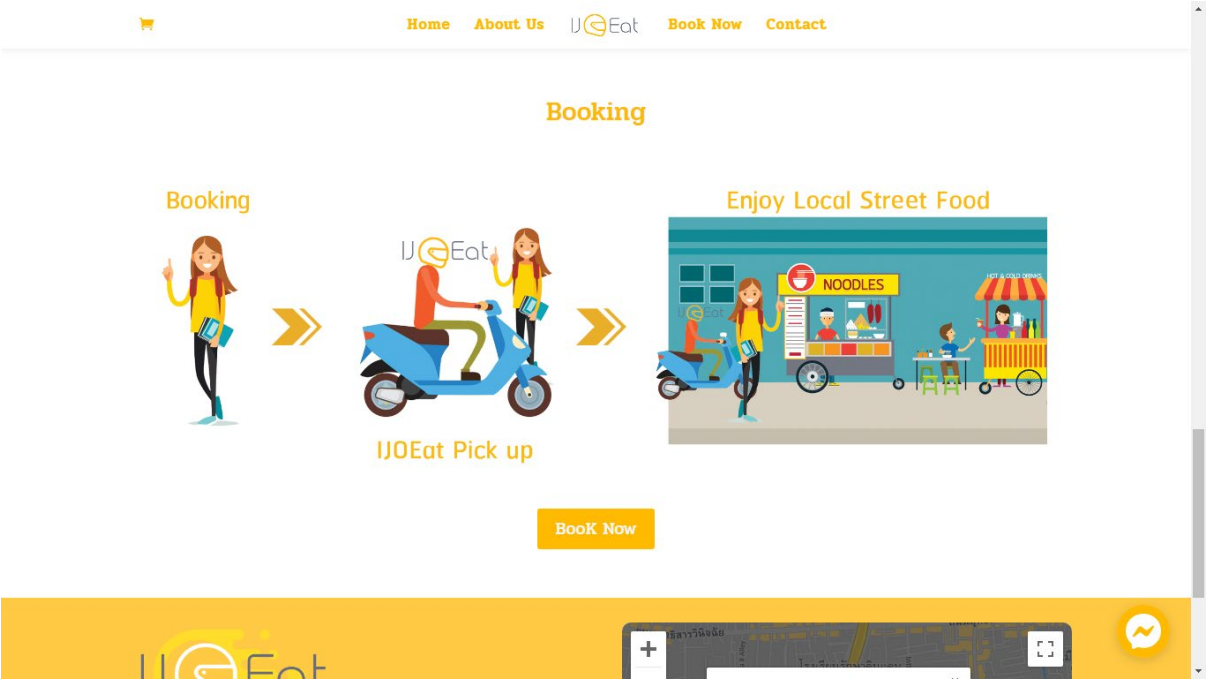
ภาพที่ 5 หน้าแรกของเว็บไซต์



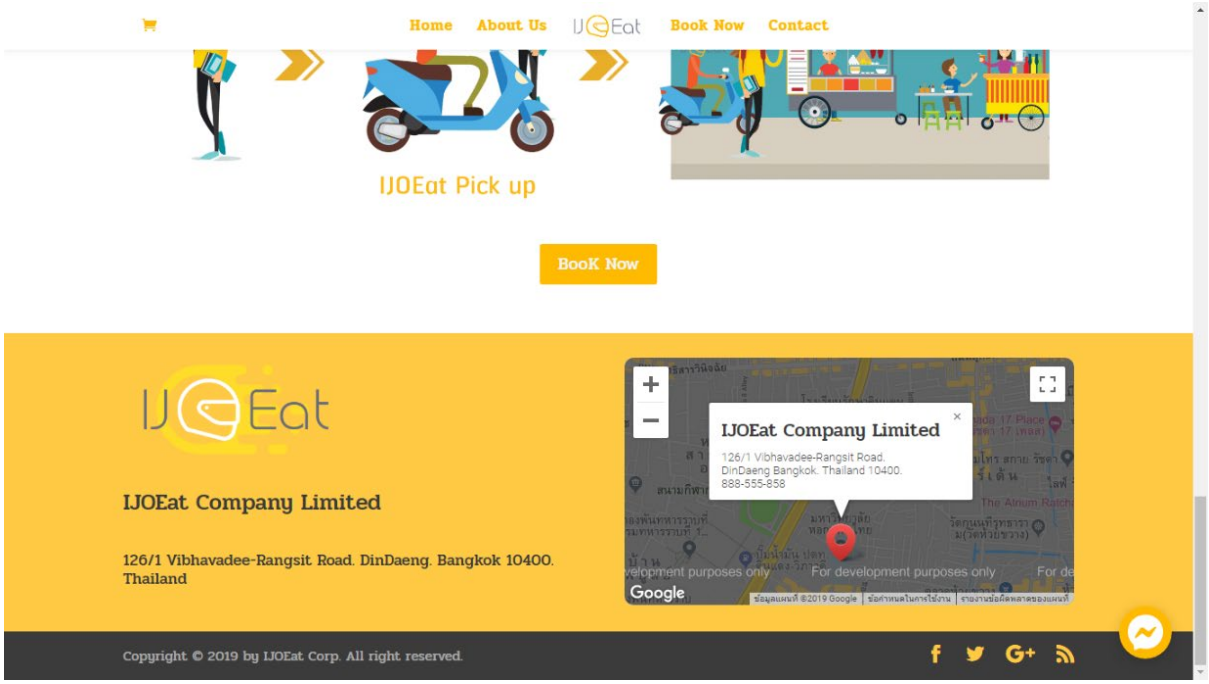
ภาพที่ 6 หน้า About Us



ภาพที่ 7 หน้า About Us – แนะนำสถานที่สตรีทฟู้ด



ภาพที่ 8 หน้า Book Now

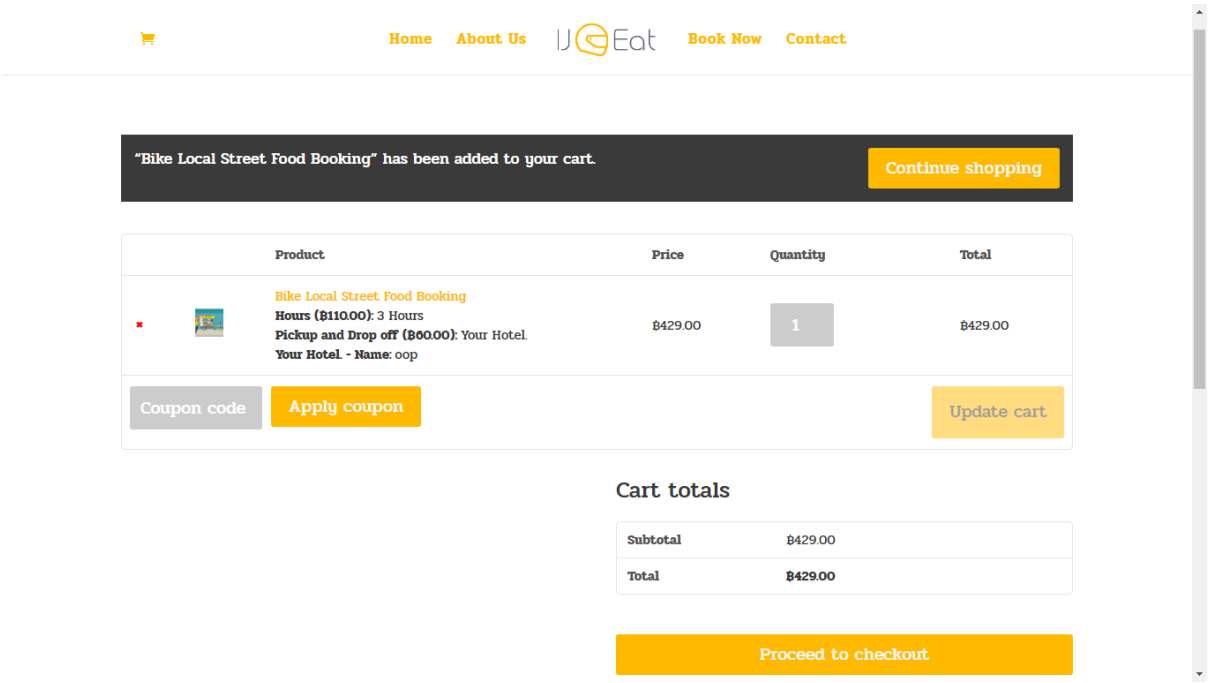


ภาพที่ 9 หน้า Contact



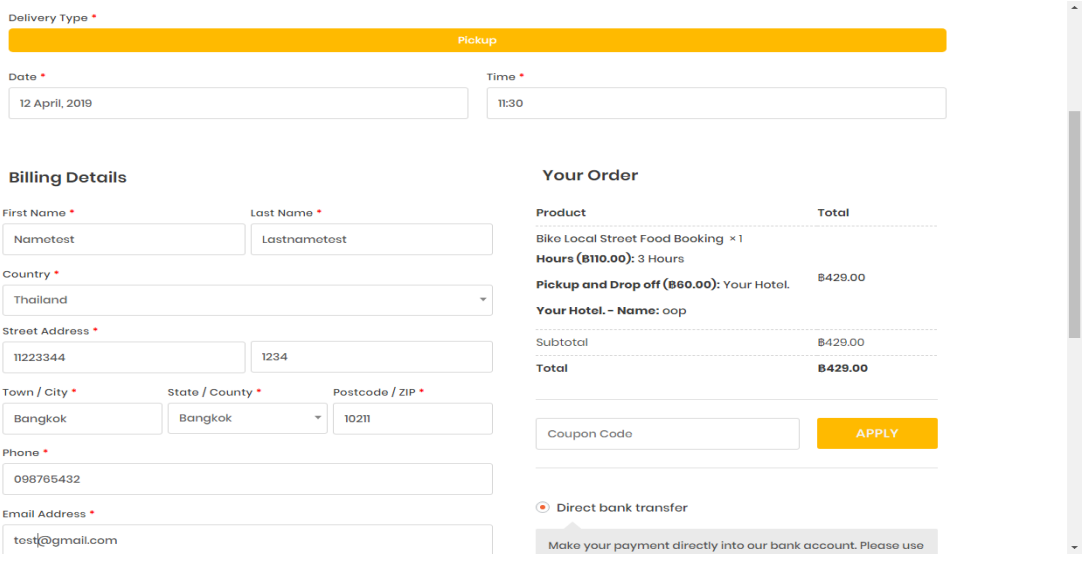
ภาพที่ 10 หน้า Booking

ในส่วนของขั้นตอนการใช้งานหน้าการจอง (Booking) ดังภาพที่ 10 ผู้ใช้สามารถปรับเปลี่ยนตัวเลือกต่าง ๆ ของระบบได้ เช่น ต้องการกี่ชั่วโมง ต้องการให้ไปรับที่โรงแรม หรือให้ไปรับที่จุดนัดพบ โดยผู้ใช้สามารถเลือกได้ตามความต้องการ ซึ่งในการเลือกตัวเลือกต่าง ๆ ระบบจะปรับราคาให้อัตโนมัติตามเงื่อนไขที่ผู้ใช้เลือก



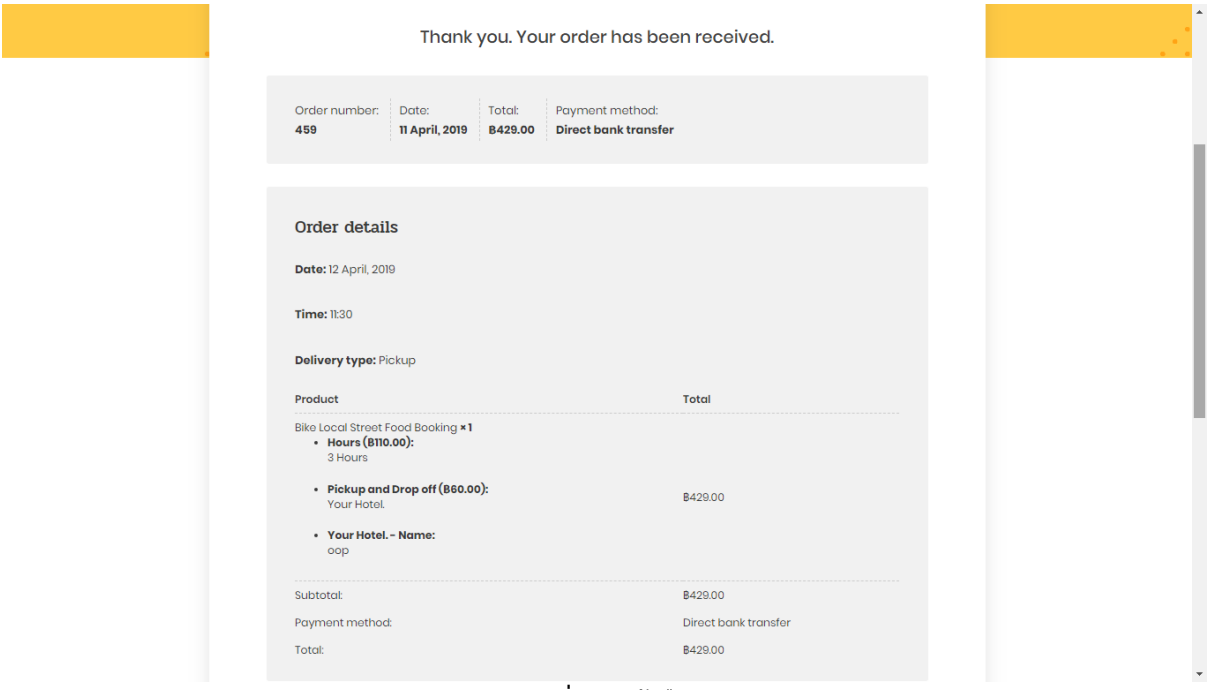
ภาพที่ 11 หน้าแสดงรายละเอียดการ Booking

เมื่อดำเนินการในส่วนของหน้าการจองเสร็จสิ้นแล้ว ระบบจะแสดงหน้าแสดงรายละเอียดการ Booking หรือโดยชื่อส่วนใหญ่เรียกว่าหน้าตะกร้าสินค้า (Shopping Card) ดังภาพที่ 11 ซึ่งในหน้านี้ผู้ใช้สามารถปรับเปลี่ยนรายละเอียดการจองได้ หากต้องการเพิ่มหรือลดจำนวนแพ็คเกจ โดยการกดเลือกในส่วนของ Quantity และผู้ใช้ยังสามารถใช้คูปอง (หากมี) เพื่อเป็นส่วนลดได้ โดยการการกดเลือกในส่วนของ Apply coupon



ภาพที่ 12 หน้าสำหรับให้ user กรอกข้อมูล

หลังจากผู้ใช้เลือก Proceed to checkout จากหน้า แสดงรายละเอียด Booking แล้ว ระบบจะแสดงหน้าสำหรับให้ user กรอกข้อมูล ดังภาพที่ 12 โดยหน้านี้จะให้ผู้ใช้เลือกวันและเวลาที่ต้องการจอง รายละเอียดเกี่ยวข้อมูลต่าง ของผู้ใช้เพื่อเป็นการเก็บข้อมูล และให้ผู้ใช้เลือกช่องทางการชำระเงิน



ภาพที่ 13 หน้ายืนยันการจอง

เมื่อผู้ใช้ดำเนินการเสร็จสิ้นทุกขั้นตอนแล้ว ระบบจะแสดงรายละเอียดหน้ายืนยันการจองดังภาพที่ 13

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถาม จำนวน 37 คน ซึ่งประกอบไปด้วย นักท่องเที่ยว และบุคคลทั่วไป คณะผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลและนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อหาผลสรุปของความพึงพอใจด้วยการหาค่าเฉลี่ยในแต่ละด้านที่ต้องการศึกษา พร้อมทั้งค่าเฉลี่ยรวมของความพึงพอใจในการใช้งานเว็บไซต์ให้บริการนักท่องเที่ยวทัวร์สตรีทฟู้ดนี้ แสดงดังตารางที่ 1 โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมิน มี 5 ระดับ ดังนี้

4.01 - 5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับมากที่สุด

3.01 - 4.00 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับมาก

2.01 - 3.00 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับปานกลาง

1.01 - 2.00 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับน้อย

0.00 - 1.00 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับน้อยที่สุด

ตารางที่ 1 ผลการประเมินของผู้ใช้งานระบบ

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความพึงพอใจ
เว็บไซต์มีรูปแบบที่ใช้งานง่าย	4.51	0.65	มากที่สุด
ความสะดวกในการใช้งานเว็บไซต์	4.41	0.69	มากที่สุด
เว็บไซต์มีการออกแบบที่สวยงาม	4.46	0.65	มากที่สุด
รู้จักวัฒนธรรมอาหารท้องถิ่น	4.34	0.69	มากที่สุด
การนำไปใช้ประโยชน์	4.27	0.73	มากที่สุด
ความพึงพอใจในการใช้งานโดยรวมของเว็บไซต์	4.32	0.75	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	4.39	0.69	มากที่สุด

จากวัตถุประสงค์ของการวิจัย ข้อ 1 “เพื่อพัฒนาเว็บไซต์ให้บริการนักท่องเที่ยวทัวร์สตรีทฟู้ด” จากการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ โดยมีคำถามในด้านการใช้งานและด้านประสิทธิภาพของระบบ เช่น รูปแบบการใช้งาน ความสะดวกในการใช้งาน และความสวยงามของเว็บไซต์ พบว่ามีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด และวัตถุประสงค์ของการวิจัย ข้อ 2 “เพื่อเพิ่มช่องทางในการเผยแพร่วัฒนธรรมอาหารท้องถิ่นให้แก่นักท่องเที่ยวชาวต่างชาติ” จากผลการสำรวจผู้ใช้งานระบบที่มีคำถามในด้านการรู้จักวัฒนธรรมอาหารท้องถิ่นและการนำไปใช้ประโยชน์ พบว่ามีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

สรุป

ผลจากการวิจัย พบว่าระบบเว็บไซต์ให้บริการนักท่องเที่ยวทัวร์สตรีทฟู้ดสามารถนำไปใช้งานได้จริง และตรงตามวัตถุประสงค์ของผู้วิจัย และผลการประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้งานระบบนี้ พบว่าผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการประเมินคุณภาพของเว็บ รวมทั้งคำถามในด้านการรู้จักวัฒนธรรมอาหารท้องถิ่นและการนำไปใช้ประโยชน์ อยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.39 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.69

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษา และการประเมิน พบว่าหากมีการนำงานวิจัยนี้ไปพัฒนาต่อ งานวิจัยในอนาคตควรจะมีการเพิ่มข้อมูลเกี่ยวกับรายละเอียด หรือแนะนำสถานที่สตรีทฟู้ดให้มากขึ้น รวมทั้งควรมีการต่อยอดระบบการจัดการภายใน ให้สะดวกสำหรับพนักงาน (ไกด์) เพื่อที่จะสามารถติดต่อ และรับรู้การจองจากนักท่องเที่ยวได้เองโดยตรง ไม่จำเป็นจะต้องติดต่อผู้ดูแลระบบ หรือรอผู้ดูแลระบบประสานงานให้ โดยอาจจะมีการสร้างแอปพลิเคชันสำหรับพนักงาน เพื่อใช้งานในการจัดการต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. Marketing Oops. 2562. กรุงเทพฯ ติดท็อป 6 เมืองที่คนทั่วโลกใช้จ่ายไปกับค่าชอปปิ้งมากที่สุด. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : https://bit.ly/2vajgRz. สืบค้นเมื่อ : 2 เมษายน 2562.
2. ไทยรัฐออนไลน์. 2559. กรุงเทพฯ ได้เฮ! CNN ยกอันดับ1 เมืองที่มีอาหารริมถนน ดีสุดในโลก. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : https://www.thairath.co.th/content/685637. สืบค้นเมื่อ : 2 เมษายน 2562.
3. ผู้จัดการออนไลน์. 2561. มาสเตอร์การ์ดชี้ กรุงเทพฯ ครองแชมป์อันดับหนึ่งสุดยอดเมืองจุดหมายปลายทางของโลกติดต่อกันเป็นปีที่สาม จากผลสำรวจประจำปี 2561. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : https://bit.ly/2VVoBYu. สืบค้นเมื่อ : 2 เมษายน 2562.
4. tipsdd. 2561. Bangkok Street Food เสน่ห์ปลายลิ้นของอาหารริมทาง. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : https://bit.ly/2GvEwHS. สืบค้นเมื่อ : 2 เมษายน 2562.

5. Jatupon Rattanapanop. 2557. WordPress คืออะไร. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : https://www.wpthaiuser.com/wordpress-is/. สืบค้นเมื่อ : 2 เมษายน 2562.
6. Jatupon Rattanapanop. 2561. การเลือกปลั๊กอิน WordPress. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : https://www.wpthaiuser.com/good-wordpress-plugin/ สืบค้นเมื่อ : 2 เมษายน 2562.
7. AUMKUB. แชร์ประสบการณ์ทำปลั๊กอิน WordPress: WooCommerce Thai Address. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.designil.com/wordpress-plugin-woocommerce.html. สืบค้นเมื่อ : 5 เมษายน 2562.
8. bkkthemes. 2558. WooCommerce Extensions. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : https://www.bkkthemes.com/woocommerce-extensions/. สืบค้นเมื่อ : 5 เมษายน 2562.
9. มนุษย์ธรรมดาๆ กับภาษาที่ 3. 2560. PHP คืออะไร?. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : https://medium.com/@sunzandesign/php-คืออะไร-2d749639b101. สืบค้นเมื่อ : 5 เมษายน 2562.

[IT-O02] การพัฒนาเว็บไซต์ของวัดปลูกศรัทธา

Development and Design Website Wat Pluk Sattha

ธเนศ ประภาวัฒนผล, นำโชค จิตติเดชา, สวัสดี คล้ำบู่*, และกาญจนา คำนึงกิจ*
ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: sawasdee.kl@gmail.com , kkumnungkit@gmail.com*

บทคัดย่อ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้ จัดทำขึ้นเพื่อใช้ประชาสัมพันธ์ข่าวสารและเพิ่มช่องทางการติดต่อให้วัด เนื่องจากปัจจุบันวัดในประเทศไทยนั้นมีอยู่จำนวนมาก ในขณะวัดที่มีเว็บไซต์ของวัดเองนั้นมีจำนวนน้อย จนทำให้การค้นหาและเข้าถึงข้อมูลที่ถูกต้องของวัดเป็นไปได้ยาก นอกจากมาติดต่อสอบถามที่วัดเองหรือสอบถามผู้ที่อาศัยอยู่บริเวณใกล้วัด จึงทำให้เกิดงานวิจัยการสร้างเว็บไซต์ของวัดปลูกศรัทธานี้ขึ้น โดยการทำเว็ปไซต์นี้ได้ใช้โปรแกรม wordpress เพราะโปรแกรม wordpress เป็นโปรแกรมที่สะดวกต่อการใช้งาน ปรับแต่งแก้ไขได้ง่าย สามารถแก้ไขเว็บไซต์บน Web Browser ผ่านทางอินเทอร์เน็ตได้ และช่วยลดปัญหาการติดตั้งโปรแกรมที่ใช้ในการเขียนเว็บไซต์ลงบนคอมพิวเตอร์ ซึ่งเว็บไซต์ที่ได้สามารถเข้าผ่านทาง www.watpruksattha.com โดยรายละเอียดของเว็บไซต์มีหัวข้อสำคัญ ๆ เช่น กิจกรรม (ทั้งอดีตและอนาคต) บทสวดมนต์บทต่าง ๆ รูปภาพสถาปัตยกรรมภายในวัด ความรู้เกี่ยวกับวัด วันสำคัญและการปฏิบัติธรรมฯลฯ นอกจากนี้ผู้พัฒนาคาดหวังว่าวิธีการใช้คลิปวิดีโอเพื่อให้ความรู้และเป็นคู่มือการแก้ไขเว็บไซต์ที่ง่าย สะดวกที่สุดกับผู้ดูแลระบบของทางวัด ก่อนส่งมอบเว็บไซต์ทางคณะผู้พัฒนาได้จัดทำแบบประเมินการใช้งานเว็บไซต์วัดปลูกศรัทธา และผลการประเมินเป็นที่น่าพอใจสำหรับผู้ที่เข้ามาใช้งาน

คำสำคัญ: *เวิร์ดเพรส, ประชาสัมพันธ์, ผู้ดูแลระบบ, เว็บไซต์*

Abstract

This special issue is to create a website for “Wat Pluksattha” or “Pluksattha Temple” to inform the news and to increase communication channels between the people and the temple because in nowadays there are many temples in Thailand but temple’ s website is less so search and access to the right information is hard except coming to contact at temple or contact with people who live nearby temple therefor we creating website by making this website, we have used the “Wordpress” because this program is easy to use. We are able to edit the website via the internet, and it also reduces the problem of installing the program. This website can be accessed via www.watpruksattha.com. The details of the website include the important topics such both past and future activities, the buddhist chantings, the architectural pictures inside the temple, the information about the buddhist important days, the dharma practices, and etc. In addition, we expect the method of using video clips to provide the knowledge of editing the website and these clips is also the most convenient website editing guide for the administrator of the temple after our delivery and before deliver to admin we create an evaluation form for website and get satisfied result for user.

Keywords : *wordpress, communication channels, administrator, website*

บทนำ

1. ที่มาและความสำคัญ

เนื่องจากปัจจุบันวัดในประเทศไทยมีอยู่จำนวนมาก ในขณะวัดที่มีเว็บไซต์ของวัดเองมีจำนวนน้อยวัด จนทำให้การค้นหาและเข้าถึงข้อมูลที่ถูกต้องของวัดเป็นไปได้ยาก นอกจากมาติดต่อสอบถามที่วัดเองหรือสอบถามผู้ที่อาศัยอยู่บริเวณใกล้วัด ในปัญหาพิเศษนี้คณะผู้พัฒนาต้องการพัฒนาเว็บไซต์ให้กับวัดเพื่อให้เป็นแหล่งข้อมูลที่ถูกต้องและเป็นช่องทางในการเผยแผ่ศาสนา ดังนั้นคณะผู้พัฒนาได้เลือกวัดปลูกศรัทธาเป็นวัดตัวอย่างในการพัฒนาเว็บไซต์ ซึ่งวัดปลูกศรัทธาเป็นวัดราษฎร์ สังกัดคณะสงฆ์มหานิกายสร้างขึ้นเมื่อ พ.ศ.2388 โดยนายไสว และชาวจีนนามว่า นายโป พร้อมด้วยพุทธศาสนิกชน และได้รับพระราชทานวิสุงคามสีมา เมื่อ พ.ศ.2399 เนื่องจากวัดตั้งอยู่ปากคลองสี่ชาวบ้านจีงนิยม เรียกนามว่า “วัดสี่” ต่อมาได้เปลี่ยนเป็น “วัดปลูกศรัทธา” โดยทางผู้พัฒนาต้องการพัฒนาเว็บไซต์ให้เหมาะสมกับประชากรในยุคปัจจุบันที่ต้องการเข้ามาสืบค้นข้อมูลที่ถูกต้องรวดเร็ว และอำนวยความสะดวก

2. วัตถุประสงค์

พัฒนาเว็บไซต์เพื่อการประชาสัมพันธ์ข่าวสารและเพิ่มช่องทางการติดต่อของวัดปลูกศรัทธา

วิธีการศึกษา

1. โปรแกรมที่เกี่ยวข้อง

Directadmin ระบบการจัดการ Web hosting ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถบริหารจัดการ Web Hosting ผ่านหน้าเว็บเพจได้ เป็น Control Panel ที่มีประสิทธิภาพและใช้งานง่าย มีฟังก์ชั่นการทำงานครบถ้วนสำหรับการจัดการเว็บไซต์ ใน Directadmin ยังมีเครื่องมือต่างๆ ที่ให้สามารถบริหาร Web hosting ได้อยากมีประสิทธิภาพและสะดวกต่อการใช้งาน

WordPress ใชคำสั่ง PHP บน Web Server เพื่อติดต่อสื่อสารกับฐานขอ้มูล MySQL ในขั้นตอนการติดตั้งWordPress จะสร้างตารางที่ต้องการในฐานขอ้มูลพร้อมทั้งบรรจุตัวอย่างและขอ้มูลเริ่มต้นไว้ในฐานขอ้มูลเมื่อคุณใชเบราเซอร์ไปบริหารบลอ็กของคุณเบราเซอร์จะส่งคำสั่งไปเพื่อเพิ่มหรือแก้ไขบทความในฐานข้อมูล MySQL ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว เนื้อหาของบลอ็กคุณทั้งหมดถูกเก็บไว้ในไฟล์ฐานขอ้มูล MySQL ในการแสดงเนื้อหาของบลอ็กและการบริหารส่วนต่าง ๆ ของหน้าจอนั้น WordPress ใช้ไฟล์ธีม (theme) ซึ่งบรรจุไปด้วยแม่แบบสำหรับแสดงข้อมูลชนิดต่างๆ และเพจ (pages) ไฟล์ข้อความเหล่านี้จะประกอบไปด้วยโค้ด PHP, XHTML และ CSS เพื่อใช้ในการควบคุมการแสดงผลบทความบนที่หน้าเว็บ [(1)]

Wordpress.com เป็นเว็บไซต์ที่ให้บริการพื้นที่สำหรับเขียนBlogฟรีถึง 3 GB โดยไม่มีโฆษณา สามารถใช้งานได้ง่าย เนื่องจากไม่จำเป็นต้องใช้เทคนิคและความรู้ในการทำเว็บไซต์เยอะมากนัก สำหรับผู้ที่เขียนเก่งแล้วก็สามารถปรับแต่งได้ตามขีดจำกัดของ Wordpress.com มีให้ จึงเหมาะสมกับผู้ที่ต้องการเพียงพื้นที่สำหรับเขียน ไม่ต้องการ Application อื่นๆ มากมาย และหากต้องการพื้นที่เพิ่มหรือต้องการที่จะใช้เมนของตนเอง Wordpress.com ก็มีบริการเสริม โดยหารซื้อพื้นที่และโดเมนเพิ่มได้ด้วยเช่นกัน [(2)]

Web Browser เว็บบราวเซอร์ คือ โปรแกรมที่สามารถแปลงภาษาโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างเว็บไซต์ ให้กลายเป็นเว็บเพจที่สามารถเข้าใจได้ง่าย โดยจะแปลงชุดคำสั่งของภาษาที่ใช้เขียนเว็บไซต์ให้ออกมาปรากฏบนหน้าของเว็บไซต์

Photoshop CS6 เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับตกแต่งรูปภาพ สร้างงาน กราฟิกต่างๆ หลักการทำงานง่ายๆ ของ Photoshop คือ การสร้างภาพโดยเริ่มต้นจาก หน้ากระดาษเปล่าๆ เหมือนจิตรกรที่เขียนภาพลงบนฝืนผ้าใบ การหยิบภาพถ่ายขึ้นมา ปรับแต่งให้ดูดี สมบูรณ์ หรือแหวกแนวในรูปแบบที่ต้องการ ซึ่งขั้นตอนทั้งหมดจะทำงาน อยู่บนหน้าจอของเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งแบ่งออกได้หลายด้าน [(3)]

2. ภาษาที่ใช้ในการสร้างเว็บไซต์

HTML คือภาษาหลักที่ใช้ในการเขียนเว็บเพจ โดยใช้ Tag ในการกำหนดการแสดงผลHTMLย่อมาจากคำว่า Hypertext Markup Language Hypertext หมายถึง ข้อความที่เชื่อมต่อกันผ่านลิ้ง (Hyperlink) และMarkup language หมายถึงภาษาที่ใช้

Tag ในการกำหนดการแสดงผลสิ่งต่างๆ ที่แสดงอยู่บนเว็บเพจ ดังนั้น HTML หมายถึงภาษาที่ใช้ Tag ในการกำหนดการแสดงผลเว็บเพจที่ต่างก็เชื่อมถึงกันใน Hyperspace ผ่าน Hyperlink

JAVASCRIPT คือภาษาคอมพิวเตอร์สำหรับการเขียนโปรแกรมบนระบบอินเทอร์เน็ตที่กำลังได้รับความนิยมอย่างสูง JavaScript เป็นภาษาสคริปต์เชิงวัตถุ ซึ่งในการสร้างและพัฒนาเว็บไซต์เพื่อให้เว็บไซต์ของเราดูมีการเคลื่อนไหว สามารถตอบสนองผู้ใช้งานได้มากขึ้น ซึ่งมีวิธีการทำงานในลักษณะแปลความและดำเนินงานไปทีละคำสั่ง (interpret) หรือเรียกว่า อ็อบเจ็กโอเรียลเต็ด (Object Oriented Programming) ที่มีเป้าหมายในการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมในระบบอินเทอร์เน็ต สำหรับผู้เขียนด้วยภาษา HTML สามารถทำงานข้ามแพลตฟอร์มได้โดยทำงานร่วมกับ ภาษา HTML และภาษา Java ได้ทั้งทางฝั่งไคลเอนต์ (Client) และทางฝั่งเซิร์ฟเวอร์ (Server)

CSS คือภาษาที่ใช้สำหรับตกแต่งเอกสาร HTML/XHTML ให้มีหน้าตา สีสัน ระยะห่าง พื้นหลัง เส้นขอบและอื่นๆ ตามที่ต้องการ CSS ย่อมาจาก Cascading Style Sheets มีลักษณะเป็นภาษาที่มีรูปแบบในการเขียน Syntax แบบเฉพาะและได้ถูกกำหนดมาตรฐานโดย W3C (World Wide Web Consortium) และเป็นภาษาหนึ่งในการตกแต่งเว็บไซต์ที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กิตติพันธ์ ศรศักดา ศูนย์คอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ได้ศึกษาเรื่อง การสร้างและบริหารจัดการ Website ด้วย Wordpress โดยที่ WordPress ใชคำสั่ง PHP บน Web Server เพื่อติดต่อสื่อสารกับฐานขอ้มูล MySQL ในขั้นตอนการติดตั้ง WordPressจะสร้างตารางที่ต้องการในฐานขอ้มูลพร้อมทั้งบรรจุตัวอย่างและขอ้มูลเริ่มต้นไว้ในฐานขอ้มูลเมื่อคุณใชผู้บราเซอร์ไปบริหารบลอ็กของคุณเบราเซอร์จะส่งคำสั่งไปเพื่อเพิ่มหรือแก้ไขบทความในฐานข้อมูล MySQL ผู่งในความเป็นจริงแล้ว เนื้อหาของบลอ็กคุณทั้งหมดถูกเก็บไว้ในไฟล์ฐานขอ้มูล MySQL ในการแสดงเนื้อหาของบลอ็กและการบริหารส่วนต่าง ๆ ของหนาจอนั้น WordPress ใช้ไฟล์ธีม (theme) ซึ่งบรรจุไปด้วยแม่แบบสำหรับแสดงข้อมูลชนิดต่างๆ และเพจ (pages) ไฟล์ข้อความเหล่านี้จะประกอบไปด้วยโค้ด PHP, XHTML และ CSS เพื่อใช้ในการควบคุมการแสดงผลบทความบนที่หน้าเว็บ

นายศุภชัย ธรรมวงศ์ (2551) ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบบริหารจัดการข้อมูลบนเว็บไซต์สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดแม่ฮ่องสอน มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงเว็บไซต์สำนักงานฯ ให้เป็นแหล่งเผยแพร่ข้อมูล ประชาสัมพันธ์ข้อมูลข่าวสาร กิจกรรม และเป็นเครื่องมือในการทำงาน โดยใช้ภาษาพีเอชพี และโปรแกรมจัดการฐานข้อมูลมายเอสคิวแอล

กฤติยา ไวยมัย (2546) ศึกษาเรื่องการใช้เว็บไซต์สำนักหอสมุดกลาง มหาวิทยาลัย รามคำแหงของนักศึกษาระดับปริญญาโท มหาวิทยาลัยรามคำแหง พบว่าวัตถุประสงค์ในการใช้เว็บไซต์สำนักหอสมุดกลางเพื่อทำรายงานมีความถี่ในการเข้าใช้ 1-2 ครั้งต่อเดือนและใช้โดยไม่ระบุวัน ในช่วงเวลา 16.00-20.00 น ในแต่ละครั้งใช้เวลาประมาณ 20 นาทีถึง 40 นาที ปัญหาและอุปสรรคในการใช้บริการเว็บไซต์สำนักหอสมุดกลางของนักศึกษา พบว่านักศึกษาส่วนใหญ่ไม่มีเวลาในการใช้เว็บไซต์อย่างเพียงพอและไม่ทราบแหล่งสารสนเทศขาดความชำนาญในการใช้เว็บไซต์ ปัญหาที่เกี่ยวกับเว็บไซต์หอสมุดกลางมากที่สุดคือ ใช้เวลานานในการเข้าถึงเว็บไซต์หอสมุดกลาง รองลงมาได้แก่ ขาดแผนผังเว็บไซต์และสารสนเทศที่นำเสนอบนเว็บไซต์ไม่ครอบคลุมสารสนเทศที่ต้องการ

วิธีการดำเนินงานวิจัย

1. วัสดุอุปกรณ์และโปรแกรม

1.1 เครื่องคอมพิวเตอร์พร้อมกับการเชื่อมเครือข่าย

1.2 โปรแกรมระบบ direct Admin

1.3 โปรแกรม wordpress

1.4 กล้องถ่ายรูป

1.5 โปรแกรม Adobe Premiere Pro, Photoshop CS6

2. ขั้นตอนการพัฒนาเว็บไซต์

2.1 ลงพื้นที่สำรวจ เก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้กำหนดไว้ในขอบเขตเพื่อจะได้นำมาออกแบบเว็บไซต์

2.2 ออกแบบโครงสร้างแต่ละหน้าของเว็บไซต์คราวๆ เพื่อเป็นแบบในการสร้างเว็บไซต์

2.3 พัฒนาเว็บไซต์โดยการใช้โปรแกรม wordpress ตามโครงสร้างเว็บไซต์ที่ได้วางแผน

2.4 นำข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมและศึกษามาใส่ตามโครงสร้างเว็บไซต์

2.5 ทำการพัฒนาเว็บไซต์ให้ทันสมัย สวยงาม และใช้งานง่ายโดยใช้ภาษา CSS

2.6 ทดสอบและหาข้อผิดพลาดภายในเว็บไซต์ แล้วแก้ไขข้อผิดพลาดนั้น

2.7 นำเว็บไซต์ที่จัดทำ ไปให้ผู้ใช้งานได้ทดลองใช้งาน

2.8 นำผลตอบรับมาพัฒนาและแก้ไขให้เว็บไซต์ตรงความต้องการของผู้ใช้งาน

2.9 แล้วนำเว็บไซต์ขึ้นใช้งานจริง

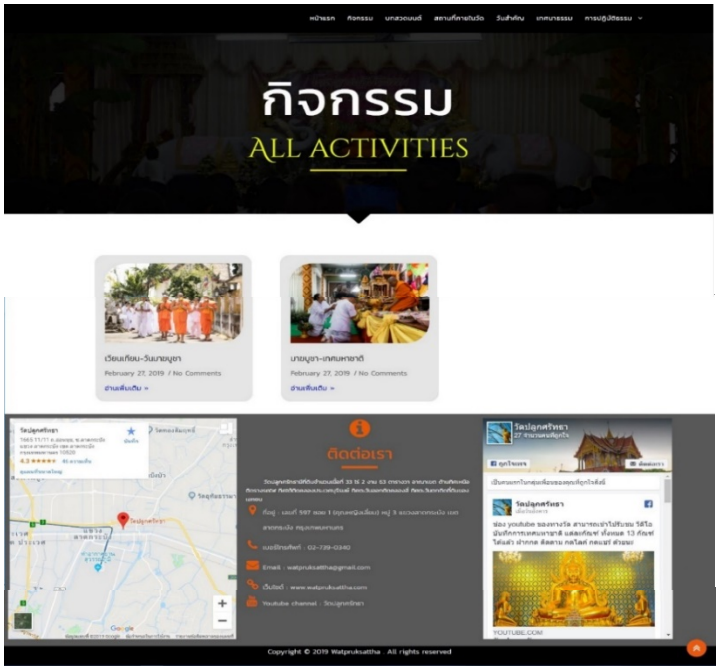
ผลการดำเนินงาน

1. หน้าหลักของเว็บไซต์ที่ประกอบไปด้วยแทบเมนูที่จะเชื่อมต่อไปหน้าต่างๆ ของเว็บไซต์ และจะมีวิดีโอหน้าปกที่มีความเคลื่อนไหวเป็นภาพของอุโบสถของวัดปลูกศรัทธา และเป็นกิจกรรมที่กำลังจะมาถึงโดยจะมีเวลานับถอยหลังให้เห็นว่ากิจกรรมนั้นจะเกิดขึ้นในอีกกี่วัน และถัดมาเป็นวิดีโอที่นำเสนอวัดปลูกศรัทธา พร้อมประวัติของวัดปลูกศรัทธา



ภาพที่ 1 หน้าหลักของเว็บไซต์วัดปลูกศรัทธา

2. หน้ากิจกรรม และในส่วนถัดไปนั้นคือกิจกรรมที่ผ่านๆ มาของทางวัดปลูกศรัทธาหรือข่าวสารที่เคยประกาศไป เมื่อเราต้องการอ่านข่าวสารที่เกี่ยวข้องกิจกรรมหรือข่าวสารอันไหนสามารถคลิกที่คำว่า “อ่านเพิ่มเติม” ซึ่งก็จะลิงก์ไปหน้าที่แสดงข่าวสารและรูปภาพของข่าวสารที่เราสนใจ



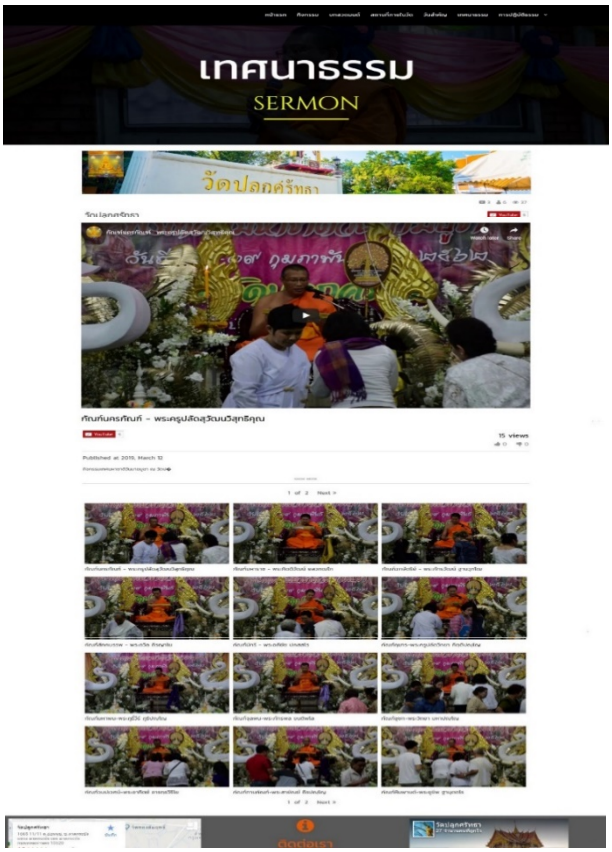
ภาพที่ 2 หน้ากิจกรรมของเว็บไซต์วัดปลูกศรัทธา

3. หน้าเพจนี้จะแสดงให้เห็นถึงสถานที่ภายในวัดที่มาจากการคลิกจากแถบเมนูบาร์ ในหน้านี้จะประกอบไปด้วยหน้าปกที่บอกว่าเป็นหน้าสถาปัตยกรรมภายในวัด ส่วนถัดไปคือแถบที่จะแสดงรูปภาพสถานที่ต่างๆ ภายในวัด หากผู้ที่สนใจอยากชมส่วนไหนของวัดสามารถคลิกเพื่อดูรูปภาพที่สนใจได้



ภาพที่ 3 หน้าสถานที่ภายในวัดปลูกศรัทธา

4. หน้าเพจนี้ประกอบไปด้วยหน้าปกที่บอกว่าเป็นหน้าเทศนาธรรม ในส่วนถัดไปจะเป็นช่อง Youtube ของวัดปลูกศรัทธาที่จะมีวิดีโอเทศนาธรรมที่ทางวัดได้ทำการบันทึกการเทศนาธรรมในงานต่างๆ



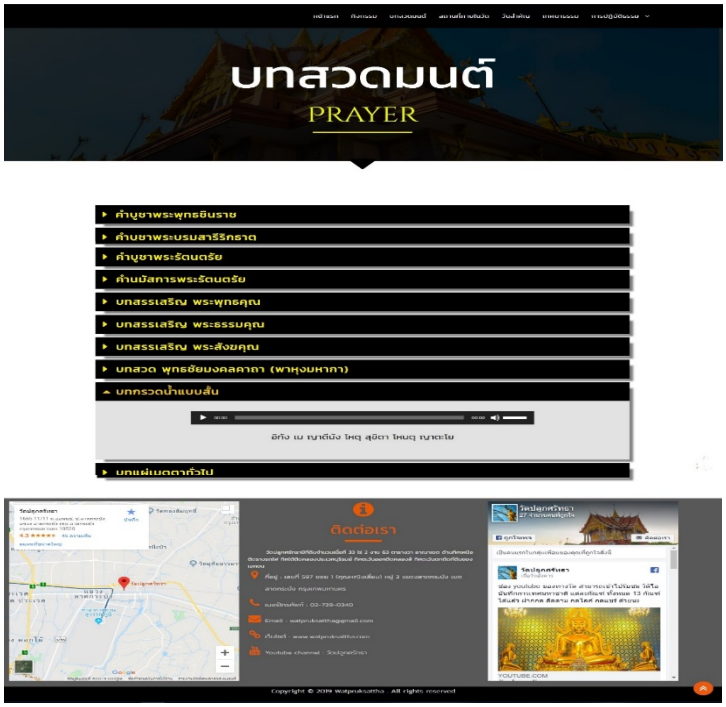
ภาพที่ 4 หน้าเทศนาธรรมของเว็บไซต์วัดปลูกศรัทธา

5. หน้าเพจนี้จะแสดงรายชื่อและรูปพระทั้งหมดภายในวัด สามารถกดปุ่มประวัติเพื่อดูประวัติของเจ้าอาวาสได้



ภาพที่ 5 หน้าพระลูกวัดของเว็บไซต์วัดปลูกศรัทธา

6. หน้าเพจนี้จะแสดงให้เห็นถึงบทสวดมนต์ต่างๆ ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเลือกอ่านและฟังบทสวดมนต์ได้

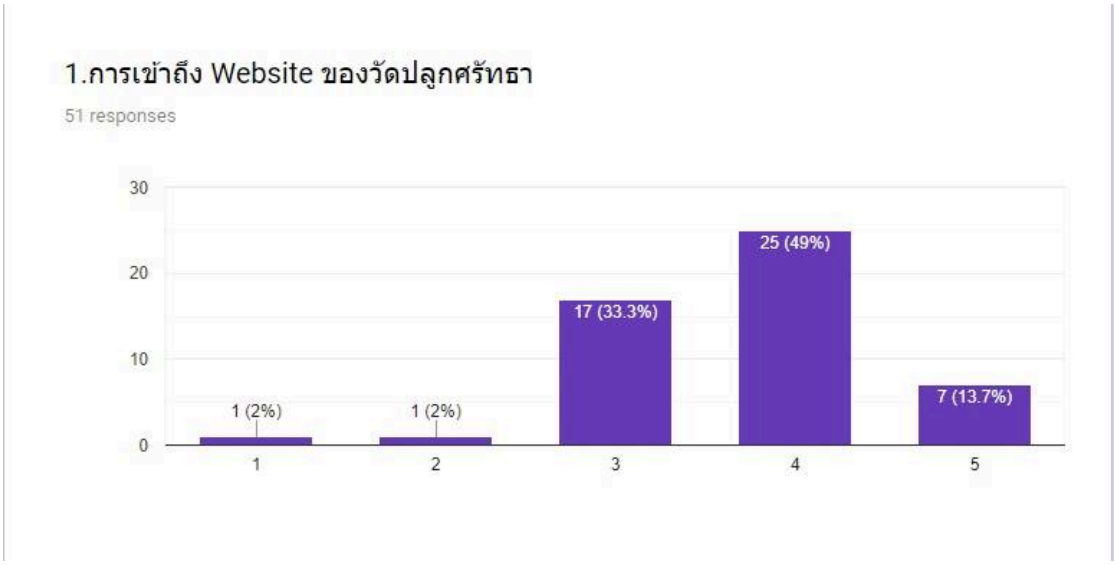


ภาพที่ 6 หน้าบทสวดมนต์ของเว็บไซต์วัดปลูกศรัทธา

อภิปรายผลการศึกษา

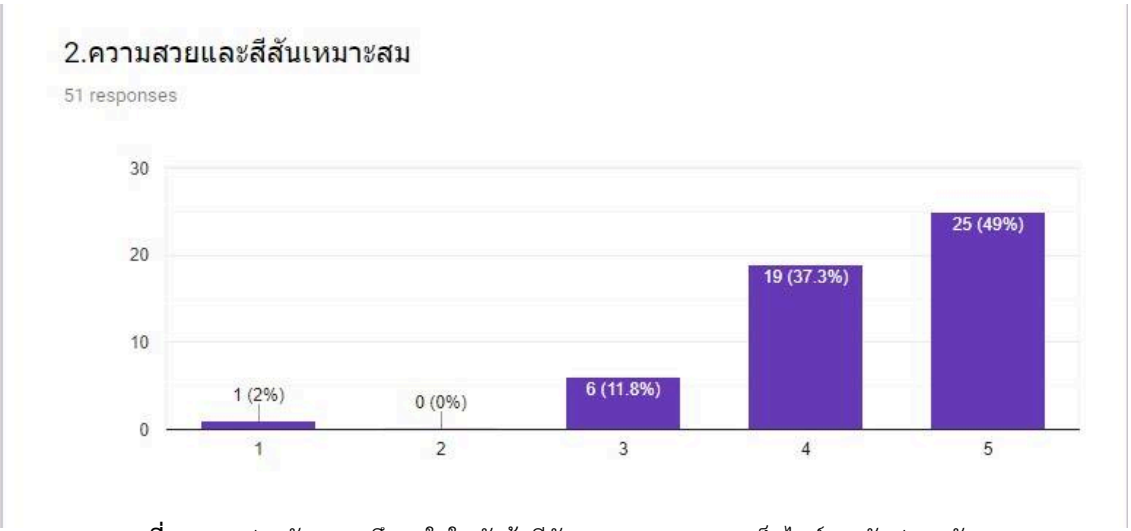
จากการทำแบบประเมินการใช้งานเว็บไซต์ของวัดปลูกศรัทธา ระดับความพึงพอใจสำหรับการเข้าใช้งานเว็บไซต์ของวัดปลูกศรัทธา เป็นไปดังต่อไปนี้

1. การเข้าถึงเว็บไซต์ของวัดปลูกศรัทธามีระดับตวามพึงพอใจของผู้ที่เข้าใช้งานวัดปลูกศรัทธานั้นอยู่ในระดับที่ดี โดยมีรายละเอียดคะแนนดังรูปกราฟต่อไปนี้



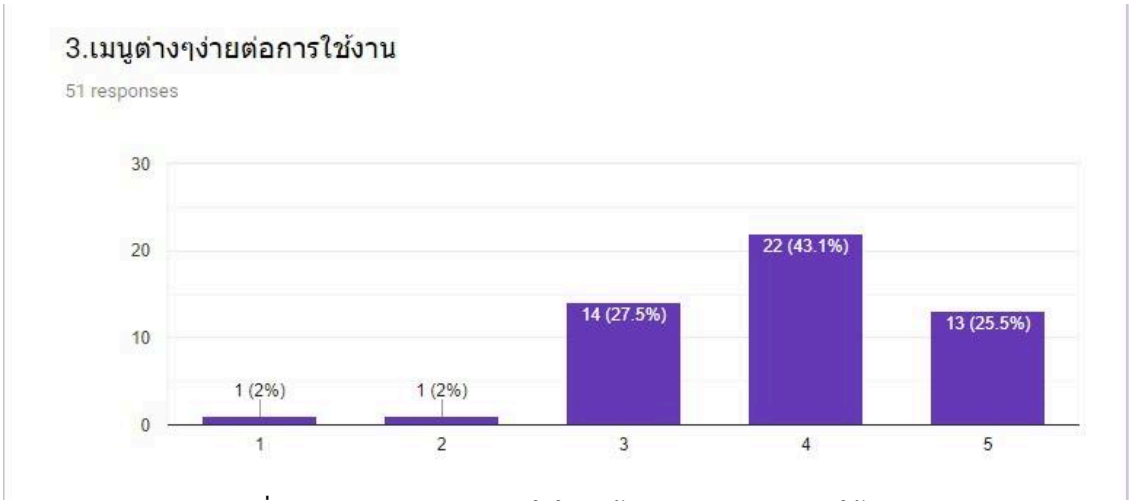
ภาพที่ 7 กราฟระดับความพึงพอใจในหัวข้อการเข้าถึงเว็บไซต์ของวัดปลูกศรัทธา

2. ความสวยงามและสีสันเว็บไซต์ของวัดปลูกศรัทธามีระดับตวามพึงพอใจของผู้ที่เข้าใช้งานวัดปลูกศรัทธานั้นอยู่ในระดับที่ดีมาก โดยมีรายละเอียดคะแนนดังรูปกราฟต่อไปนี้



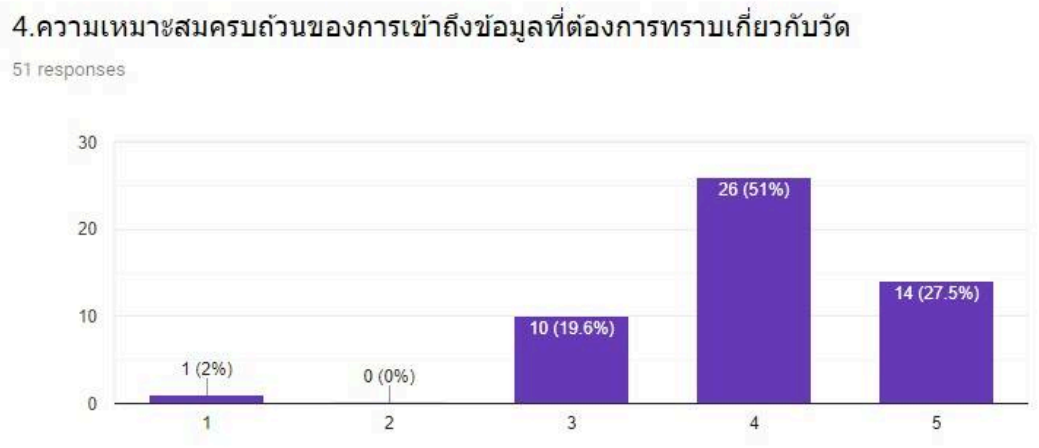
ภาพที่ 8 กราฟระดับความพึงพอใจในหัวข้อสีสันและความสวยงามเว็บไซต์ของวัดปลูกศรัทธา

3. เมนูต่างๆ ง่ายต่อการใช้งานมีระดับตวามพึงพอใจของผู้ที่เข้าใช้งานวัดปลูกศรัทธานั้นอยู่ในระดับที่ดี โดยมีรายละเอียดคะแนนดังรูปกราฟต่อไปนี้



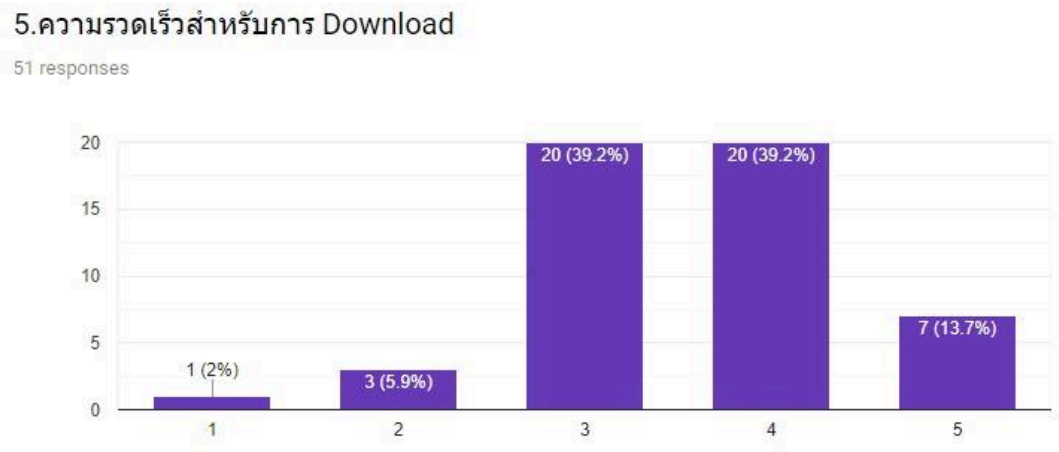
ภาพที่ 9 กราฟระดับความพึงพอใจในหัวข้อเมนูต่างๆ ง่ายต่อการใช้งาน

4. ความเหมาะสมครบถ้วนของการเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการทราบเกี่ยวกับวัดมีระดับตวามพึงพอใจของผู้ที่เข้าใช้งานวัดปลูกศรัทธานั้นอยู่ในระดับที่ดี โดยมีรายละเอียดคะแนนดังรูปกราฟต่อไปนี้



ภาพที่ 10 กราฟระดับความพึงพอใจในหัวข้อความเหมาะสมครบถ้วนของการเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการทราบเกี่ยวกับวัด

5. ความรวดเร็วในการดาวน์โหลดข้อมูลมีระดับตวามพึงพอใจของผู้ที่เข้าใช้งานวัดปลูกศรัทธานั้นอยู่ในระดับที่พอใช้ได้ โดยมีรายละเอียดคะแนนดังรูปกราฟต่อไปนี้



ภาพที่ 11 กราฟระดับความพึงพอใจในหัวความรวดเร็วในการดาวน์โหลดข้อมูล

บทสรุป

วัดเป็นสถานที่ประกอบศาสนพิธีสำคัญต่างๆ ซึ่งปัจจุบันได้มีเทคโนโลยีต่างๆที่มาใช้ในการประชาสัมพันธ์หรือเผยแพร่ข่าวสารเกี่ยวกับกิจกรรมต่างๆภายในวัด แต่มีวัดจำนวนน้อยที่นำเทคโนโลยีเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในการกระจายข่าวสาร เป็นเหตุผลให้ทางคณะผู้จัดทำต้องการสร้างเว็ปไซต์ขึ้นมา เว็บไซต์วัดปลูกศรัทธาเป็นช่องทางการเผยแพร่ข่าวสารและกระจายข่าวสารสำคัญให้แก่ผู้คน โดยนำความรู้ในการพัฒนาเว็ปไซต์มาประยุกต์และออกแบบเว็ปไซต์ ให้ตอบโจทย์ต่อการประชาสัมพันธ์ข่าวสารของทางวัด ทางคณะผู้จัดทำได้ใช้โปรแกรม wordpess คือเครื่องมือสำหรับการพัฒนาและสร้างเว็บไซต์เข้ามาช่วยให้สามารถจัดการกับภาษาโปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนเว็บไซต์ ซึ่งในปัจจุบันมีโปรแกรมสำเร็จรูปตัวหนึ่งที่กำลังได้รับความนิยมในการสร้างเว็บไซต์นั้นคือ WordPress คือ โปรแกรมสำเร็จรูปที่มีไว้เพื่อสร้างและจัดการเนื้อหาบนอินเตอร์เน็ต (Contents Management System หรือ CMS) กล่าวคือ แทนที่เราจะดาวน์โหลดโปรแกรมมาทำการสร้างและออกแบบเว็บไซต์บนเครื่องคอมพิวเตอร์ของเรา เช่น

Visual Studio Code sublime NetBeans เป็นต้น แต่ CMS นั้นถูกสร้างมาเพื่อใช้งานบนอินเตอร์เน็ตโดยตรง หมายความว่าเมื่อคุณจะใช้งานโปรแกรมนี้ คุณก็สามารถใช้ได้ทันทีผ่านอินเตอร์เน็ต เพียงแค่คุณล็อกอินเข้าสู่ระบบจัดการของ CMS นั้นๆ

การพัฒนาเว็ปไซต์นี้ทางคณะผู้จัดกทำต้องการสร้างเว็ปไซต์ที่สามารถใช้ได้ทุกเครื่องมือสื่อสารเช่น คอมพิวเตอร์โน้ตบุค โทรศัทพ์มือถือ เป็นต้น ที่มีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต เพื่อให้ผู้คนที่สนใจเกี่ยวกับข้อมูลหรือประชาสัมพันธ์ของทางวัดสามารถเข้าถึงข้อมูลที่ถูกต้องและครบถ้วน

เอกสารอ้างอิง

[1] กิตติพันธ์ ศรศักดา. การสร้างและบริหารจัดการ Website ด้วย Wordpress [อินเทอร์เน็ต]. ขอนแก่น: ศูนย์คอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น; [เข้าถึงเมื่อ 22 พ.ค. 2562]. เข้าถึงได้จาก
https://dorm.kku.ac.th/uploads/news/files/Wordpress.pdf

[2] คู่มือการใช้งาน Blog ที่ Wordpress.com [อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ: สำนักเทคโนโลยีเพื่อการสอน สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานกระทรวงศึกษาธิการ; 2553 [เข้าถึงเมื่อ 22 พ.ค. 2562]. เข้าถึงได้จาก
https://juri05.files.wordpress.com/2010/04/wordpress-110919190731-phpapp01.pdf

[3] กนกอร ทิพยโสต. การแต่งภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ [อินเทอร์เน็ต]. หนองคาย: โรงเรียนท่าบ่อ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 21; [เข้าถึงเมื่อ 23 พ.ค. 2562]. เข้าถึงได้จาก
https://www.kroobannok.com/news_file/p94841202047.pdf

[IT-O03] การพัฒนาเว็บไซต์สำหรับวัดพลมานีย์

The Development of Wat Phonmani's Website

โชติช่วง ประทีปธีรานันต์*, ดาราวรรณ เตโช, ปณิตา คุ้มวงศ์ และกาญจนา คำนึงกิจ
ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล์: Chotchouang5336@hotmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเว็บไซต์สำหรับวัดพลมานีย์ ซึ่งคณะผู้จัดทำได้ใช้โปรแกรม visual studio code เป็นเครื่องมือ เว็บไซต์นี้จัดทำขึ้นเพื่อช่วยในการ ประชาสัมพันธ์และรณรงค์ กิจกรรม ข่าวสารต่างๆ เพื่อให้ประชาชนเข้าถึงกิจกรรมของวัดได้ง่ายมากยิ่งขึ้น และทำขึ้นเพื่อทดแทนเว็บไซต์ของวัดพลมานีย์ที่เคยทำมาเมื่อ 4-5 ปีก่อน แต่ไม่สามารถเข้าถึงเซิฟเวอร์ได้ ทำให้ไม่สามารถแก้ไขปรับปรุงข้อมูลใดๆ ได้ เว็บไซต์สำหรับวัดพลมานีย์ใช้ visual studio code สามารถทำการเพิ่ม แก้ไข ลบ เนื้อหาในส่วนของ บทความ กิจกรรม วันสำคัญต่างๆ สามารถแสดงผลทั้งผ่านทางคอมพิวเตอร์ และโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟนใดๆ ที่มีอินเทอร์เน็ตได้

คำสำคัญ: *การพัฒนา, เว็บไซต์, วัดพลมานีย์*

Abstract

This research is a developed website for Phonmani Temple which the organizers use visual studio code program. This website is designed to promote campaigns, various news, and activities in order to make people accessed the activities of the temple easily. It is also made to replace the previous website last 4-5 years ago because the last one cannot be accessed to. For this version, visual studio code, the administrator can add, edit, and delete the content to any online devices that can connect to the internet.

Keynotes: *development, website, Phonmani*

บทนำ

ศาสนาพุทธเป็นศาสนาที่มีพระพุทธเจ้าเป็นศาสดา และเป็นศาสนาประจำชาติประเทศไทย วัดเป็นสัญลักษณ์หนึ่งที่ใช้แทนศาสนาพุทธ ปัจจุบันมีวัดจำนวนไม่มาก ได้นำเว็บไซต์เพื่อนำเสนอข่าวสาร เช่นการประชาสัมพันธ์ กิจกรรมข่าวสาร หรืองานเทศกาลต่างๆ เหตุนี้ทำให้จัดทำงานวิจัยที่มีเกี่ยวกับ การทำเว็บไซต์ของวัดพลมานีย์ เพื่อทดแทนเว็บไซต์เก่าซึ่งไม่ได้รับแก้ไขและปัจจุบันหาโดเมนที่ผู้จัดทำเดิมทำไว้ไม่ได้ เจ้าอาวาสวัดพลมานีย์มีดำริให้ทางผู้จัดทำพัฒนาใหม่เลย แต่ขอให้ดีขึ้นและทันสมัยกว่าเดิม และเพราะเหตุที่ผู้จัดทำมีความถนัดทางด้านสาขาคณิตศาสตร์และด้านสาขาคอมพิวเตอร์เป็นหลัก ไม่ว่าจะเป็นการใช้โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์หรือการนำข้อมูลมาวิเคราะห์ ตัวอย่างเช่น DATABASE, WEB PROGRAMMING ANDROID หรือจะเป็นพวกเกี่ยวกับฮาร์ดแวร์ จะเป็นวิชาจำพวก IS (INFORMATION SYSTEM) DATACOM (DATA COMMUNICATION AND NETWORK SYSTEMS), SA (SYSTEM ANALYSIS) และการนำคณิตศาสตร์ที่เป็นตรรกะมาใช้ร่วมกับการเขียนโปรแกรมเป็นต้น เมื่อผู้จัดทำได้ทำศึกษาและค้นคว้าหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องมาแล้วได้พัฒนาเว็บไซต์สำหรับวัดพลมานีย์ โดยการพัฒนานี้เพื่อประชาสัมพันธ์กิจกรรมต่างๆ ของวัด บทสวดมนต์ และความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับศาสนาพุทธ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างเว็บไซต์ให้วัดพลมานีย์เพื่อรณรงค์ ซึ่งรวมไปถึงการเชิญชวนการทำกิจกรรมต่างๆ ภายในวัดพลมานีย์

2. เป็นสื่อกลางระหว่างประชาชนที่สนใจในพระพุทธศาสนากับวัด

3. สร้างสิ่งยึดเหนี่ยวทางใจซึ่งประกอบไปด้วย สื่อธรรมะ บทสวด บทความที่สอดแทรกข้อคิด คติธรรมะ เพื่อเป็นแนวทางในการใช้ชีวิต

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ผู้จัดทำได้นำความรู้พื้นฐานมาพัฒนาและออกแบบเว็บไซต์ซึ่งในบทนี้บรรยายถึงวิธีการดำเนินงานวิจัยของงานวิจัยในหัวข้อเว็บไซต์สำหรับพลมานีย์ ซึ่งประกอบไปด้วยหัวข้อดังนี้ การวิเคราะห์เพื่อพัฒนาเว็บไซต์ แผนผังอธิบายขั้นตอนการใช้งานบนเว็บไซต์หน้าต่างๆ ของเว็บไซต์สำหรับวัดพลมานีย์ ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

การวิเคราะห์เพื่อการพัฒนาเว็บไซต์

เว็บไซต์ที่ผู้จัดทำได้ทำขึ้นมานั้นมีจุดประสงค์เพื่อชักชวน ประชาสัมพันธ์ ซึ่งรวมไปถึงการรงณรงค์ให้ประชาชนทั่วไปที่มีความสนใจทาง พระพุทธศาสนา แต่ไม่มีเวลามากพอที่จะไปศึกษาหาข้อมูลได้ด้วยตนเอง ได้รับถึงข่าวสารของวัดและความรู้ทั่วไปต่างๆ รวมถึงบทความทางพระพุทธที่เป็นเครื่องยึดเหนี่ยวทางจิตใจ อีกทั้งยังมีบทสวดมนต์ ที่ผู้ใช้ระบบสามารถดาวน์โหลดเนื้อหาของบทสวดและชมบรรยายกาศของทางวัดพลมานีย์ได้ผ่านทางเว็บไซต์ที่ทางผู้ดูแลระบบได้จัดทำขึ้น

1 ขอบเขตความสามารถของระบบ

สำหรับเว็บไซต์ดังกล่าวนี้สามารถเข้าถึงได้โดยผู้ใช้ระบบและผู้ดูแลซึ่งขอบเขตความสามารถของการเข้าถึงนั้นจะแตกต่างกันโดยจะแบ่งเป็นความสามารถของผู้ใช้ระบบและความสามารถของผู้ดูแลระบบดังนี้

1.1 ความสามารถของผู้ใช้ระบบ

1) สามารถเข้าถึงบทความข้อมูล ข่าวสาร บทความ วิดีโอ ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาของเว็บไซต์

2) สามารถนำบทสวดมนต์ที่ทางผู้ดูแลระบบใส่ไว้ในเว็บไซต์ ไปใช้ในการดำเนินชีวิต

3) สามารถทำบุญ โดยที่ไม่จำเป็นที่จะต้องเดินทางมาที่วัด โดยการบริจาคผ่านทางบัญชีของวัด

1.2 ความสามารถของผู้ดูแลระบบ

1) สามารถเพิ่มข้อมูลข่าวสาร บทความ และเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับเว็บไซต์

2) สามารถแก้ไขข้อมูลข่าวสาร บทความ และเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับเว็บไซต์

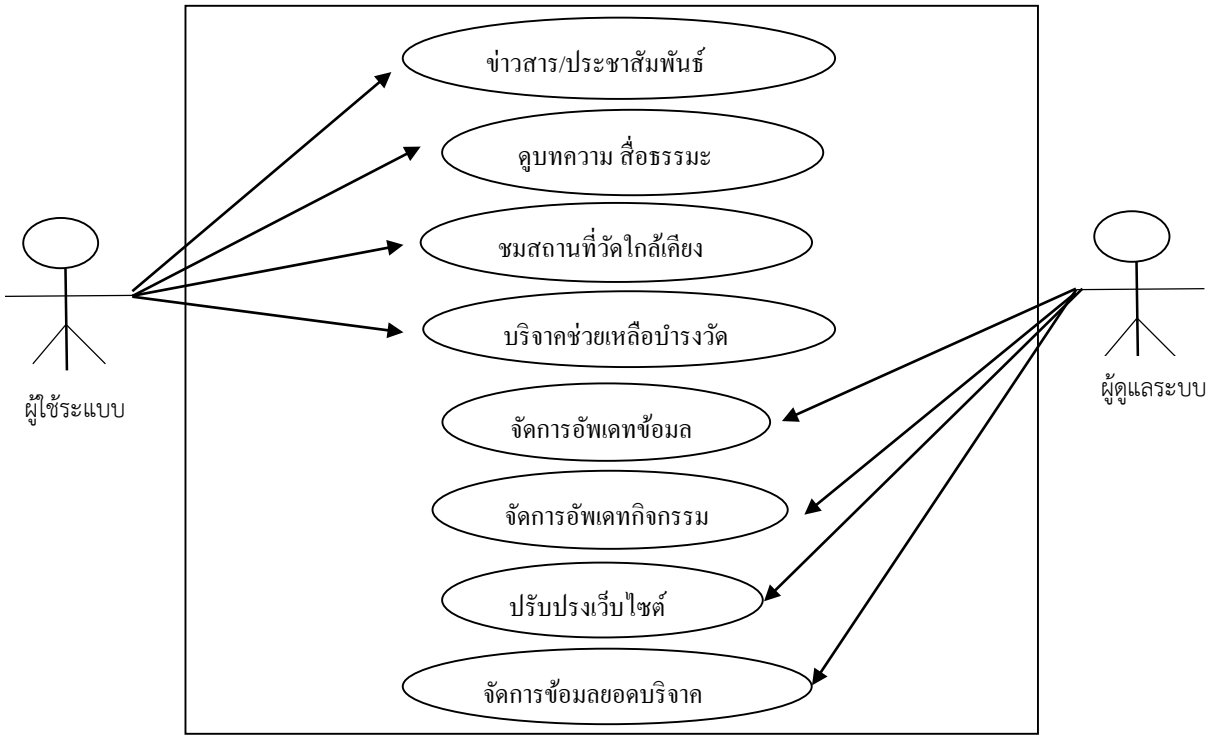
3) สามารถลบข้อมูลข่าวสาร บทความ และเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับเว็บไซต์

4) สามารถอัพเดทข้อมูล ข่าวสาร บทความ และเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับเว็บไซต์ให้เป็นปัจจุบัน

2 ภาพรวมของระบบ

สำหรับเว็บไซต์ของวัดพลมานีย์นั้น ทางผู้จัดทำมีจุดประสงค์หลักเพื่อใช้เว็บไซต์เป็นสื่อกลางที่จะเชื่อมพระพุทธศาสนาและประชาชนทั่วไป(ผู้ใช้ระบบ)ได้การตระหนักถึงการทำความดี ละเว้นความชั่ว อีกทั้งมีข้อมูลข่าวสารบทความที่ช่วยให้ตระหนักถึงคุณค่าของการดำรงชีวิต เมื่อผู้ใช้ระบบได้มีการเข้าถึงเว็บไซต์ผู้ใช้ระบบสามารถเข้าถึง ประวัติความเป็นมาบ ร ร ย า ก า ศภายในวัด บทความ ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับพระพุทธศาสนา สื่อธรรมะ เป็นต้น

3 แผนภาพการทำงาน Use case diagram



ภาพที่ 1 แผนภาพการทำงาน Use case diagram

จากแผนภาพการทำงาน (Use Case Diagram)

ผู้ใช้ระบบ (User) คือ บุคคลที่เข้าชมเว็บไซต์ดูข่าวสาร/ประชาสัมพันธ์ สื่อธรรมะ สถานที่วัดใกล้เคียง การบริจาค รวมถึงบทความต่างๆ ทางธรรมะ

ผู้ดูแลระบบ(Administrator) คือ บุคลลที่สามารถจัดการข้อมูลของเว็บไซต์ โดยการ เพิ่มข้อมูล แก้ไขข้อมูล เปลี่ยนแปลงข้อมูล รวมไปถึงการจัดการข้อมูลทั้งหมดของ เว็บไซต์ เพื่อให้ข้อมูลแสดงผลได้อย่างถูกต้อง

กิจกรรมที่ผู้ใช้ระบบและผู้ดูแลระบบสามารถทำกับระบบได้

1. ดูข่าวสาร/ประขาสัมพันธ์ ซึ่งผู้ใช้ระบบสามารถเข้าถึงเว็บไซต์ซึ่งภายในเว็บไซต์จะมีการประข่าวสาร/ประชาสัมพันธ์ของทางวัดไม่ว่าจะเป็นข่าวสารกิจกรรมวันสำคัญทางพระพุทธศาสนาที่ทางวัดจัดขึ้น หรือ ข่าวสารกิจกรรมอื่นๆ ที่ทางวัดกำลังจะจัด

2. ดูบทความ สื่อธรรมะ เมื่อผู้ใช้ระบบเข้าถึงเว็บไซต์แล้ว ผู้ใช้สามารถดูบทความทางธรรมะสื่อวิดิโอธรรมะต่างๆ

3. ชมสถานที่วัดใกล้เคียง เมื่อผู้ใช้ระบบเข้าถึงเว็บไซต์แล้วมีความสนใจที่จะมาทำบุญที่วัดพลมานีย์ หลังเสร็จจากการทำบุญนั้นผู้ใช้ระบบสามารถค้นหาสถานที่วัดใกล้เคียงกับวัดสามารถเดินทางได้สะดวก โดยผู้ดูแลระบบได้ทำการค้นหาสถานที่และเสนอวิธีการเดินทาง ให้ผู้ใช้ระบบที่มีความประสงค์จะเดินทางไปทำบุญต่อ

4. บริจาคช่วยเหลือบำรุงวัด เมื่อผู้ใช้ระบบมีเหตุจำเป็นซึ่งอาจจะเกิดจาก ไม่มีเวลาเดินทางมาทำบุญที่วัดด้วยตนเอง ผู้ดูแลระบบได้ทำการสร้างช่องทางการบริจาครับเงินผ่านทางหมายเลขบัญชีของวัดพลมานีย์

5. จัดการอัพเดทข้อมูล ผู้ดูแลระบบจะเป็นคนที่อัพเดทข้อมูลต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นสื่อธรรมะบทความ รูปบรรยากาศภายในวัด รวมไปถึงข่าวสารที่เกี่ยวข้องกับทางพระพุทธศาสนา

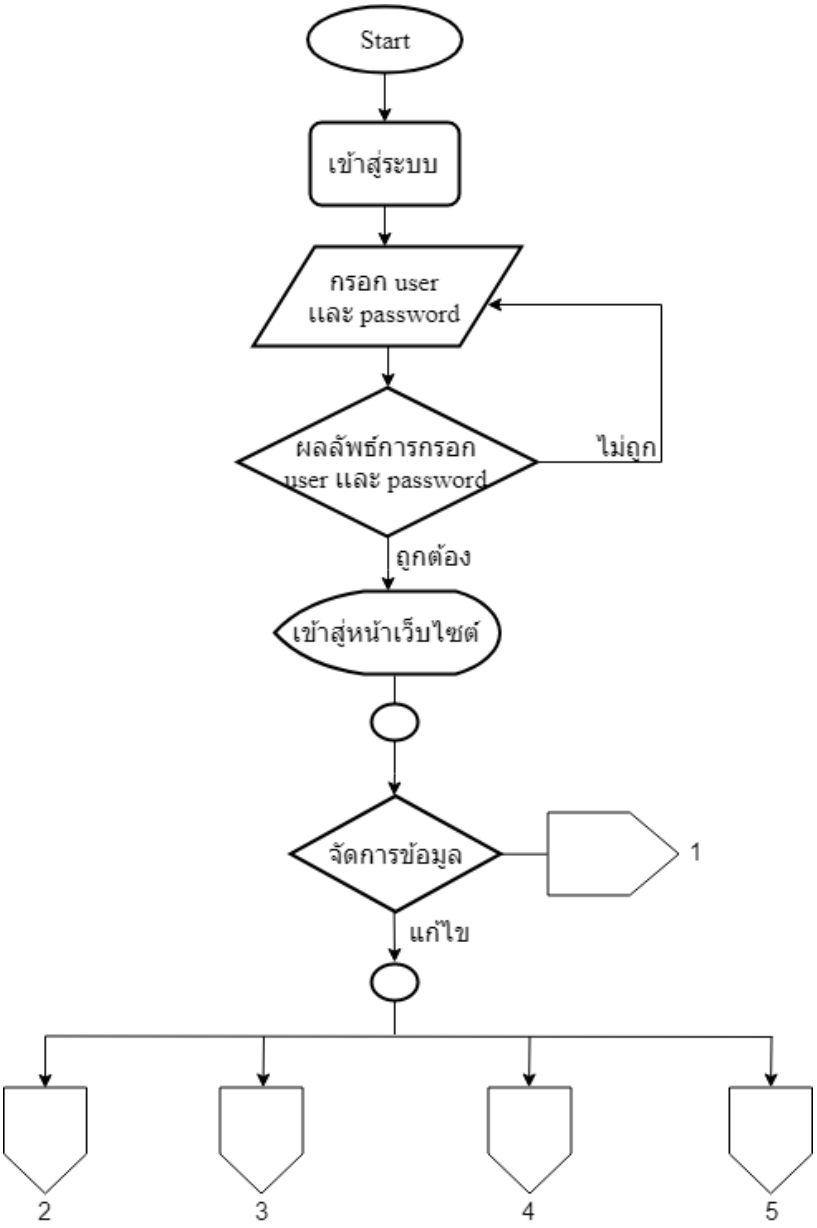
6. จัดการอัพเดทกิจกรรม ผู้ดูแลระบบจะทำการอัพเดทกิจกรรมที่วัดกำลังจะจัดขึ้นเพื่อประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนหรือบุคคลที่สนใจ มาเข้าร่วมกิจกรรมนั้นๆ

7. ปรับปรุงเว็บไซต์ ผู้ดูแลระบบสามารถปรับปรุงรูปแบบของเว็บไซต์ได้ตามความเหมาะสมตามขอบเขตที่ผู้ดูแลระบบสามารถทำได้

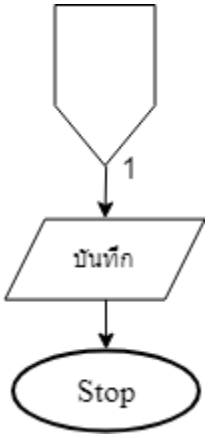
8. จัดการข้อมูลยอดบริจาค ผู้ดูแลระบบมีการเปิดรับการบริจาคผ่านทางเว็บไซต์โดยผู้แลระบบจะนำเงินยอดดังกล่าวมาสร้างประโยชน์ต่างๆ ให้แก่วัดพลมานีย์เพื่อบำรุงรักษาศาสนสถานที่สำคัญของวัด

4. แผนผังอธิบายลำดับการใช้งานบนเว็บไซต์

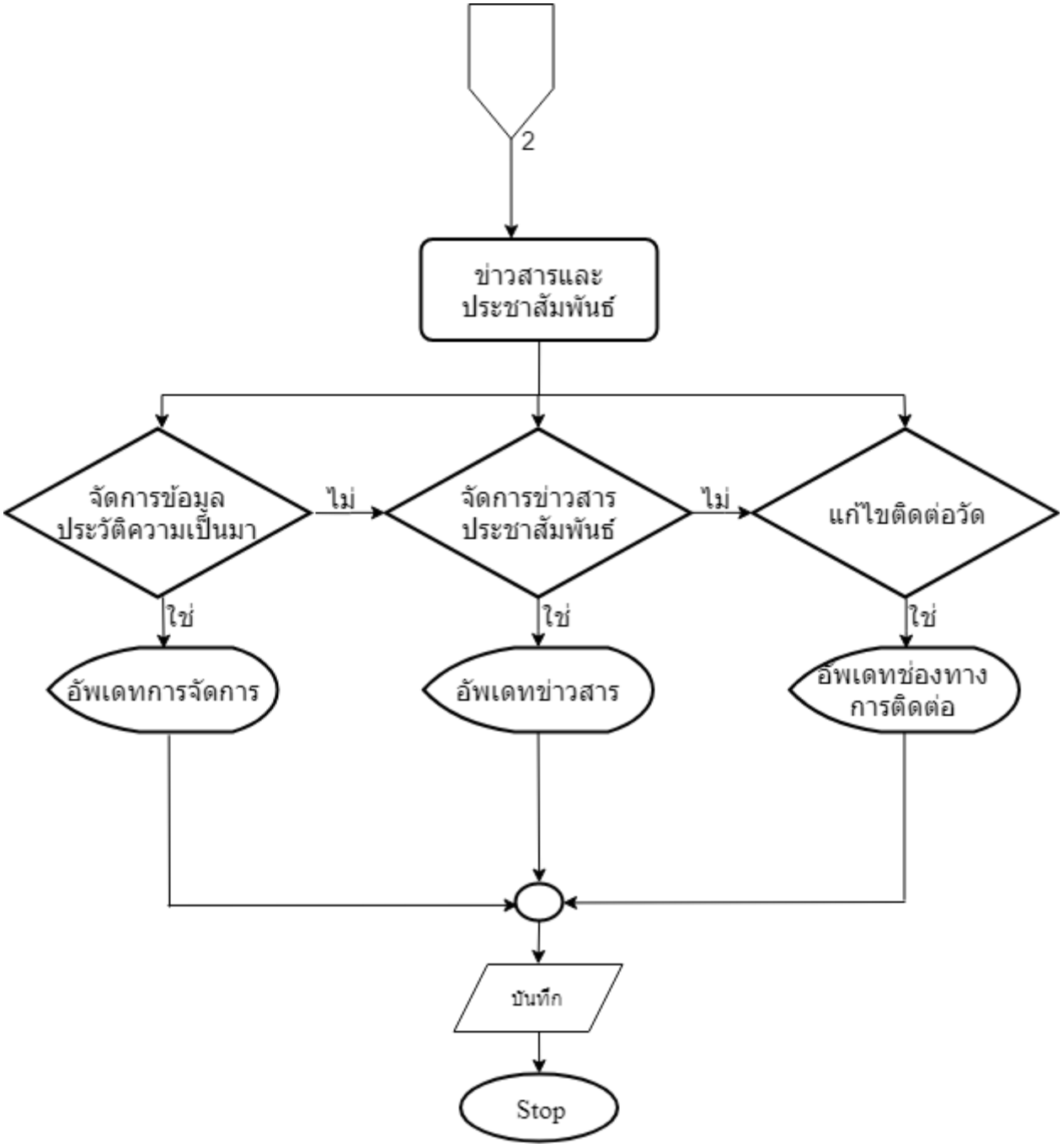
4.1 แผนผังอธิบายลำดับการทำงานของผู้ดูแลระบบ



ภาพที่ 2 แผนผังอธิบายลำดับการใช้งานระบบของผู้ดูแลระบบ

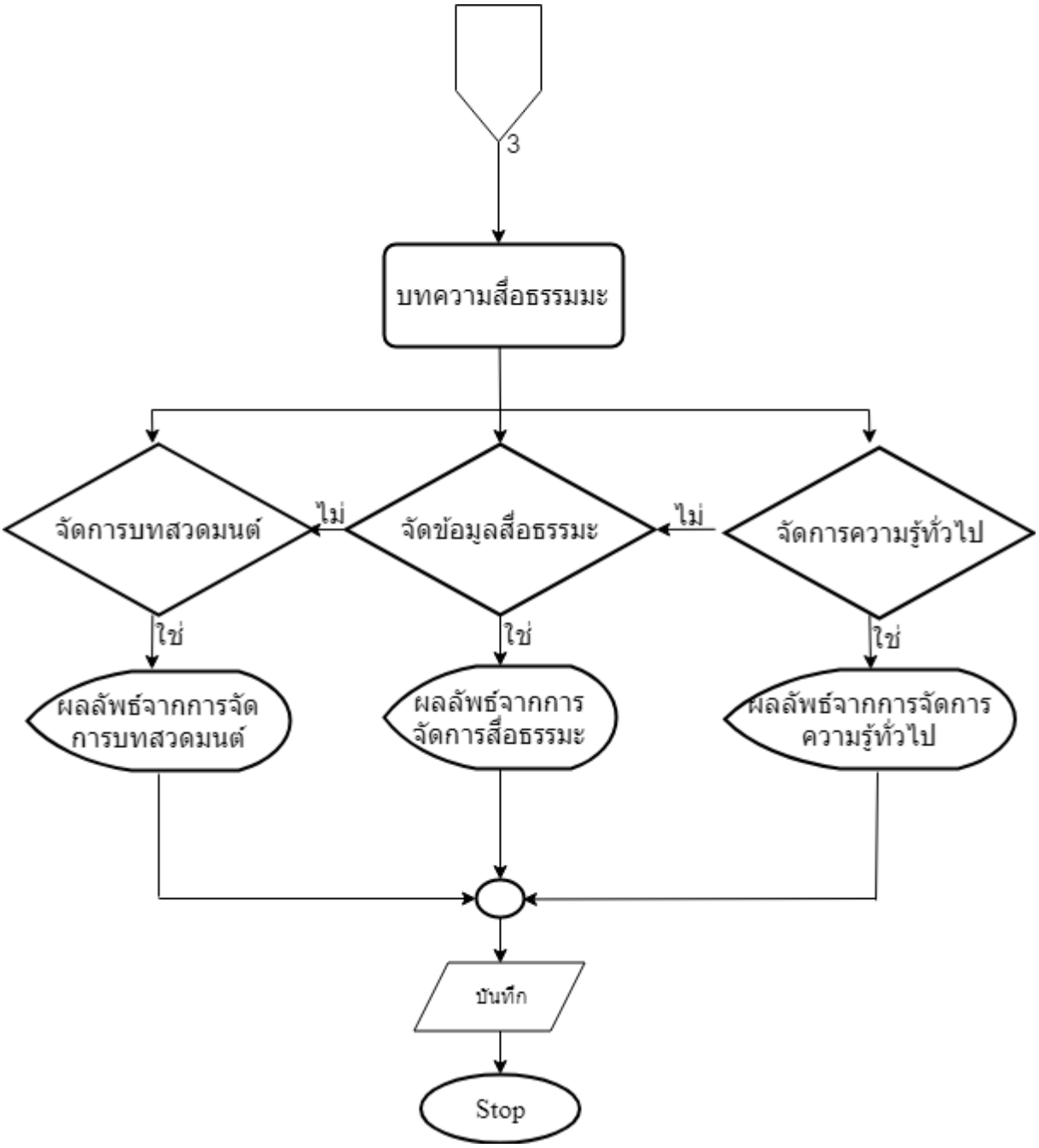


ภาพที่ 3 แผนผังอธิบายลำดับการใช้งานระบบของผู้ดูแลระบบ

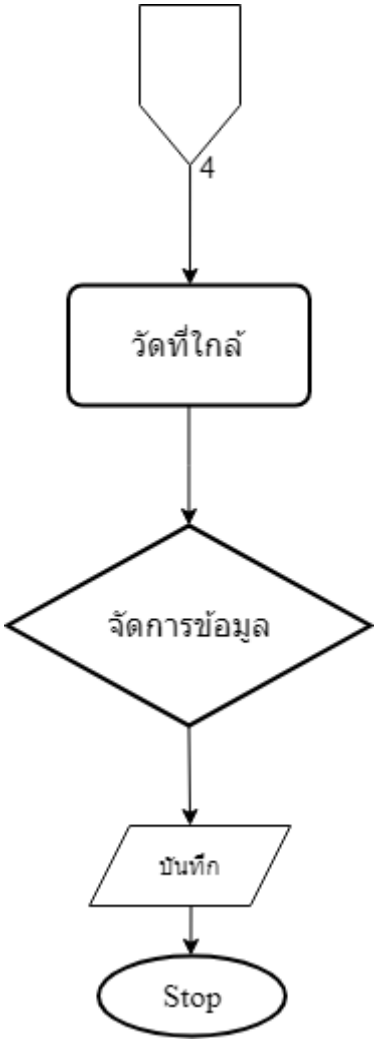


ภาพที่ 4 แผนผังอธิบายลำดับการใช้งานระบบของผู้ดูแลระบบ

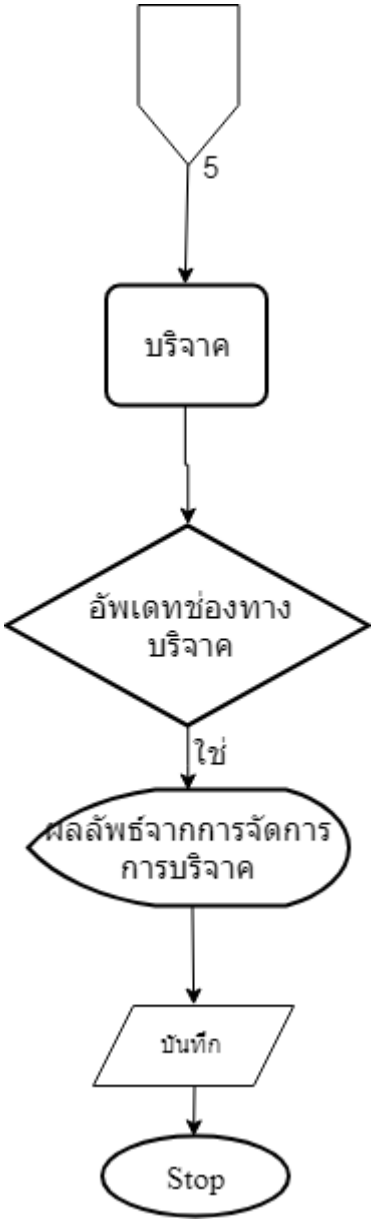
ภาพที่ 4 เมื่อผู้ดูแลระบบต้องการดูข้อมูลบทความและสื่อธรรมะ ระบบจะทำการดึงข้อมูลบทความมาแสดงผลบนหน้าเว็บไซต์ ผู้ดูแลระบบสามารถทำการแก้ไข เพิ่ม หรือลบ บทความและสื่อธรรมะที่อยู่ภายในเว็บได้ และเมื่อข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลง ระบบจะต้องทำการบันทึก/ยืนยันทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล



ภาพที่ 5 แผนผังอธิบายลำดับการใช้งานระบบของผู้ดูแลระบบ



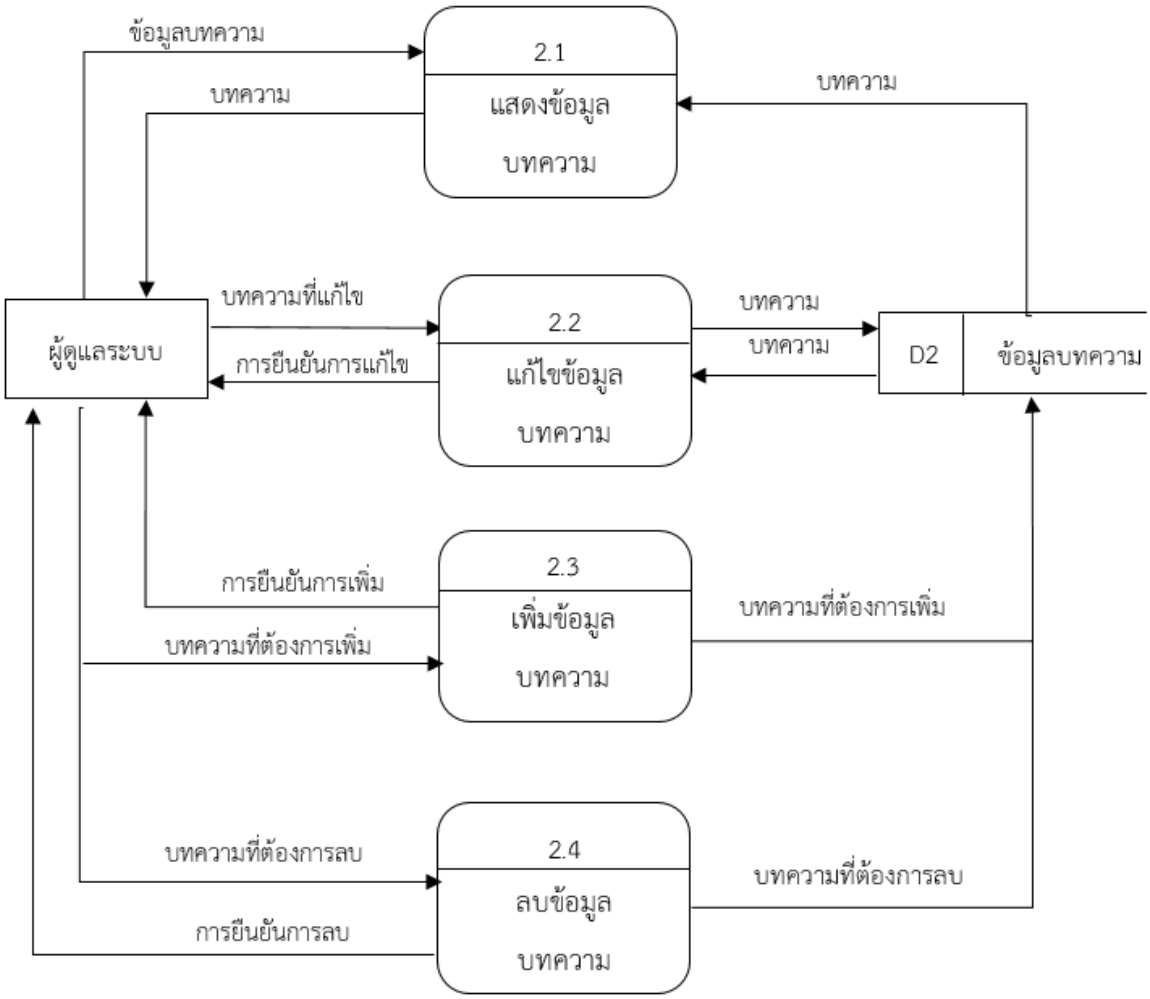
ภาพที่ 6 แผนผังอธิบายลำดับการใช้งานระบบของผู้ดูแลระบบ



ภาพที่ 7 แผนผังอธิบายลำดับการใช้งานระบบของผู้ดูแลระบบ

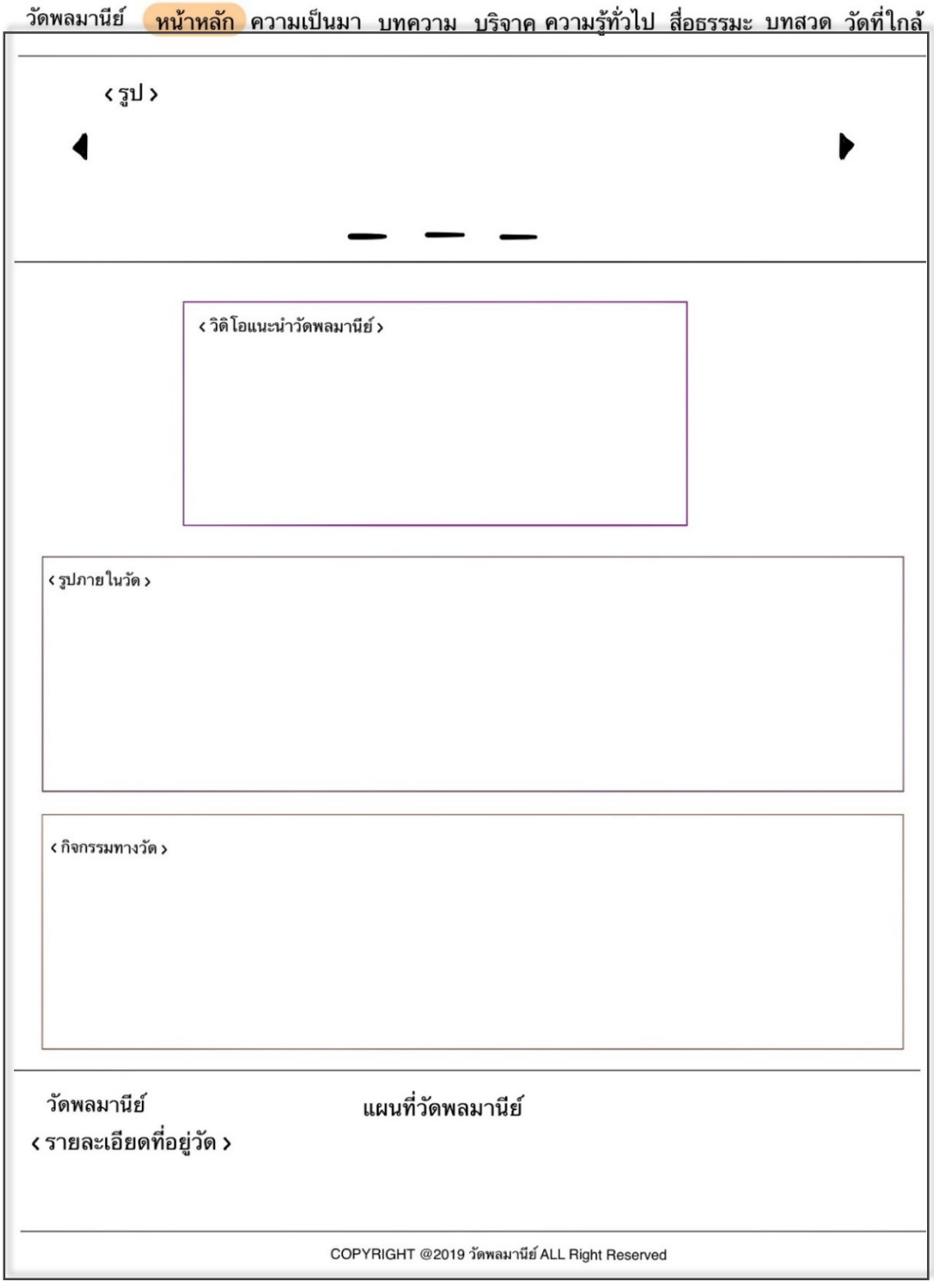
ผู้ดูแลระบบสามารถจัดการกับข้อมูล ข่าวสารประชาสัมพันธ์ บทความ สื่อธรรมะ สถานที่วัดใกล้เคียง การบริจาค

1 การจัดการข้อมูลบทความและสื่อธรรมะ



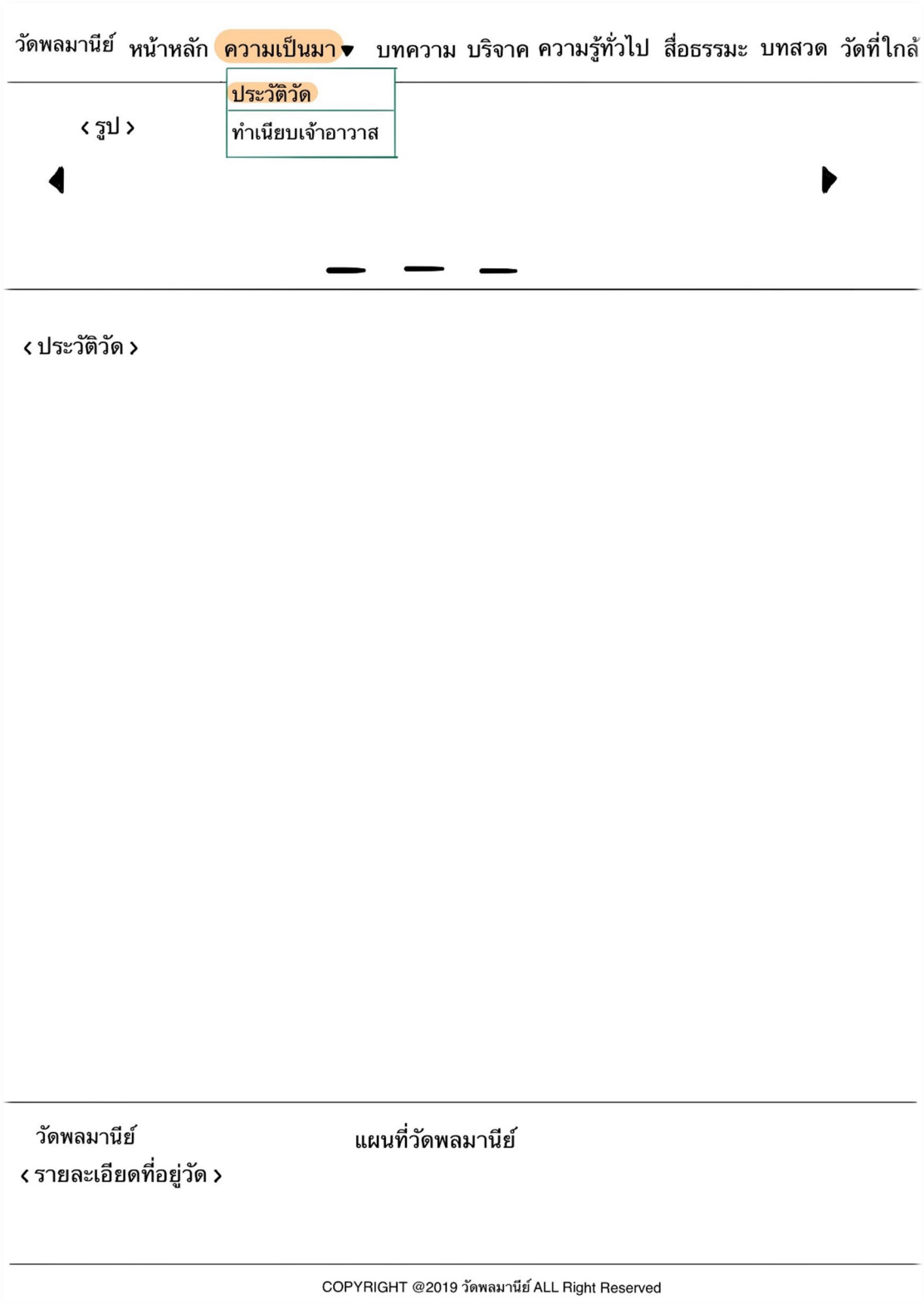
ภาพที่ 8 แผนภาพกระแสการจัดการข้อมูลบทความและสื่อธรรมะ

5. หน้าต่างๆ ของเว็บไซต์สำหรับวัดพลมานีย์



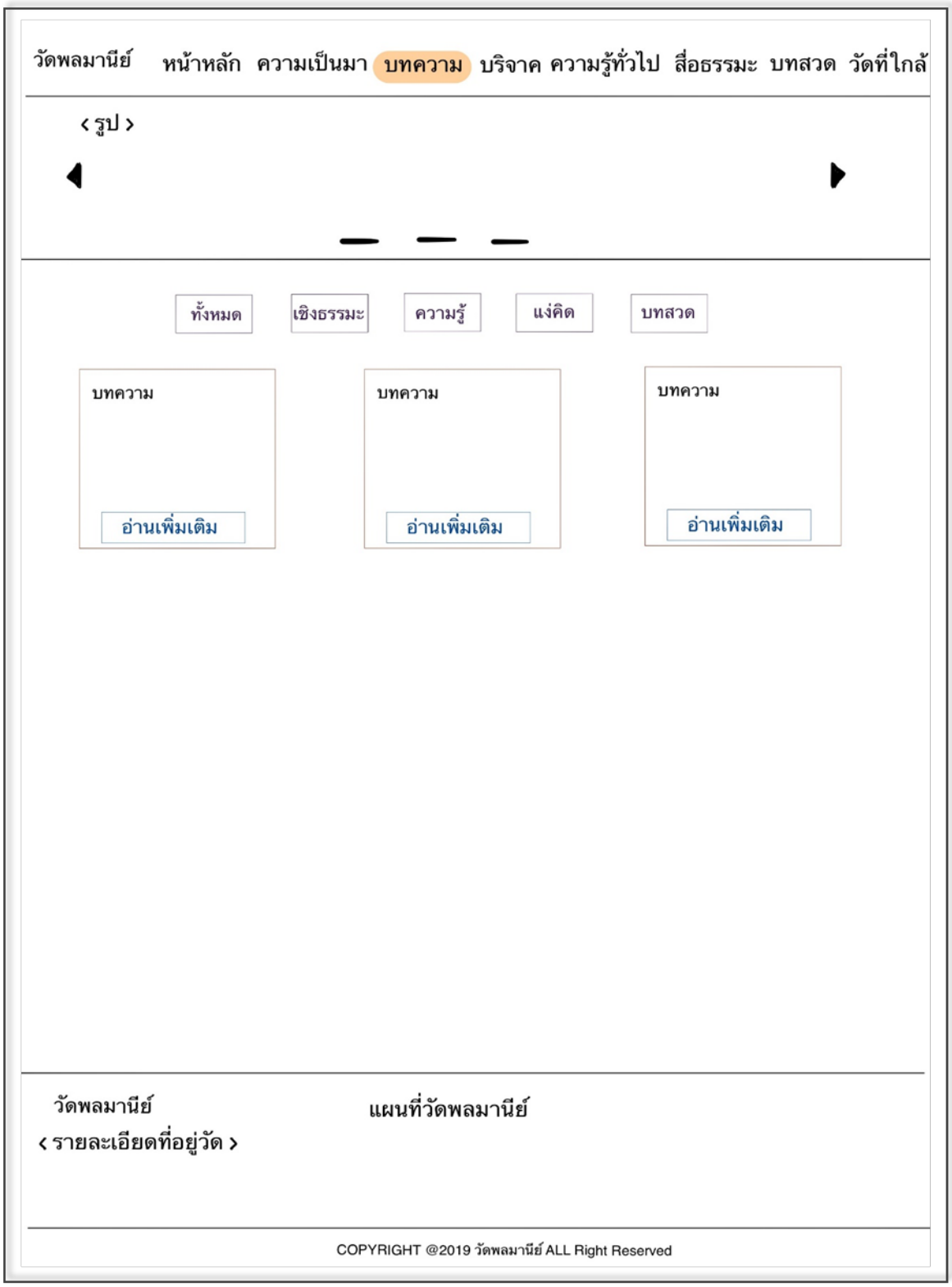
ภาพที่ 9 ภาพรวมของเว็บไซต์เมื่อเข้าสู่หน้าแรก

เมื่อกรอก URI ผ่าน Web Browser ระบบจะทำประมวลผล ซึ่งจะได้หน้าเว็บเพจหลักขึ้นมาดังภาพที่ 9



ภาพที่ 10 หน้าเว็บแสดงผลเมื่อเลือกหัวข้อประวัติวัด

หน้าของบทความ ผู้ใช้จะเห็นหน้านี้เมื่อผู้ใช้กดเลือกชมบทความ (ไฮไลท์สีเหลือง)



ภาพที่ 11 หน้าเว็บแสดงผลเมื่อเลือกหัวข้อบทความ

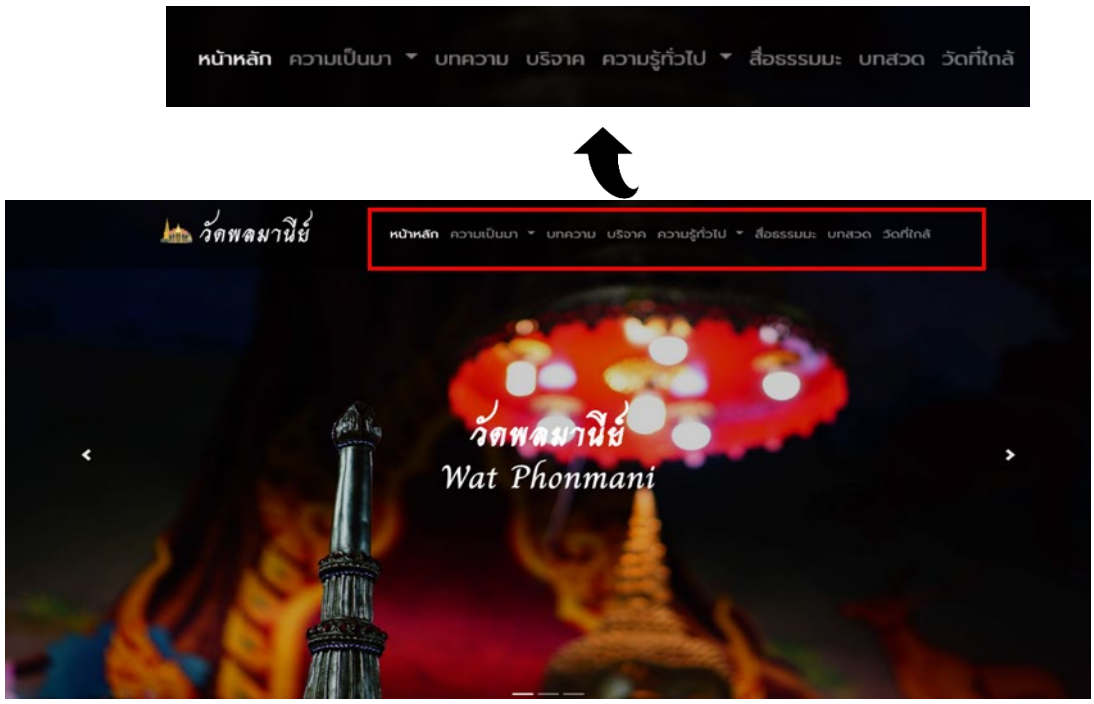
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

เป็นการวิเคราะห์และออกแบบระบบ ซึ่งในบทนี้จะบรรยายถึงขั้นตอนการทำงานในส่วนต่างๆ ของเว็บไซต์ ที่ผู้ใช้ระบบสามารถเข้าถึง

โครงสร้างเว็บไซต์สำหรับผู้ใช้ระบบ

ในส่วนของหน้าแรกที่ผู้ใช้มองเห็นเมื่อเข้าสู่เว็บไซต์ ผู้ใช้จะพบกับข้อความประชาสัมพันธ์ กิจกรรมที่ทางวัดกำลังจะจัดขึ้น ในส่วนถัดมาจะเป็นรูปภาพกิจกรรมที่ประชาชนได้มีส่วนร่วมกับทางวัด และในส่วนท้ายของเว็บไซต์จะเป็นรายละเอียดที่อยู่ของทางวัดและแผนที่การเดินทาง

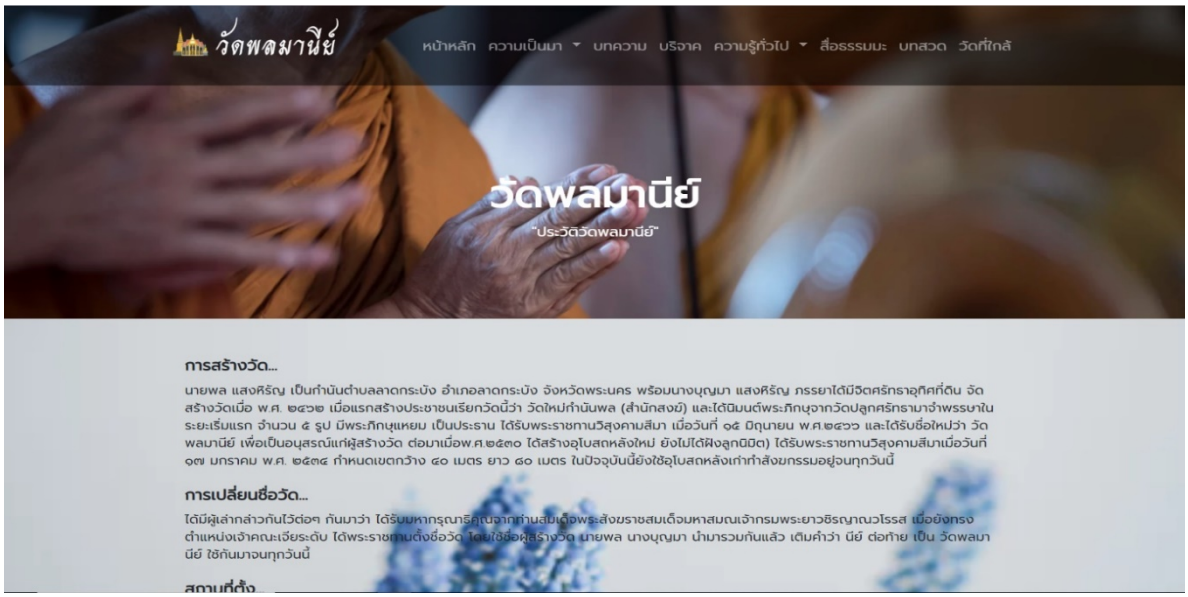
1. หน้าแรก



ภาพที่ 12 หน้าแรกของเว็บไซต์ (อ้างอิงจาก ภาพที่ 5)

2. ประวัติความเป็นมา

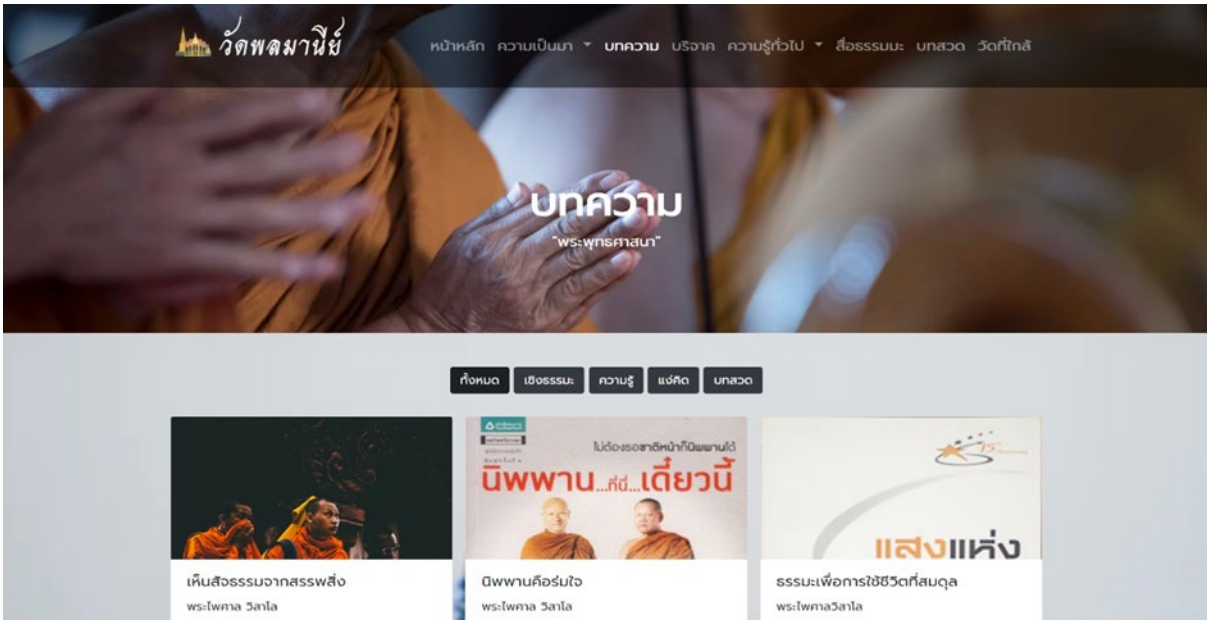
จะประกอบไปด้วย 2 หัวข้อซึ่งก็คือประวัติของวัด และทำเนียบเจ้าอาวาส



ภาพที่ 13 หน้าเว็บแสดงผลเมื่อเลือกหัวข้อความเป็นมา (อ้างอิงจาก ภาพที่ 6)

3. บทความ

เมื่อผู้ใช้งานเข้าสู่ในหน้าบทความผู้ใช้สามารถเลือกดูบทความที่เกี่ยวข้องกับธรรมะที่สอดแทรกไปด้วยข้อคิดคติเตือนใจ และวิธีการปฏิบัติ



ภาพที่ 14 หน้าเว็บแสดงผลเมื่อเลือกหัวข้อบทความ (อ้างอิงจาก ภาพที่ 7)

สรุป

เนื่องจากจุดประสงค์ที่จัดทำงานวิจัยนี้ คือเพื่อสร้างเว็บไซต์ ให้วัดพลมานีย์ เพื่อใช้เป็นส่วนหนึ่งในการรณรงค์ ประชาสัมพันธ์ รวมถึงการเชิญชวนให้มีส่วนร่วมสำหรับการทำกิจกรรมต่างๆ ของวัดพลมานีย์ ทางเจ้าอาวาสและกรรมการวัดได้ประเมินตรวจสอบ

เว็บไซต์ซึ่งตรงตามความต้องการของทางวัด โดยเข้าเว็บไซต์ www.watphonmanii.com พบว่าเป็นการบริการวิชาการให้กับวัดพลมานีย์(ชุมชนวัดพลมานีย์) และเว็บไซต์นี้ให้ประโยชน์ดังนี้

1.ใช้ในการรณรงค์ เชิญชวน รวมถึงเป็นส่วนหนึ่งในการประชาสัมพันธ์ ให้ผู้ที่สนใจมีส่วนร่วมในการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ด้วยอินเทอร์เน็ต

2.ทำให้ผู้ที่มีความสนใจทางด้านศาสนา เข้าถึงข้อมูลของทางวัด และศาสนามากยิ่งขึ้น

3.เว็บไซต์นี้เป็นสื่อกลางในการเชื่อมต่อระหว่างผู้ที่สนใจและวัด ให้เข้าถึงกิจกรรมของวัดได้

กิตติกรรมประกาศ

ในงานวิจัย เรื่อง การสร้างเว็บไซต์ของวัดพลมานีย์ สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี คณะผู้จัดทำต้องขอกราบขอบพระคุณ ผศ. ดร. กาญจนา คำนึงกิจ และ ดร. ละออ บุญเกษม อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัยฉบับนี้ที่ กรุณาให้คำแนะนำ ชี้แนะ รวมทั้งเป็นผู้ตรวจสอบความถูกต้องของงานวิจัยฉบับนี้

กราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.นพรัตน์ โพธิ์ชัย และ ผศ.ดร.อาทิตย์ แข็งธัญการ ประธานกรรมการและคณะกรรมการสอบงานวิจัยครั้งนี้ที่ให้คำแนะนำในการแก้ปัญหาต่างๆ และขอขอบ คุณสถานที่ที่อำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัยครั้งนี้

กราบขอบคุณพระคุณ พระครูเกษมสุทธิคุณ และ คณะสงฆ์ประจำวัด อีกทั้งคณาจารย์ทุกท่านซึ่งคณะผู้ศึกษาอาจมิได้เอ่ยนาม ที่ให้ความรู้ ประสิทธิ์ประศาสตร์วิชา คณะผู้ศึกษารู้สึกซาบซึ้งและสำนึกในพระคุณของอาจารย์ทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

หากงานวิจัยฉบับนี้มีประโยชน์และคุณค่าทางการศึกษาต่อผู้อื่นคณะผู้ศึกษาขอยกความดีทั้งหมดแด่อาจารย์ ผศ. ดร. กาญจนา คำนึงกิจ ดร. ละออ บุญเกษม และกรรมการสอบงานวิจัยทุกท่าน ซึ่งหากงานวิจัยฉบับนี้มีความบกพร่องประการใด คณะผู้ศึกษาขอน้อมรับความผิดพลาดไว้แต่เพียงผู้เดียว

เอกสารอ้างอิง

[1] วัลยา นาสาร. 2556. เกี่ยวกับภาษา HTML. [Online]. Available
: https://sites.google.com/site/easyhtmllanguage/khwam-hmay-khxng-html

[2] Goprogramer. 2552. การเชื่อมโยงลิงค์. [Online]. Available
: https://goprogramer.wordpress.com/

[3] Ninetechno. 2560. XAMPP. [Online]. Available
: https://www.ninetechno.com/a/website/873-xampp.html

[4] Prasasoft. 2554. phpMyAdmin. [Online]. Available
: https://www.youtube.com/watch?v=scQHXUdu9Cs

[5] นิรนาม. 2556. การ SELECT ข้อมูลแบบจัดกลุ่ม. [Online]. Available
: http://www.mindphp.com

[6] W3school. 2560. HTML and CSS. [Online]. Available
: https://www.w3schools.com/nodejs/nodejs_npm.asp

[7] Levent-Levi. 2559. WebRTC Programming. [Online]. Available
: https://bloggeek.me/webrtc-programming-languages/

[IT-O04] การเปรียบเทียบการพัฒนาเว็บไซต์บน MEAN Stack กับบน PHP Laravel Framework กรณีศึกษาการจัดลำดับแผนการขนส่งสินค้า

Comparison of Web Development with MEAN Stack and PHP Laravel Framework in Case Study of Reordering Delivery Plan

อรรคพล พูดสัตย์* และ ชวลิต โควีระวงศ์
Akkapon Pootsat* and Chavalit Koweerawong
หลักสูตรวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: chavalit@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

การขนส่งบนถนนนั้นจะต้องมีการกำหนดเส้นทางและลำดับการขนส่ง ในบางครั้งการลำดับการขนส่งที่เลวร้าย อาจจะเกิดระยะทางที่มากเกินความจำเป็น ผู้วิจัย จึงทำเว็บไซต์ในการจัดลำดับเส้นทาง โดยพัฒนาเปรียบเทียบระหว่างใช้ MEAN Stack Framework และใช้ PHP Laravel Framework ผลที่ได้จากการพัฒนาระบบพบว่า Mean Stack Framework มีการทำงานที่ค่อนข้างตอบสนองกับผู้ใช้ได้ทันทีกว่าเพราะมีการจัดการของระบบได้รวดเร็วกว่าการใช้ภาษา PHP บน Framework Laravel เมื่อมีการนำ Package ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ Javascript เนื่องจาก PHP บน Framework Laravel ต้องใช้ Client ติดต่อกับ Laravel Server และ Google Map API จึงให้ทำงานช้ากว่า

คำสำคัญ: *MEAN Stack*, Laravel, ลำดับการขนส่งสินค้า

Abstract

Transportation on the road must have a routing and transportation order. Sometimes the order of transportation is bad and may cause more distance than necessary, therefore the researcher has made the website in order to rank the route by comparing between using the MEAN Stack Framework and using the PHP Laravel Framework. The result showed that the Mean Stack Framework demonstrates the better instant respopnese to the user than that of using the PHP Laravel Framework due to its faster management system when using packages that are related to Javascript. Because PHP on the Laravel Framework requires the client to connect to the Laravel Server and the Google Map API.

Keywords: *MEAN Stack*, Laravel, Drop Ordering

บทนำ

การขนส่งบนถนนนั้นจะต้องมีการกำหนดเส้นทางและลำดับการขนส่ง ในบางครั้งการลำดับการขนส่งที่เลวร้าย อาจจะเกิดระยะทางที่มากเกินความจำเป็น ถ้ามีตัวช่วยเรียงลำดับการขนส่งจะทำให้การขนส่งมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และเพื่อเป็นการเปรียบเทียบเทคโนโลยีที่ใช้ในการพัฒนาผู้วิจัยจึงได้พัฒนาระบบเรียงลำดับการขนส่งโดยพัฒนาในรูปแบบของเว็บไซต์

ปัจจุบันการพัฒนาเว็บมีเทคโนโลยีที่หลากหลากให้ผู้พัฒนาได้เลือกใช้ ไม่ว่าจะเป็นภาษา PHP ซึ่งเป็นภาษาที่มีผู้พัฒนามากที่สุดในโลก หรือภาษา Javascript ซึ่งเป็นภาษาที่กำลังถูกจับตามองในปี 2018-2019 ซึ่งมีความน่าสนใจมากในการเรื่องของการตอบสนองที่รวดเร็ว เนื่องจากสถาปัตยกรรมของแต่ละภาษานั้นไม่เหมือน การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาที่ต่างกันจะทำให้ได้ข้อได้เปรียบและข้อเสียเปรียบของแต่ละภาษา โดยใช้เทคโนโลยีที่กำหนดเป็นที่นิยม เช่น MEANS Stack Framework ซึ่งพัฒนาโดย

ภาษา Javascript และ Laravel Framework ซึ่งพัฒนาโดยภาษา PHP โดยการศึกษาจะมุ่งเน้นไปที่การหาคำตอบกว่าการพัฒนาบนทั้งสอง Framework ที่แตกต่างกันนี้จะมีอะไรที่แตกต่างกันมากน้อยเพียงใด

วัตถุประสงค์ในการวิจัยนี้ เป็นไปตามความต้องการดังนี้

1. เพื่อพัฒนาคำนวณการเรียงลำดับการขนส่งได้ โดยใช้อัลกอริธึมที่สะดวกต่อการคำนวณที่สุด คือ Nearest Neighbor (NN)
2. เพื่อแก้ปัญหาข้อเสียของการใช้ อัลกอริธึม Nearest Neighbor (NN)
3. เพื่อพัฒนาเว็บไซต์สำหรับการวางแผนจัดลำดับการขนส่งระหว่างการพัฒนาโดยใช้ PHP Laravel
4. เพื่อพัฒนาเว็บไซต์สำหรับการวางแผนจัดลำดับการขนส่งระหว่างการพัฒนาโดยใช้ Mean Stack Framework
5. เปรียบเทียบการใช้งานระหว่าง PHP Laravel และ Mean Stack Framework

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การพัฒนาระบบจัดลำดับการขนส่งด้วย MEAN Stack Framework

MEAN Stack ก็คือ Framework ตัวหนึ่งที่ใช้พัฒนาเว็บไซต์คล้ายๆกับพวกLAMP Stack ที่ประกอบด้วย Linux, Apache, MySQL, PHP โดยที่ MEAN Stack จะเน้นการใช้ภาษา Javascript ในการพัฒนาแน่นอนว่าคนที่เคยเขียนเว็บไซต์ จะประกอบไปด้วย M มาจาก MongoDB, E มาจาก Express, N มาจาก NodeJS และ A มาจาก Angular รวมกันเป็น Mean Stack พัฒนาระบบการวางแผนการขนส่งด้วย MEAN เพื่อหาเส้นทางที่สั้นที่สุดได้อาศัยเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

1.1 Angular คือ เฟรมเวิร์ค (framework) สำหรับสร้างแอพลิเคชั่นในฝั่งไคลเอ็นในรูปแบบของ HTML, CSS และ JavaScript/TypeScript ซึ่ง TpyeScript จะถูก compile ไปเป็น JavaScript ข้อดีของ Angular คือ สามารถทำงานได้รวดเร็วและตอบสนองกับผู้ใช้ได้เป็นอย่างดี จึงทำให้เป็นที่นิยมในปัจจุบัน

1.2 NodeJS คือ JavaScript runtime สร้างบน Chrome's V8 JavaScript engine โดย NodeJS ใช้ event-driven, non-blocking I/O model เมื่อทำการ Runtime Environment ร่วมกับ JavaScript Library ทำให้สามารถ

1.2.1 นำมาประยุกต์สร้าง Application ต่างๆ ได้ทุกระบบ เช่น Streaming, Online Chat, Web, Web Service, IOT และอื่นๆ

1.2.2 เป็น Platform ที่ทำงานอยู่บนฝั่ง Server ถูกพัฒนาโดย Ryan Dahl ในปี 2009

1.2.3 เป็น Open Source

1.2.4 เป็น Cross Platform Runtime Environment สามารถนำไปทางานได้ทุกระบบปฏิบัติการ ตัวอย่างเช่น OS X, Window, Linux และอื่นๆ

1.2.5 เขียนด้วยภาษา JavaScript

1.2.6 NodeJS มี Library ที่เป็นส่วนเสริมจานวนมาก แยกเป็น JavaScript Module ต่างๆ สาหรับทางานเฉพาะ ในแต่ละเรื่อง สามารถติดตั้งเพิ่มเติมได้ผ่าน npm (Node Package Manager)

1.2.7 Npm (Node Package Manager) เป็นตัวจัดการ Package ของ JavaScript ผู้ใช้งานสามารถหา Package ที่เหมาะสมกับงานแต่ละอย่าง และติดตั้งผ่านคาสั่งบน command line ได้

1.3 Express เป็น Web Application Framework บน NodeJS ที่ได้รับความนิยมมากๆ Express จะมีฟิชเจอร์ต่างๆ ที่ช่วยให้ทาเว็บไซต์ได้สะดวกขึ้น เช่น การทา Routing, Middleware การจัดการ Request และ Response เป็นต้น ทาให้เราสามารถพัฒนาเว็บไซต์โดยใช้ NodeJS ได้สะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น

1.4 Mongo DB เป็น database แบบ NoSQL แต่จะแตกต่างกับ MySQL แต่สิ่งที่ MongoDB แตกต่างจาก NoSQL ตัวอื่นบางตัว ก็คือการที่มีบริษัทเอกชนผู้สนับสนุน คือบริษัท 10gen Inc เนื่องมาจาก product MongoDB สามารถทางานที่ซับซ้อนได้ดีกว่า MySQL กล่าวคือ MongoDB เป็น NoSQL ที่แตกต่างจาก MySQL

2. การพัฒนาระบบจัดลำดับการขนส่งด้วย PHP Laravel Framework

Laravel เป็น PHP Framework ที่ได้รับความนิยมตัวหนึ่ง การที่ Laravel ได้รับความนิยมนั่นหมายความว่าเราสามารถหาข้อมูลเกี่ยวกับมันได้ไม่ยากนัก เวลาเจอปัญหาแก้ไม่ตกสามารถค้นหาเอาจากกูเกิลได้ อีกทั้งสิ่งหนึ่งที่สร้างความมั่นใจให้กับเราได้ก็คือ Laravel จะยังคงพัฒนาต่อไปเรื่อยๆ ไม่ใช่วันดีคืนดี เลิกทา ทีนี้ถ้าหากเราเลือกใช้เฟรมเวิร์คตัวอื่นที่ไม่ได้รับความนิยมนั้นจะเสียหายมั้ย แน่นอนอยู่แล้วว่าอะไรที่ไม่ค่อยได้รับความนิยม ต่อให้ดีแค่ไหน ก็จะหาข้อมูลได้ยาก Document ก็น้อย คนช่วยแก้ปัญหาให้เราก็น้อยเพราะฉะนั้น การเลือกใช้ Laravel ที่คนทั่วไปนิยมนั้นเป็นเรื่องที่ดี ต่อให้มันมีข้อเสียบางก็ตาม

Laravel เป็น MVC Framework โดยจะแยกโค้ดจากเดิมหน้าเดียวใหญ่ออกเป็นชิ้นส่วนเล็กๆ หลายๆ ส่วนโดยแต่ละส่วนจะมีหน้าที่แบ่งให้ชัดเจน ดังนี้

1) Model : มีหน้าที่ติดต่อกับฐานข้อมูลโดยเฉพาะ เช่น พวกโค้ด SQL

2) View : มีหน้าที่แสดงผลข้อมูล

3) Controller : มีหน้าที่รวบรวมข้อมูลจาก View และ Model เข้าด้วยกันรวมถึงการคานวณ

4) Algorithm ต่างๆ และ Routing : มีหน้าที่จัดการเรื่อง Path url ต่างๆ และเชื่อต่อกับ Controller

3. แนวทางการพัฒนาของทั้งสอง Framework

เพื่อให้สามารถเทียบเทียบทั้งสอง Framework ได้ชัดเจน ทั้งคู่นั้นจะต้องถูกพัฒนาบนแนวทางเดียวกัน ดังต่อไปนี้

3.1. สามารถเพิ่มตำแหน่ง หรือลดตำแหน่งที่จะใช้ในการขนส่งได้ โดยตำแหน่งจะใช้ระบบละติจูดและลองจิจูดในการระบุพิกัด

3.2 สามารถทำการคำนวณการเรียงลำดับการขนส่งได้ โดยใช้อัลกอริธึมที่สะดวกต่อการคำนวณที่สุด คือ Nearest Neighbor (NN) Algorithm หลักการทำงานของ NN มีอยู่ว่า

ขั้นตอนที่ 1. เลือกจุดแวะที่จะไปแบบสุ่มเป็นจุดแรก

ขั้นตอนที่ 2. เลือกจุดแวะถัดไป (ที่ยังไม่เคยแวะไป) ที่ใกล้ที่สุด

ขั้นตอนที่ 3. ตรวจสอบว่ามีจุดที่ยังไม่แวะไปหรือไม่ ถ้าใช่, ทำซ้ำขั้นตอนที่ 2.

ขั้นตอนที่ 4. กลับไปยังจุดแวะที่ 1

3.3 ใช้ Google Map API เพื่อบอกระยะทางที่แท้จริงระหว่างจุด 2 จุด เนื่องจากระยะทางที่ได้จากการคำนวณใน 3.2 เป็นการกระจัด ซึ่งดูไม่เป็นความจริงเหมือนในชีวิตประจำวันซึ่งอาจจะมีการกลับรถ ทางโค้ง ฯลฯ ซึ่งเป็นอุปสรรคให้ระยะทางมากขึ้นกว่าที่คำนวณไว้ เพื่อให้การรายงานระยะทางดูสมเหตุสมผลมากขึ้น

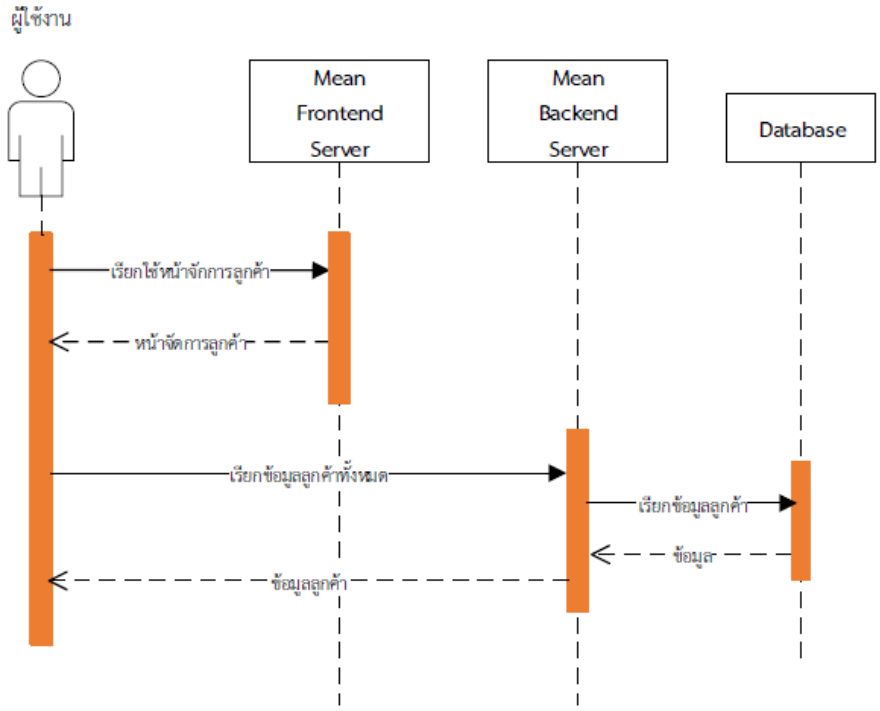
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การจัดลำดับการขนส่งอย่างทันทีสามารถจัดการได้ด้วย Heuristic Travel Salesman Algorithm ยกตัวอย่งเช่น Nearest Neighbor และเนื่องจากผลลัพธ์ผู้ใช้คาดหวังจะเห็น คือ ระยะทาง/ระยะเวลาระหว่างแต่ละจุด และระยะทาง/ระยเวลารวม การประเมินระยะทางด้วยการกระจัด หรือวิธีที่เรียกว่า Euclidean Distance นั้นเป็นวิธีที่ไม่น่าสนใจเพราะทำให้ผู้ใช้รู้สึกไม่เชื่อถือ เนื่องจากในการขนส่งจึงไม่มีทางที่รถขนส่งจะวิ่งเป็นเส้นตรงในชีวิตจริง ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงใช้ Google Direction Api เพื่อรายงานระยะทาง / ระยะเวลาระหว่างจุดสองจุด ที่เป็นระยะทางจริงๆ ไม่ใช่การกระจัด ซึ่งจะมีการเลี้ยวการกลับรถที่สมจริงกว่าการคำนวณด้วยสมการ Euclidean Distance มาก

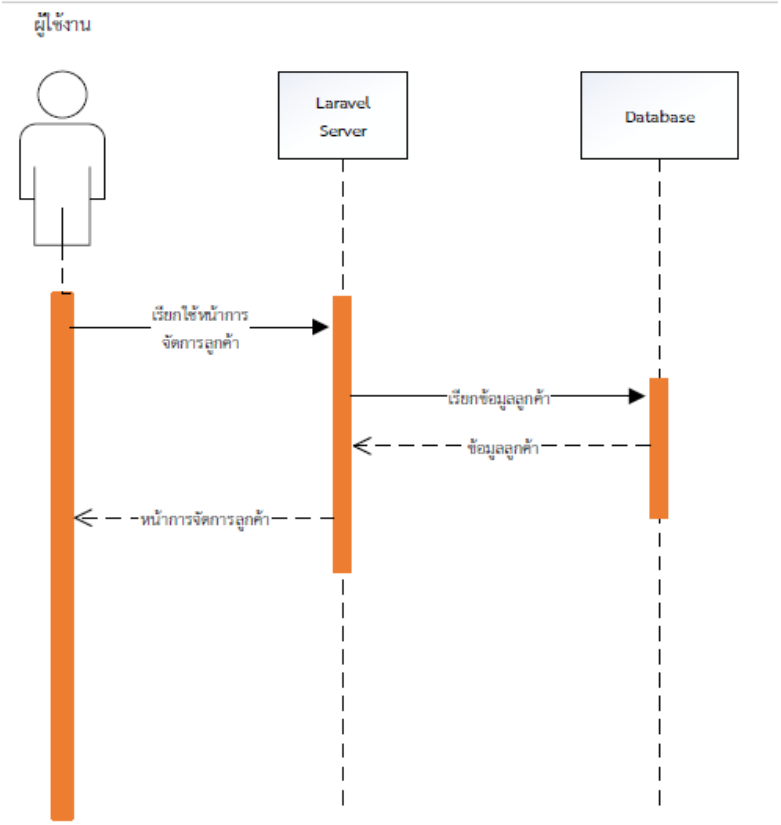
ถัดมาใส่ส่วนของการทำงานของ MEAN Stack Framework จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วน ของ Interface ที่ผู้ใช้จะเห็นและใช้งานหรือที่เรียกว่า Frontend และส่วนของการคำนวณหรือ หลักการต่างๆ หรือที่เรียกว่า backend ที่เอาไว้ใช้ติดต่อกับฐานข้อมูลและส่งข้อมูลไปยัง Frontend

การเขียน PHP บน Framework Laravel จะใช้การทำงานแบบ MVC ซึ่งจะประกอบ ไปด้วย Model, View, Controller เป็นตัวหลักๆ ที่ใช้ในการทำงาน ซึ่งตัวอย่างต่อไปนี้จะเป็นการ แสดงภาพ Sequence Diagram เพื่อแสดงถึงหลักการทำงานของทั้ง 2 Framework

1. หลักการทำงานทั่วไปของ MEAN Stack Framework และ PHP บน Framework Laravel ตัวอย่างเช่น หน้าการจัดการรายชื่อลูกค้า



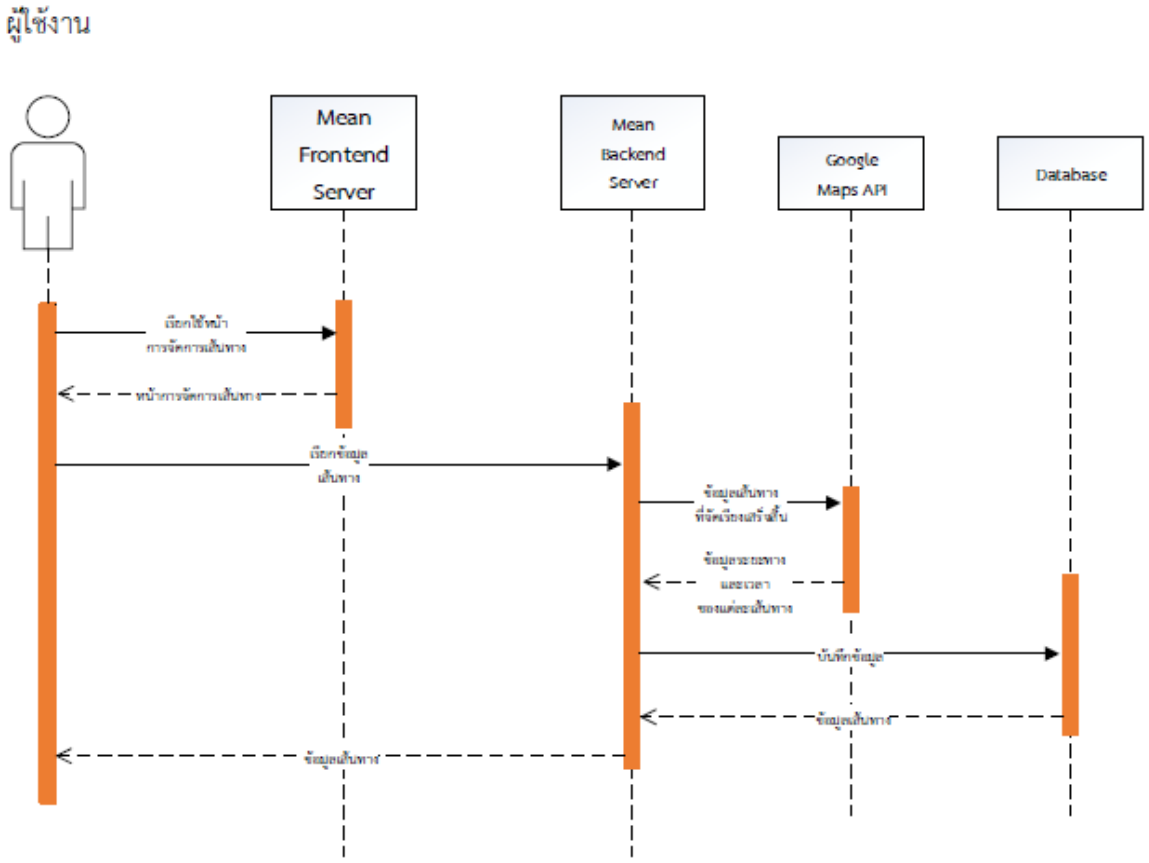
ภาพที่ 1 หลักการทางานของ MEAN Stack Framework



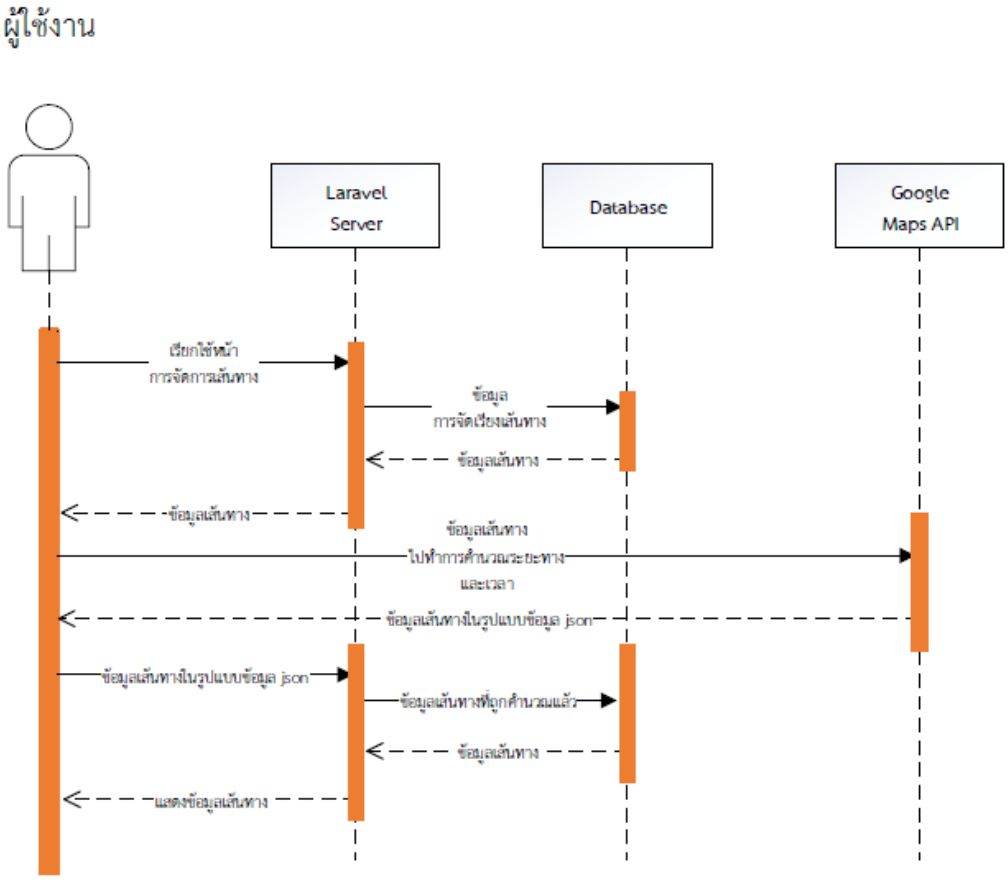
ภาพที่ 2 หลักการทางานของภาษา PHP บน Framework Laravel

จากภาพที่ 1 และ 2 จะแสดงถึงการทางานทั่วไปของ MEAN Stack Framework และ PHP บน Framework Laravel นั้นมีความต่างต่างกันเพียงเล็กน้อย ตรงที่ผู้ใช้งานจะได้การตอบสนองจาก Server ต่างกัน โดยทาง Mean Stack Framework ผู้ใช้สามารถเปิดหน้าแสดงผลได้ไวกว่าของ PHP บน Framework Laravel แต่ข้อมูลของฐานข้อมูลจะได้รับช้ากว่าของ PHP บน Framework Laravel เพราะตัวของ Framework Laravel นั้นจะส่งข้อมูลจากฐานข้อมูลมาพร้อม กับหน้าแสดงผล

2.หลักการทำงานของ MEAN Stack Framework และ PHP บน Framework Laravel หน้าที่มีการคำนวณเส้นทางด้วย Google Maps API ตัวอย่างเช่น หน้าการจัดการเส้นทาง



ภาพที่ 3 หลักการทางานของ MEAN Stack Framework ที่มีการคานวณเส้นทางด้วย Google Maps API



ภาพที่ 4 หลักการทางานของภาษา PHP บน Framework Laravel ที่มีการคานวณเส้นทางด้วย Google Maps API

จากภาพที่ 3 และ 4 จะแสดงถึงการทำงานโดยมี Google Maps API เข้ามา เกี่ยวข้องด้วยจะเห็นได้ว่า PHP บน Framework Laravel เครื่อง Client ของผู้ใช้นั้นจะทำงานหนัก มากเพราะต้องติดต่อกับทั้ง Laravel Server และ Google Maps API ทำให้การเปิดหน้าแสดงผลนั้น จะช้ามาก ต่างกับของ MEAN Stack Framework ที่จะเปิดหน้าแสดงผลให้ผู้ใช้งานก่อนและถึงจะดึง ข้อมูลจากคำนวณต่างๆ มาแสดงผลที่หลังทาให้เครื่อง Client ทำงานไม่หนักและไวกว่าการทำงานของ PHP บน Framework Laravel

สรุปหลักการใช้งานของ MEAN Stack Framework กับ ภาษา PHP บน Framework Laravel จะมีความแตกต่างกันโดยของ MEAN Stack Framework นั้นจะให้ผลการตอบโต้กับผู้ใช้ได้ ดีกว่าของ PHP บน Framework Laravel

โดยปัจจุบันนี้นักเขียนโปรแกรมหรือผู้พัฒนาระบบมักจะเลือกใช้งานทั้ง 2 อย่างนี้จะขึ้นอยู่กับประเภทของงานและสถานการณ์ ในตารางที่ 1 จะแสดงถึงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการใช้ MEAN Stack Framework กับ ภาษา PHP บน Framework Laravel

ตารางที่ 1 สรุปหลักการใช้งานของ MEAN Stack Framework กับ ภาษา PHP บน Framework Laravel

MEAN Stack Framework	ภาษา PHP บน Framework Laravel
1) โครงสร้างจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ 1.1) ส่วนของหน้าบ้าน หรือ Frontend 1.2) ส่วนของหลังบ้าน หรือที่เรียกว่า Backend	1) โครงสร้างจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ คือ Model, View, Controller หรือที่เรียกว่า M-V-C
2) ประมวลผลได้รวดเร็วเพราะการทำงานของ Frontend และ Backend แยกกันคนละส่วน	2) สามารถใช้คู่กับ Xampp ได้
3) ง่ายต่อการปรับปรุงแก้ไข	3) ง่ายต่อการแบ่งงานในทีมเป็นผู้พัฒนา
4) ง่ายต่อการแบ่งงานในทีมเป็นผู้พัฒนา	4) มีความปลอดภัยมากกว่าเพราะ URL จะใช้การตั้งชื่อ Path เองโดยไม่อิงจากชื่อไฟล์จริง
5) การใช้ Package ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับ Javascript สามารถใช้ได้ง่าย	5) ประมวลผลค่อนข้างช้าเพราะการทำงานจะซับซ้อน
6) มีความปลอดภัยมากกว่าเพราะ URL จะใช้การตั้งชื่อ Path เองโดยไม่อิงจากชื่อไฟล์จริง	

สรุป

การจัดลำดับการขนส่งสามารถทำได้ด้วย Nearest Neighbor Algorithm และแก้ไขการรายงานระยะทาง/ระยะเวลาด้วย Google Map Direction API เพื่อให้ระยะทาง / ระยะเวลาสะท้อนกับความเป็นจริงมากที่สุด นอกากนี้ผลการทดสอบระบบการพัฒนาและการใช้งานเว็บไซต์ด้วยระบบที่แตกต่างกัน คือ Mean Stack Framework มีการทำงานที่ค่อนข้างตอบสนองกับผู้ใช้ได้ทันทีกว่าเพราะมีการจัดการของระบบได้รวดเร็วกว่าการใช้ภาษา PHP บน Framework Laravel เมื่อมีการนำ Package ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ Javascript เนื่องจาก PHP บน Framework Laravel ต้องใช้ Client ติดต่อกับ Laravel Server และ Google Map API จึงให้ทำงานช้ากว่า

เอกสารอ้างอิง

1. กิตติ ภักดีวัฒนะกุล. ระบบสนับสนุนการตัดสินใจและระบบผู้เชี่ยวชาญ. กรุงเทพฯ : เคทีพี; 2550.
2. ขนิษฐา รัตนพงษ์พร. การจัดเส้นทางสาหรับการให้บริการรับ-ส่งของรถยก: กรณีศึกษา หจก. สินชัย ออโต้. บริหารธุรมหาบัณฑิต, สาขาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทานมหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาเขตชลบุรี; 2558.
3. ณัฏฐพร พิมพายน. กระบวนการในการตัดติดใจ: กรุงเทพฯ บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเก้าพระนครเหนือ; 2543.
4. วรพจน์ มถี และ สหชัย ฉิมมณี. การตัด สินใจเลือกเส้น ทางการขนส่ง สินค้า ระหว่างประเทศไทยกับภาคตะวันออกเฉียงเหนือของสาธารณรัฐอินเดีย โดยใช้AHP และ ZOGP[อินเตอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร; 2557 [เข้าถึงเมื่อ 25 พฤษภาคม 2561]. เข้าถึงได้จาก : http://www.mbs.mut.ac.th/journal/download/11-2/2.pdf
5. วิภาวรรณ พันธุ์สังข์. การพัฒนาระบบวางแผนขนส่งเพื่อลดการเดินรถบรรทุกเที่ยวเปล่า [อินเตอร์เน็ต]. นคาราชสีมา: เครือข่ายสารสนเทศนครราชสีมา; 2554 [เข้าถึงเมื่อ : 25 พฤษภาคม 2561] เข้าถึงได้จาก : http://sutir.sut.ac.th:8080/sutir/bitstream/123456789/3871/1/Fulltext.pdf
6. วิโรจน์ พุทธวิธี. การจัดการโลจิสติกส์ ขุมพลังของธุรกิจยุคใหม่. กรุงเทพฯ: โอเอซิส ปริ้นท์ติ้ง; 2547.
7. Adrian Mejia. AngularJS tutorial for beginners with NodeJS ExpressJS and MongoDB (Part I). [อินเตอร์เน็ต]. Adrianmejia; 2559 [เข้าถึงเมื่อ : 31 พฤษภาคม 2561] เข้าถึงได้จาก :

https://adrianmejia.com/blog/2014/09/28/angularjs-tutorial-for-beginners-with-nodejs-expressjs-and-mongodb/.

8. Uraiwan103. (2556). ระบบระบุตาแหน่งบนพื้นโลก [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://yingpew103.wordpress.com/2013/01/18/ระบบระบุตาแหน่งบนพื้นโลก/ (วันที่ค้นข้อมูล : 25 พฤษภาคม 2561)

[IT-O05] แอปพลิเคชันแนะนำอาหารและการออกกำลังกายสำหรับผู้รักสุขภาพ
Diet and Fitness Tips

พฤษภา อ่อนสำลี, เมธี สุเสวนานนท์, อรรถชัย วงษ์พิชัย, ฟ้าใส อินทร์สวน และสิริธร เจริญรัตน์*
Phrdsapha Oonsumli, Matee Susavananon, Attachai Wongpichai, Fasai Insuan and Sirithorn Jalernrat*
ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: phrdsapha1@gmail.com*

บทคัดย่อ

แอปพลิเคชันดูแลสุขภาพนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการพัฒนาแอปพลิเคชันแนะนำอาหารและการออกกำลังกายสำหรับผู้รักสุขภาพ เพื่อตอบสนองต่อผู้ใช้ที่แตกต่างกันทางผู้พัฒนาได้เห็นถึงปัญหาว่าในปัจจุบันอาหารและการออกกำลังกายมีหลากหลาย จึงทำให้ผู้ใช้มีความสบสนในการที่จะเลือกรับประทานอาหารและออกกำลังกายแบบใดให้เหมาะสมกับผู้ใช้นั้นผู้วิจัยจึงได้ได้สร้างแอปพลิเคชันนี้มาโดยมีการเก็บข้อมูลผู้ใช้ เพื่อจะได้จำแนกผู้ใช้ได้เป็นประเภทตามที่ผู้ใช้ได้เลือกไว้และมีการแสดงค่า ดัชนีมวลกาย ,การเผาผลาญพลังงานและพลังงานที่คุณใช้ในแต่ละวันและมีการแสดงอาหารและการออกกำลังกายตามประเภทที่ผู้ใช้ได้เลือกไว้ ผู้ใช้สามารถบันทึกการรับประทานอาหารและการออกกำลังได้ เพื่อดูแคลอรี่ที่ได้รับและเผาผลาญ แสดงผลให้รู้ความเปลี่ยนแปลงของผู้ใช้เพื่อบรรลุจุดประสงค์ตามที่ต้องการ จากผลสรุปพบว่า ผู้ใช้มีความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันของผู้วิจัย และในเรื่องของระบบในแอปพลิเคชัน ตอบโจทย์ความต้องการของผู้ใช้ และผู้ใช้ต้องการให้พัฒนาระบบต่อไป
คำสำคัญ: *ลดน้ำหนัก, ควบคุมน้ำหนัก, เพิ่มกล้ามเนื้อ*

Abstract

This health care application aims to develop applications, recommend food and exercise for health lovers. In order to respond to different users, the developers have seen the problem that there are a variety of foods and exercises currently available to allow users to choose what type of diet and exercise to use. Appropriate for the user, the researcher therefore created this application with user data collection. In order to identify the user as the type that the user chooses and displays the value Body mass index, energy metabolism and energy that you use each day and show food and exercise according to the type that users choose. Users can record diet and exercise. To see the calories received and burned Show the results of changing the user to achieve the desired purpose from the conclusion that Users are satisfied with the application of the researcher. And in the matter of the system in the application Meet the needs of users and users want to continue to develop the system.
Keywords: *Lose weight, control weight, increase muscle*

บทนำ

ในปัจจุบันการแนะนำการอาหารและการออกกำลังกายสำหรับผู้รักสุขภาพมีหลากหลาย ซึ่งทำให้เกิดการสับสนต่อผู้ที่ต้องการจะควบคุมอาหารและออกกำลังกาย ทำให้บางคำแนะนำก็ไม่สอดคล้องต่อสิ่งที่ผู้รักสุขภาพต้องการ ทางผู้จัดทำจึงเล็งเห็นจุดบกพร่องนี้ จึงต้องการที่จะพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับแนะนำอาหารและการออกกำลังกายเพื่อผู้รักสุขภาพโดยมีแนวคิดจะมีการจัดการ การแนะนำข้อมูลที่สอดคล้องกับตัวผู้ใช้เพื่อป้องกันการสับสนจากข้อมูลที่ไม่จำเป็นต่อตัวของผู้ใช้เอง แอปพลิเคชัน

แนะนำอาหารและการออกกำลังกายสำหรับผู้รักสุขภาพนี้ให้คำแนะนำกับผู้ใช้งานได้อย่างชัดเจนด้วยการจำแนกประเภทของผู้ใช้ อีกทั้งสามารถดูข้อมูลย้อนหลังได้ และวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการที่ได้ปฏิบัติตามคำแนะนำของแอปพลิเคชันอีกด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้นำเอาแนวคิดการทำงานในรูปแบบของ Agile มาใช้วางแผนในการทำงานมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังรูปที่แสดง ดังนี้

Backlog: เป็น Task งานที่ต้องทำ ทั้ง requirement ของทีม ซึ่ง Product Owner จะเป็นคนตัดสินใจนำ Task ต่าง ๆ เหล่านี้เข้าไปใน Sprint ตามลำดับความสำคัญ แสดงดังภาพที่ 1

ID	Backlog Item	Tasks	Priority	Assign to	Time/Active Days(7)	Difficulty(1-5)	Point	Status
1	ออกแบบหน้าจอโปรแกรม							
		คิดฟังก์ชันต่างๆ	1	ดี	2	2	4	3
		sketch	1	มาร์ค	1	3	3	3
		ทำ Prototype	1	ฟ้าใส	2	3	6	3
		ตรวจสอบความถูกต้องของแบบและฟังก์ชันต่างๆ	1	นิว	1	3	3	3
2	ค้นหาข้อมูลต่างๆ							
		ค้นหา สูตรและอัลกอริทึม	2	ดี	2	3	6	3
		ค้นหาข้อมูลอาหาร	2	ฟ้าใส	2	3	6	3
		ค้นหาข้อการออกกำลังกาย	2	นิว	2	3	6	3
		spint เฟรมเวิค	2	มาร์ค	2	3	6	2
3	ทำ create user							
		เขียนหน้าสร้างบัญชีผู้ใช้งาน (Ionic)	3	ดี	3	2	6	3
		สร้าง Db.user (MySQL)	3	นิว	1	2	2	3
		เขียน API InsertUser (Nodejs)	3	ดี	2	3	6	3
		เขียน Providers POST API user (Ionic)	3	ดี	3	5	15	3
		Test Providers	3	ฟ้าใส	1	3	3	0
		Test create user Ionic to MySQL	3	มาร์ค	1	3	3	3

ภาพที่ 1 Backlog

Sprint Phase: มีการกำหนดประมาณ 2-4 สัปดาห์ โดยเป้าหมายของ Sprint คือการ Deliver ให้สำเร็จเมื่อจบ Sprint ก็จะมีการ Review ผลงาน (Sprint Review) เพื่อให้รับทราบถึงความคืบหน้าของโปรเจ็คต์อยู่เรื่อยๆ แสดงดังรูปที่ 2

ID	Tasks	Priority	Assign to	Time/Active Days(7)	Difficulty(1-5)	Point	Status
1							
	คิดฟังก์ชันต่างๆ	1	ดี	2	2	4	3
	sketch	1	มาร์ค	1	3	3	3
	ทำ Prototype	1	ฟ้าใส	2	3	6	3
	ตรวจสอบความถูกต้องของแบบและฟังก์ชันต่างๆ	1	นิว	1	3	3	3
2	ค้นหา สูตรและอัลกอริทึม	2	ดี	2	3	6	3
	ค้นหาข้อมูลอาหาร	2	ฟ้าใส	2	3	6	3
	ค้นหาข้อการออกกำลังกาย	2	นิว	2	3	6	3
	spint เฟรมเวิค	2	มาร์ค	2	3	6	2

Sprint 1 - 14/2/2019	
เป้าหมาย	งานที่ทำได้
12	12
9	9
18	18
9	9
18	18
18	18
18	18
18	12

ระดับคะแนนสี
งานเสร็จ 3
กำลังทำงาน 2
ยังไม่ทำงาน 1

ภาพที่ 2 Sprint Phase

Daily Scrum Meeting: การประชุมสั้นๆ 10-15 นาที เพื่อบอกว่าเมื่อวานทำอะไร วันนี้จะทำอะไรและมีปัญหาอะไรบ้าง และมีการเก็บข้อมูลลงใน Retrospective เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น แสดงดังรูปที่ 3

ID	Backlog Item	Tasks	Priority	Assign to	Time/Active Days(7)	Difficulty(1-5)	Point	Status
1	งานส่งลาที่แล้ว							
		ER diagram ให้ตรงกับ Database**	3	ฟ้าใส	2	2	4	0
		เขียนรู้ Database MySQL เรื่อง PK , FK , Insert**	3	นิว	2	2	4	3
		Test Providers **	3	ฟ้าใส	1	3	3	0
		Test Providers** ทำแสดง user	4	มาร์ค	1	3	3	3
		Test GET user MySQL to Ionic**	4	นิว	1	3	3	3

Sprint 3 - 28/2/2019	
เป้าหมาย	งานที่ทำได้
12	0
12	12
9	0
9	12
9	12

ID	Backlog Item	Tasks	Priority	Assign to	Time/Active Days(7)	Difficulty(1-5)	Point	Status
12	เอกสาร (template งานวิจัย)							
		บทคัดย่อ (สรุปงานทั้งเรื่อง ทั้งหมดเป็นบทคัดย่อ)	5	มาร์ค	2	3	6	2
		คำสำคัญ (คำสำคัญของงานเราว่าคำ)	5	มาร์ค	1	2	2	2
		บทนำ	5	มาร์ค	2	2	4	2
		หางาน วิจัยไทย 3	5	นิว	3	3	9	2
		หางาน วิจัยอังกฤษ 2	5	ดี	3	3	9	2
		รีวิวงาน ที่เกี่ยวข้อง	5	มาร์ค	1	2	2	2

Sprint 4 - 7/3/2019	
เป้าหมาย	งานที่ทำได้
18	12
4	2
12	8
27	18
27	18
4	2

Comment	
	1. ฟ้าใสขาด 1 ครั้ง ถ้าครั้งหน้าไม่มีงาน จะต้องทำเพิ่ม หรือ ลีไฟขาว 2 ครั้ง ต้องทำงานเพิ่มจำ
	2. ยอวิจัย ประมาณ 5 บรรทัด แปลอังกฤษเป็นไทย เก็บอังค์บรรณานุกรม
	3. ฟ้าใสส่ง er จนกว่าจะถูกและนิวต้องแก้ที่เดียวจนถูกต้องทั้งหมด
	4. ไปแกรมส่งเป็น prototype (ถ้ายังไม่เสร็จ)
	5. ตอนจบต้อง test รัง 30 คน
	6. 30 มีนาคม ส่ง หลังจากส่งอัพเกรดได้เป็น v.2
งานในห้อง	1.Use case diagrams เอางานเก่า
	2.Activity diagrams ทำในห้องไว้แล้ว
	3.Class diagrams เอามาแค่หลักๆ 1 ฟังก์ชันเดียวมาทำ

ระดับคะแนนสี
งานเสร็จ 3
กำลังทำงาน 2
งานเริ่มน้อย 1
ยังไม่เริ่มและไม่ได้ส่งงาน 0

ภาพที่ 3 Daily Scrum Meeting

เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา

• Android Studio คือ IDE Tool จาก Google ไว้สำหรับพัฒนาโปรแกรม Android โดยพัฒนาจากแนวคิดพื้นฐานมาจาก InteliJ IDEA คล้าย ๆ กับการทำงานของ Eclipse และ Android ADT Plugin

• Ionic Framework คือเครื่องมือในการสร้าง Mobile Application จะประกอบด้วย HTML 5 , CSS 3 และ JavaScript เพื่อใช้ในการสร้าง Ionic Framework เป็นเครื่องมือสร้าง Mobile Application ที่สามารถสร้างทีเดียว สามารถใช้งานได้บนระบบปฏิบัติการ iOS, Android และ Windows

• Node.js (API) คือ Cross Platform Runtime Environment สำหรับฝั่ง Server และเป็น Open Source ซึ่งเขียนด้วยภาษา JavaScript สำหรับเป็น Web Server

• XAMPP (MySQL) คือ โปรแกรม Apache web server ไว้จำลอง web server เพื่อไว้ทดสอบ สคริปหรือเว็บไซต์ในเครื่องของเรา โดยที่ไม่ต้องเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตและไม่ต้องมีค่าใช้จ่ายใดๆ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชัยพร ตระกูลศรี และกิตติพงศ์ อินมีประเสริฐ[1] ทำวิจัยเรื่อง แอปพลิเคชันระบบการวางแผนและติดตามการลดน้ำหนักบน ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยคือ เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันระบบการวางแผนและติดตามการลดน้ำหนักบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์และผลการวิจัยพบว่าการพัฒนาแอปพลิเคชันติดตามการลดน้ำหนักโดยเก็บรวบรวมปัญหาต่าง ๆ จากการสอบถามเพื่อนๆที่เข้าฟิตเนสและเพื่อนที่กำลังลดน้ำหนักซึ่งปัญหาที่พบบ่อยก็คือผู้ใช้มักจะลืมจดบันทึกการรับประทานจึงท้าให้ผู้ใช้ไม่สามารถทราบได้ว่าตัวเองรับประทานไปกี่แคลอรี่แล้วจึงเป็นปัญหาในการลดน้ำหนักทำให้ไม่เกิดความก้าวหน้า โดยการพัฒนาได้นำ เทคโนโลยี Android Studio, ภาษา PHP, PHP Server มาใช้ในการพัฒนาระบบ จากการที่ผู้ใช้ได้ท้าการทดสอบแอปพลิเคชัน สรุปได้ว่า ผู้ใช้มีความสนใจกับแอปพลิเคชันติดตามการลดน้ำหนัก ในส่วนของ User Interface เมื่อผู้ใช้ได้สัมผัส ผู้ใช้ได้มีความเข้าใจกับ User Interface ได้ทันที ใช้งานง่าย และในเรื่องของระบบในแอปพลิเคชันนั้นตอบโจทย์ความต้องการของผู้ใช้งาน และงานวิจัยนี้มีส่วนที่ เกี่ยวข้อง หรือเหมือนกันกับงานวิจัยของผู้พัฒนา คือ เป็นแอปพลิเคชันที่ดูแลเรื่องการลดน้ำหนักเหมือนกัน ซึ่งได้นำไปเป็นแนวทางในการ พัฒนาแอปพลิเคชันได้

จากบทความ[2] myPace: An Integrative Health Platform for Supporting Weight Loss and Maintenance Behaviors เขียนโดย Julie Barnett, Michelle Harricharan, Dave Fletcher, Becky Gilchrist, and Jane Coughlanได้กล่าวไว้ว่าแอปพลิเคชันที่มีอยู่มากมายนั้นไม่ได้ออกแบบมาเพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการดำเนินการทางเวชภัณฑ์ดังนั้นแอปพลิเคชันที่น่าสนใจการค้นหาผู้ใช้โทรศัพท์มือถือและพีซีมันเชื่อมโยงนักกำหนดอาหารและผู้ป่วยระหว่างการปรึกษาหารือแบบตัวต่อตัวและขยายความสัมพันธ์ผ่านการอัพเดทความคืบหน้าเป็นประจำของผู้ป่วยและคำแนะนำที่เหมาะสมและตรงเวลาของนักกำหนดอาหารสำหรับการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมกำหนดอาหาร ผลการวิจัยพบว่าระบบมีคุณสมบัติการออกแบบที่เป็นบวกมากมาย แต่ต้องมีการพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อให้ระบบเป็นที่ยอมรับอย่างสมบูรณ์ในการควบคุมอาหารและกระตุ้นการมีส่วนร่วมของผู้ป่วยข้อกำหนดของดัชนีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมผู้ปฏิบัติงานด้านการดูแลสุขภาพสุขภาพเคลื่อนที่ความรับผิดชอบที่สนับสนุนได้การลดน้ำหนัก

นายคณวัฒน์ รุ่งทวีวัฒน์ และ นายนนท์ธวัฐ พงษ์วิทยภาน[3] ทำวิจัยเรื่องแอปพลิเคชันดูแลสุขภาพและควบคุมน้ำหนัก (iOS & Web App) แอปพลิเคชันดูแลสุขภาพและควบคุมน้ำหนัก ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อเป็นอีกหนึ่งทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ที่ต้องการดูแลสุขภาพและควบคุมน้ำหนักโดยเฉาะเป้าหมายหลักคือผู้ที่มีน้ำหนักเกินมาตรฐานหรือเป็นโรคอ้วนซึ่งมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ บางท่านเลือกใช้วิธีการที่ ไม่เหมาะสมและเป็นอันตราย เช่น การรับประทานยาลดความอ้วน , การอดอาหาร เป็นต้น อีกทางเลือกหนึ่งคือ คอร์สลดน้ำหนักซึ่งมีค่าใช้จ่ายที่สูงมาก วิธีที่ง่าย ปลอดภัย และได้ผลดี ที่สุดคือการรับประทานอาหารที่ถูกสุขลักษณะและการออกกำลังกาย อย่างถูกวิธี แอปพลิเคชันนี้ให้ความรู้ต่างๆเกี่ยวกับการดูแลสุขภาพและการควบคุมน้ำหนักเบื้องต้น การประเมินผลเบื้องต้น เช่น จะรู้ได้อย่างไรว่าน้ำหนักเกินมาตรฐาน ปริมาณแคลอรีที่เหมาะสม ในแต่ละวันคือเท่าไหร่ เป็นต้น มีบันทึกประจำวันช่วยในการจดบันทึกปริมาณแคลอรี่ที่ได้รับในแต่ละวัน และสามารถเรียกดูย้อนหลัง เพื่อให้ผู้ใช้สามารถปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการรับประทาน อาหารและการออกกำลังกายได้ง่ายขึ้น แอปพลิเคชันแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ iOS Application ซึ่ง

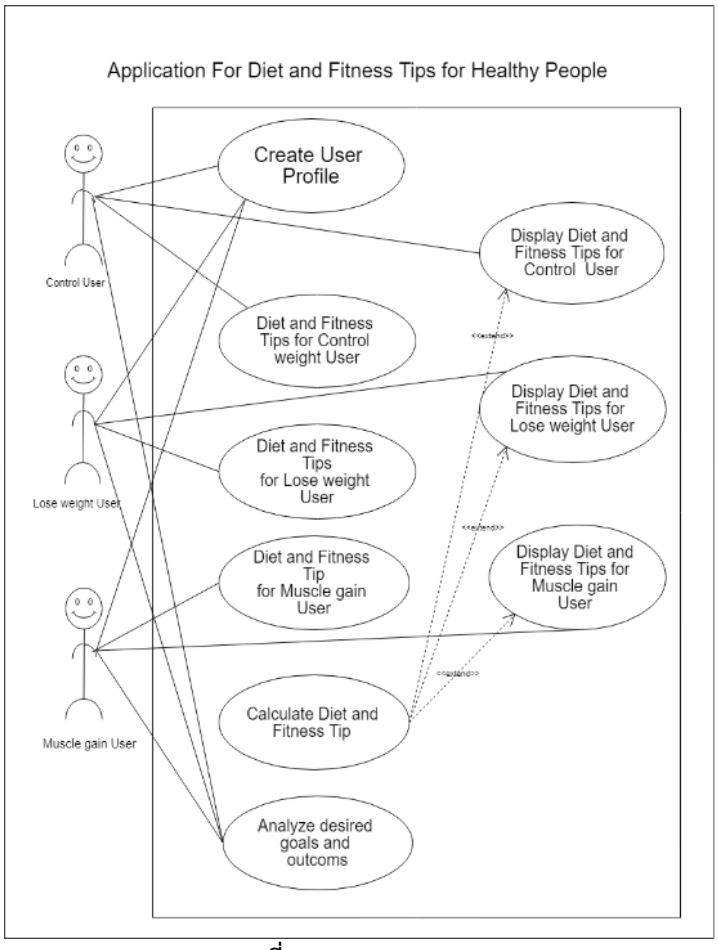
สามารถใช้งานได้บนเครื่อง iPhone , iPod , iPad และ Web Application ซึ่งสามารถทำงานได้บน browser ทั่วไป ผู้ใช้งานสามารถเลือกใช้งานได้ แล้วแต่ความสะดวกและงานวิจัยนี้มีส่วนที่ เกี่ยวข้อง หรือเหมือนกันกับงานวิจัยของผู้พัฒนา คือ เป็นแอปพลิเคชันที่ดูแลเรื่องการลดน้ำหนักเหมือนกัน ซึ่งได้นำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาแอปพลิเคชันได้

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

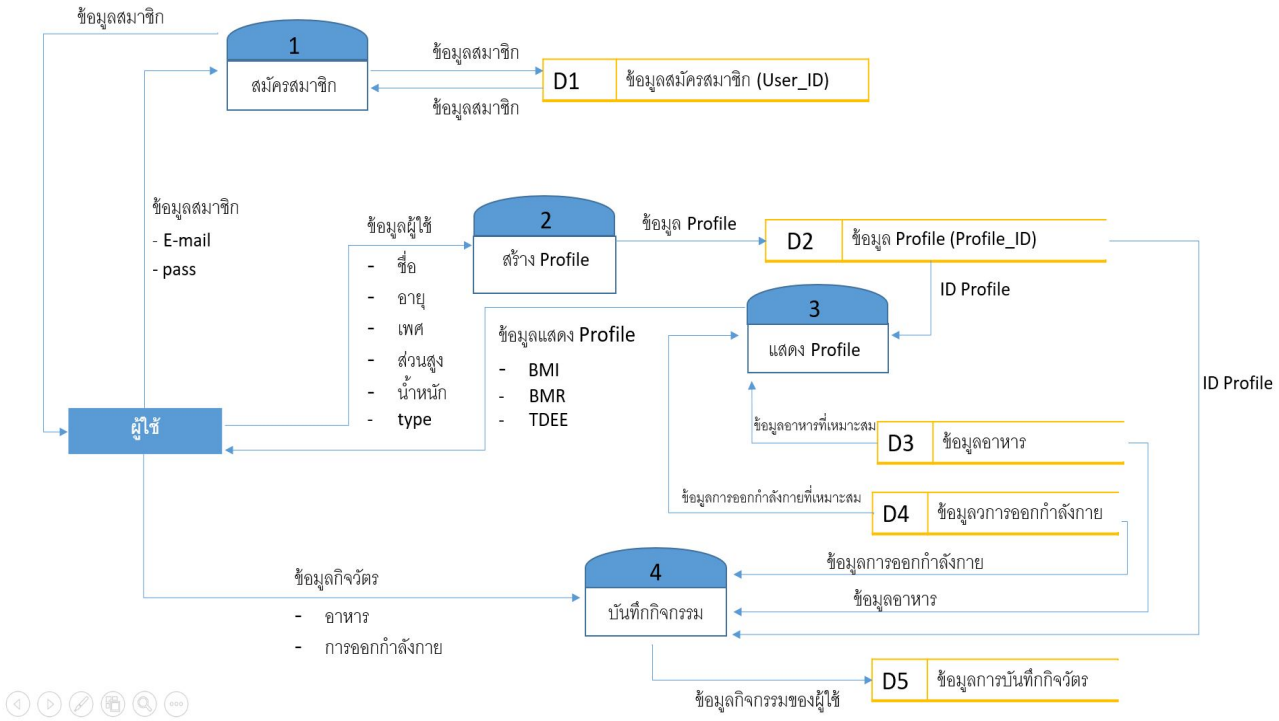
ในแอปพลิเคชันของเรามีส่วนฟังก์ชันในการทำงานดังนี้

- ฟังก์ชันแนะนำอาหาร แสดงผลรายการอาหารต่อมื้อที่เหมาะสมต่อผู้ใช้
- ฟังก์ชันแนะนำการออกกำลังกาย แสดงผลรายการการออกกำลังกายที่เหมาะสมต่อผู้ใช้
- ฟังก์ชันบันทึกกิจวัตร สามารถบันทึกการกินและการเผาผลาญที่ได้ในแต่ละวัน
- ฟังก์ชันแสดงผลการเปลี่ยนแปลงต่อวัน สามารถแสดงผลข้อมูลในแต่ละวันของผู้ใช้
- ฟังก์ชันแสดงข้อมูลย้อนหลัง สามารถแสดงข้อมูลย้อนหลังในรูปแบบของกราฟ

โดยในส่วนของการทำงานผู้พัฒนาเลือกใช้ Use Case Diagram มีฟังก์ชัน คำนวณค่า BMI,BMR,TDEE และการแนะนำอาหารและการออกกำลังกายดังแสดงในรูปต่อไปนี้



ภาพที่ 4 Use Case Diagram



ภาพที่ 5 DFD Level 1

ข้อมูลด้านการแนะนำการออกกำลังกาย

เนื่องจากทางทีมพัฒนาของเราได้สืบค้นข้อมูลเพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันด้านการแนะนำการออกกำลังกาย[4] ทางทีมได้อ้างอิงการออกกำลังกายและการเผาผลาญแคลอรี่ต่อ 1 ท่าการออก จากเว็ปที่น่าเชื่อถือได้ http://haamor.com/th/ เพราะทางเว็ปไซต์นี้มีการแนะนำการออกกำลังหาย ซึ่งมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น และเว็ปไซต์เป็นข้อมูลล่าสุดเมื่อ กุมภาพันธ์ 2560

ข้อมูลด้านการแนะนำอาหาร

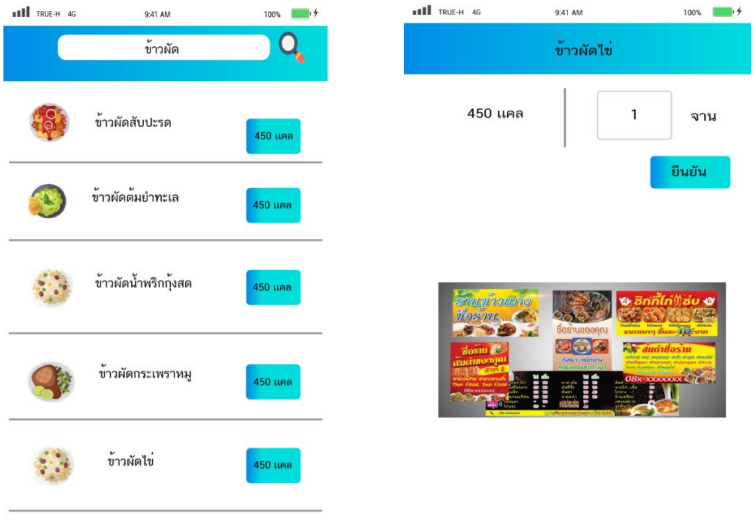
เนื่องจากทางทีมพัฒนาของเราได้สืบค้นข้อมูลเพื่อพัฒนาแอพพลิชั่นด้านการแนะนำอาหาร [5] ทางทีมได้อ้างอิงอาหารและแคลอรี่ต่อ 1 จาน จากเว็ปที่น่าเชื่อถือได้ https://www.fatnever.com/calories เพราะทางเว็ปไซต์นี้มีการแนะนำอาหารเป็นอย่างมาก ซึ่งมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น และเว็ปไซต์เป็นข้อมูลล่าสุดเมื่อ กุมภาพันธ์ 2560 และเว็ปไซต์ https://www.honestdocs.co/table-of-calories-in-food-types เพราะทางเว็ปไซต์นี้ได้มีการแนะนำอาหารเหมือนกับเว็ปไซต์ข้างต้น

หน้าจอโปรแกรม

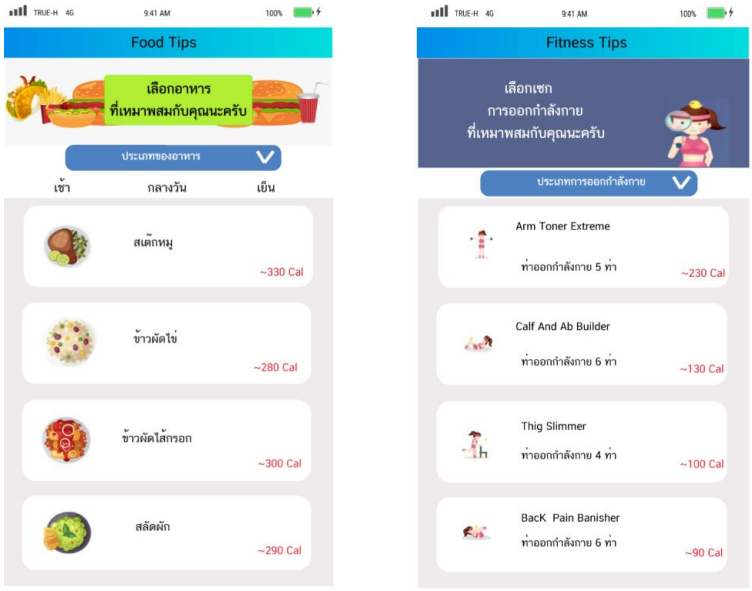
ตัวอย่างหน้าจอโปรแกรมของแอปพลิเคชัน Diet and Fitness Tips ดังรูปต่อไปนี้



ภาพที่ 6 หน้ากรอกข้อมูลผู้ใช้และหน้าแสดงค่า BMI,BMR,TDEE



ภาพที่ 7 แสดงหน้าบันทึกกิจวัตร อาหาร และการออกกำลังกาย



ภาพที่ 8 แสดงข้อมูลอาหารและการออกกำลังกาย

สรุป

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบซอฟต์แวร์แบบ Validation Testing โดยการทดสอบว่าซอฟต์แวร์ทำงานได้ตามฟังก์ชันได้สมบูรณ์จากนั้นได้ทำการทดสอบโดยใช้ Validation เพื่อให้รู้ว่า Product ตรงกับความต้องการของผู้ใช้หรือไม่โดยส่วน Validation นี้ผู้วิจัยได้ทำการทำแบบ Black Box Testing แจกแบบสอบถามการใช้งาน APP พบว่าส่วนใหญ่ไม่ค่อยออกกำลังกาย คิดเป็นร้อยละ 55.2 และไม่ออกกำลังกายเลยคิดเป็นร้อยละ 34.5 และไม่ออกกำลังกายเลย คิดเป็นร้อยละ 10.3 จากผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 29 คนข้อมูลในการเลือกใช้ Theme พบว่า Theme Dark มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 69.2 และ Theme Light คิดเป็นร้อยละ 30.8 ในการกรอกข้อมูลของแอปพลิเคชัน พบว่าส่วนใหญ่รู้สึกเฉยๆ คิดเป็นร้อยละ 62.1 และมากเกินไปคิดเป็นร้อยละ 24.1 และน้อยเกินไปคิดเป็นร้อยละ 13.8 ข้อมูลการใช้งานของปุ่มในแอปพลิเคชัน พบว่าส่วนใหญ่ไม่สับสนคิดเป็นร้อยละ 64.3 และสับสนคิดเป็นร้อยละ 35.7 ความน่าสนใจของรูปแบบฟอนต์ของแอปพลิเคชัน พบว่ามีเปอร์เซ็นความน่าสนใจและชื่นชอบคิดเป็นร้อยละ 58.6 และรู้สึกเฉยๆ คิดเป็นร้อยละ 34.5 และ ไม่ชื่นชอบคิดเป็นร้อยละ 6.9และความมั่นใจในแอปพลิเคชัน พบว่าส่วนใหญ่มั่นใจในแอปพลิเคชันคิดเป็นร้อยละ 75.9 และไม่มั่นใจในแอปพลิเคชัน 24.1

ผู้ใช้พึงพอใจในแอปพลิเคชันนี้แต่ก็ต้องมีปรับปรุงในส่วนต่างๆ จากผลที่ได้มาเราคิดว่าจะปรับปรุงเป็นอีกเวอร์ชั่นในอนาคต ดังนี้

- เพิ่ม function สำหรับ user type ตอนนี้มี 3 type ก็อาจจะเพิ่มไปอีก
- เพิ่มรายการอาหารที่แนะนำ อย่างสมมุติไปงานอาจจะมี 20 รายการ ในก็อนาคตจะเพิ่มเป็น 100
- เพิ่มรายการออกกำลังกายที่แนะนำ อย่างสมมุติไปงานอาจจะมี 20 รายการ ก็ในอนาคตจะเพิ่มเป็น 100
- เพิ่มรูปแบบการสรุปผลย้อนหลัง อาจจะเพิ่มจากตอนแรกแค่ 7 วัน เป็นมี 1 เดือนให้เลือกด้วย
- เพิ่มการเก็บข้อมูลผ่าน device อื่น ประมานว่านาฬิกาข้อมือ ก็ประมาณผลการวิ่งละเก็บมาเลยว่า วิ่งความเร็วเท่านี้ เป็นเวลาเท่านี้ ก็เก็บลงแอปละประมวลไปเลย ไม่ต้องมากรอกเองละ
- เพิ่มการตกแต่ง UI ให้สวยน่าใช้และมีลูกเล่นมากกว่าเดิมในอนาคตต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. ชัยพร ตระกูลศรี และกิตติพงศ์ อินมีประเสริฐ. แอปพลิเคชันระบบการวางแผนและติดตามการลดน้ำหนักบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์. [อินเทอร์เน็ต]. 2558. [เข้าถึงเมื่อ 10 มีนาคม 2562]. เข้าถึงได้จาก http://www.researchsystem.siam.edu/thesis/bachelor/1831-96-26
2. IEEE JOURNAL OF BIOMEDICAL AND HEALTH INFORMATICS. [อินเทอร์เน็ต]. 2015 [เข้าถึงเมื่อ 10 มีนาคม 2562]. https://ieeexplore.ieee.org/document/6966721
3. คณวัฒน์ รุ่งทวีวัฒน์. แอปพลิเคชันดูแลสุขภาพและควบคุมน้ำหนัก (iOS & Web App).2556.[อินเทอร์เน็ต]. 2558. [เข้าถึงเมื่อ 10 มีนาคม 2562]. เข้าถึงได้จาก http://www.cs.kmutnb.ac.th/seniorproj/upload/5240562271.pdf
4. ภาสกร วัธนธาดา. การออกกำลังกาย. [อินเทอร์เน็ต]. 2558. [เข้าถึงเมื่อ 1 มีนาคม 2562]. เข้าถึงได้จาก http://haamor.com/th/การออกกำลังกาย
5. honestdocs. ตารางแคลอรี่ในอาหารไทย. [อินเทอร์เน็ต]. 2558. [เข้าถึงเมื่อ 5 มีนาคม 2562]. เข้าถึงได้จาก https://www.honestdocs.co/table-of-calories-in-food-types

[IT-O06] การพัฒนาแอพลิเคชั่นสำหรับการจัดการและการบริหารการศึกษา

My Study Application

ชนาธิป นอบน้อม, ชัยชนะ ปลอดภัย*, ปภัชพูมิ บุญเจริญ, อริสา กุลฉวะ, และ สิริธร เจริญรัตน์
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: chaichanaleela@gmail.com*

บทคัดย่อ

การพัฒนแอปพลิเคชัน ในครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อให้นักเรียนนักศึกษามีการบริหารเวลาที่ดีขึ้นและการเข้าถึงข้อมูลได้รวดเร็ว และสะดวกขึ้น โดยผู้ใช้งานสามารถบันทึกข้อมูลส่วนตัว ข้อมูลวิชาเรียน ข้อมูลตารางเรียน ผลการศึกษา ชั่วโมงกิจกรรม เมื่อบันทึกแล้วข้อมูลต่าง ๆ จะแสดงขึ้นมาภายในหน้าเดียวและง่ายเมื่อต้องการใช้งาน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบประเมินความพึงพอใจหลังจากการลองใช้งานแอพพลิเคชั่น โดยกลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียน นักศึกษา จำนวน 50 คน พบว่าแอปพลิเคชั่น มีความน่าสนใจ 73.9% และมีประโยชน์ 90.9% อาจเป็นที่สนใจสำหรับคนทั่วไป สรุปได้ว่าแอปพลิเคชันนี้เข้าถึงผู้ใช้งานได้ง่าย

คำสำคัญ: *ตารางเรียน, แอพพลิเคชั่น, ชั่วโมงกิจกรรม*

Abstract

The development of this application is intended to provide students with better time management and quick access to information with easier and more convenient. The user can save personal information, course information, class schedule information, study results, activity hours. When saved, various information will be displayed within one page and easy when the user needs it. The tools used in the research were the satisfaction evaluation form of the trial application. The sample group, including 50 students, found that they were satisfied with the use of the "My study" application. They found that the application is interesting for 73.9%, and useful to users up to 90.9% and would make average people interested in the applications in term of "easy to use"

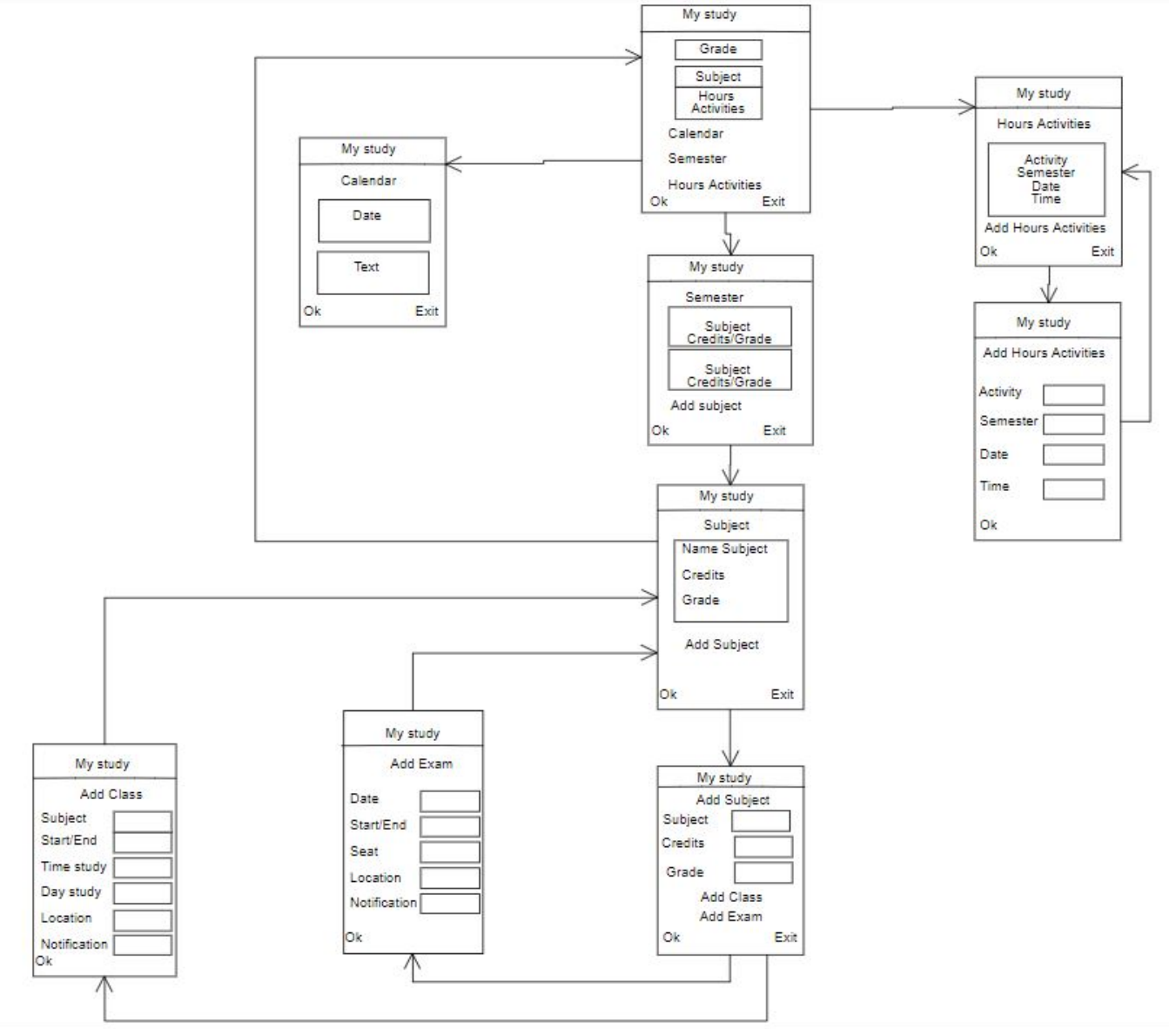
Keyword: *schedule, application, activity hours*

บทนำ

มหาวิทยาลัยในปัจจุบันมีการแสดงตารางการเรียนการสอน ตารางสอบ ผลการศึกษา และชั่วโมงกิจกรรมในเว็บไซต์ระบบทะเบียนของมหาลัย ต้องใส่รหัสเพื่อเข้าระบบเพื่อดูข้อมูล หรือประวัติต่างๆทุกครั้ง ทำให้เกิดความยุ่งยากการแสดงผลข้อมูลต่างๆ ในเว็บไซต์ ไม่มีการแสดงผลในหน้าเดียว ต้องกดหลายครั้งเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วน และไม่มีการแจ้งเตือนเมื่อถึงเวลาเรียนหรือเวลาสอบ และมีหลายขั้นตอนเพื่อที่จะเข้าถึงข้อมูล จึงควรมีแอปพลิเคชันบนสามาร์ทโฟนที่สามารถจัดเก็บข้อูมลต่างๆได้ครบถ้วน ในปัจจุบันแอปพลิเคชันที่ใช้ในการจัดการการศึกษามีมากมาย แต่การใช้ยังมีความยุ่งยาก ซับซ้อน และไม่สามารถตอบสนองความต้องการของนักศึกษา เราจึงได้ทำการพัฒนาแอพพลิเคชันเพื่อตอบสนองความต้องการของนักเรียนนักศึกษา โดยแอพพลิเคชั่นของเราจะทำการเก็บ ข้อมูลส่วนตัว ตารางเรียน เกรด หน่วยกิต ชั่วโมงกิจกรรม สามารถตั้งค่าการแจ้งเตือนได้ และแสดงผลได้ในหน้าเดียว เพื่ออำนวยความสะดวก แก่นักเรียนนักศึกษา

วิธีดำเนินการวิจัย

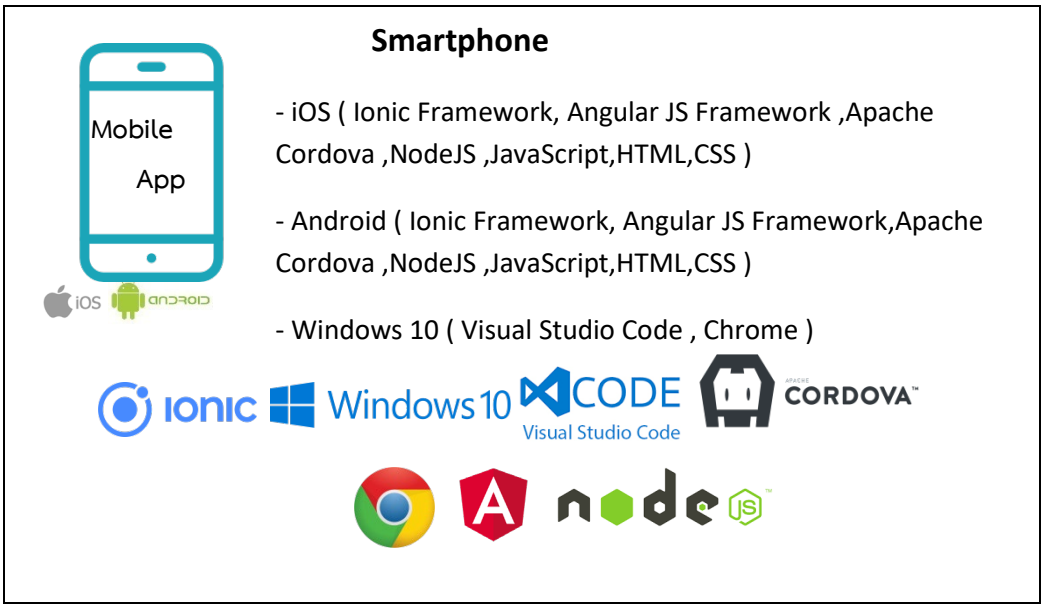
รายละเอียดของการพัฒนา แบบจำลองรูปแบบของหน้าจอและเมนูต่างๆ



Hybrid Application หรือเรียกอีกอย่างว่า Cross Platform คือ การเขียนแอปพลิเคชัน ด้วยโปรแกรม ภาษาใดภาษาหนึ่ง แต่สามารถนำเอาไป ใช้กับ Platform อื่นๆ ได้ด้วย สามารถนำไปใช้งานได้ทั้ง Android, iPhone iOS ,Windows Phone และ อื่น ๆ โดยอาศัย Framework หรือ SDK ที่ถูกสร้างขึ้นมาจากหลากหลายภาษา และมีเครื่องมือที่เหมาะสมกับ Framework หรือ SDK นั้น ๆ ให้เลือกใช้ในการพัฒนาที่หลากหลาย

เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา ได้แก่ภาษาที่เขียน tool ที่ใช้ช่วยพัฒนาโปรแกรม และอื่นๆ

Client



- **Ionic Framework** คือ เครื่องมือในการสร้าง HTML , CSS และ JavaScript เพื่อใช้ในการสร้าง Mobile Application เป็นเครื่องมือสร้างแอปพลิเคชันที่สามารถสร้างทีเดียว สามารถใช้งานได้บนระบบปฏิบัติการ iOS, Android และ Windows ซึ่งสามารถใช้งานร่วมกับ เฟรมเวิร์ค (Framework) อื่นๆ ได้ คือ Angular และ Apache Cordova[1]
- **Angular** คือ เฟรมเวิร์ค (Framework) สำหรับสร้างแอปลิเคชันในฝั่งไคลเอ็นในรูปแบบของ HTML, CSS และ JavaScript/TypeScript ซึ่ง TpyeScript จะถูก Compile เป็น JavaScript[2]
- **Cordova** คือ แพลทฟอร์ม (Platform) ทีใช้สร้าง แอปพลิเคชัน (Application) โดยใช้ภาษา HTML , CSS และ JavaScript[3]
- **Node.js** คือ Cross Platform Runtime Environment สำหรับฝั่ง Server และเป็น Open Source เขียนด้วยภาษา JavaScript[4]
- **HTML** คือ ภาษาหลักทีใช้ในการเขียนเว็บเพจ โดยใช้ Tag ในการกำหนดการแสดงผล HTML ย่อมาจากคำว่า Hypertext Markup Language โดย Hypertext หมายถึง ข้อความที่เชื่อมต่อกันผ่านลิ้ง (Hyperlink) Markup language หมายถึงภาษาที่ใช้ Tag ในการกำหนดการแสดงผลสิ่งต่างๆที่แสดงอยู่บนเว็บเพจ[5]
- **CSS** คือ ภาษาที่ใช้สำหรับตกแต่งเอกสาร HTML/XHTML ให้มีหน้าตา สีสัน ระยะห่าง พื้นหลัง เส้นขอบและอื่นๆ ตามที่ต้องการ CSS ย่อมาจาก Cascading Style Sheets มีลักษณะเป็นภาษาที่มีรูปแบบในการเขียน Syntax แบบเฉพาะและได้ถูกกำหนดมาตรฐานโดย W3C[6]
- **JavaScript** คือภาษาสคริปภาษาหนึง มีลักษณะการเขียนแบบโปรโตไทพ (Prototyped-based Programming) ส่วนมากใช้ในหน้าเว็บเพื่อประมวลผลข้อมูลที่ฝั่งของผู้ใช้งาน[7]
- **Visual Studio Code** คือ โปรแกรม Code Editor ที่ใช้ในการแก้ไขและปรับแต่งโค้ด จากค่ายไมโครซอฟท (Microsoft)[8]
- **Google Chrome** คือ โปรแกรมเว็บเบราเซอร์ (Web Browser) ที่ใช้สำหรับเปิดเว็บไซต์โดยมี Google เป็นผู้พัฒนา

รายละเอียดโปรแกรมที่พัฒนา Software Specification

Input/Output Specification

Input : มหาวิทยาลัย, คณะ, สาขา, เลขประจำตัว, ปีการศึกษา, วิชา, อาจารย์ผู้สอน, หน่วยกิต, เกรด, วันที่เริ่มเรียนถึงวันที่สิ้นสุดการเรียน, ช่วงเวลาที่เรียน, วันที่เรียน, สถานที่เรียน, วันที่สอบ, ช่วงเวลาที่สอบ, สถานที่สอบ, เลขที่นั่งสอบ , กิจกรรม, ปีการศึกษาที่ทำกิจกรรม, วันที่ทำกิจกรรม, ชั่วโมงกิจกรรมที่ได้รับ

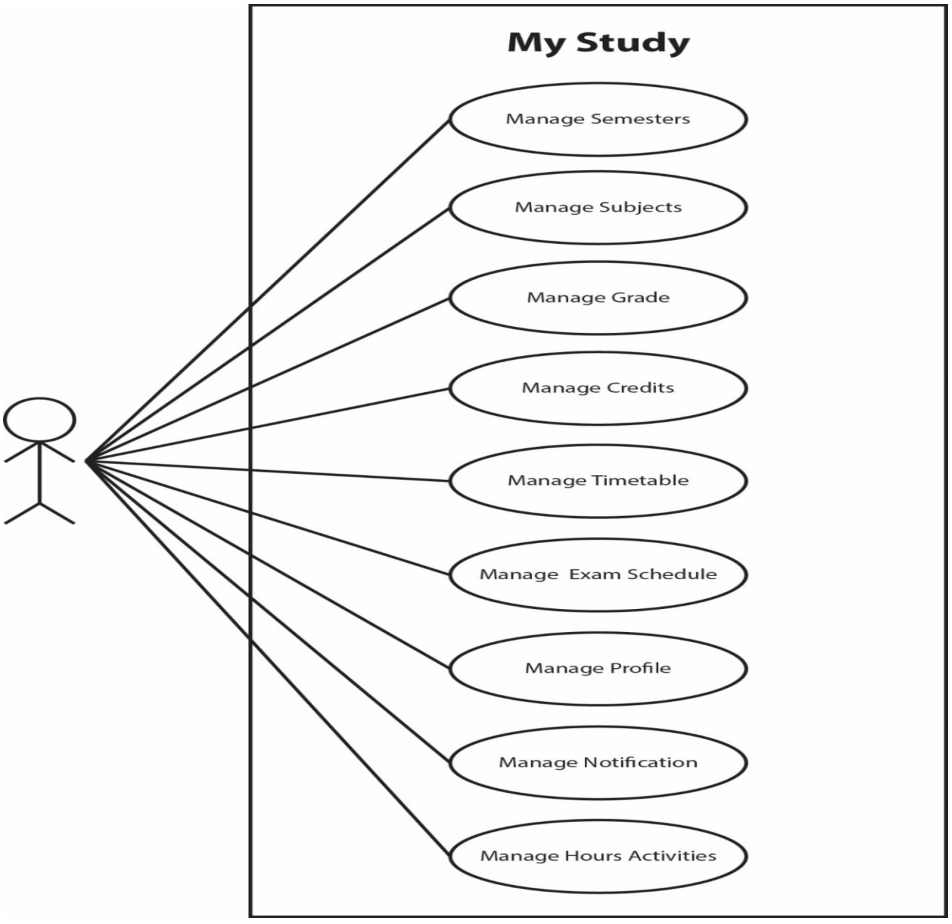
Output : หน้าจอแสดงสรุปข้อมูลนักศึกษา, หน้าจอแสดงข้อมูลวิชาเรียน, ตารางเรียน, ตารางสอบ, เกรดสะสม, หน่วยกิตสะสม, ชั่วโมงกิจกรรมสะสม

Functional Specification

1) สามารถตั้งค่าการแจ้งเตือน และเลือกเสียงที่ใช้ในการแจ้งเตือน
2) มีการเก็บรวบรวมข้อมูลเกรดจากวิชาต่างๆ เพื่อคำนวณเกรดเฉลี่ย
3) มีการเก็บข้อมูลจากตารางเรียน เพื่อคำนวณจำนวนครั้งที่ต้องเข้าเรียนทั้งหมด
4) มีการนับถอยหลังเวลาที่ใช้ในการเรียนเมื่อถึงเวลาตามตารางเรียนที่บันทึกไว้ เมื่อใกล้หมดเวลาจะมีการแจ้งเตือนตามที่ผู้ใช้งานตั้งค่า

โครงสร้างของซอฟต์แวร์ (Design)

แบบจำลองที่ใช้ในการออกแบบแอปพลิเคชัน ผู้พัฒนาเลือกใช้ Use Case Diagram



ขอบเขตและข้อจำกัดของโปรแกรมที่พัฒนา

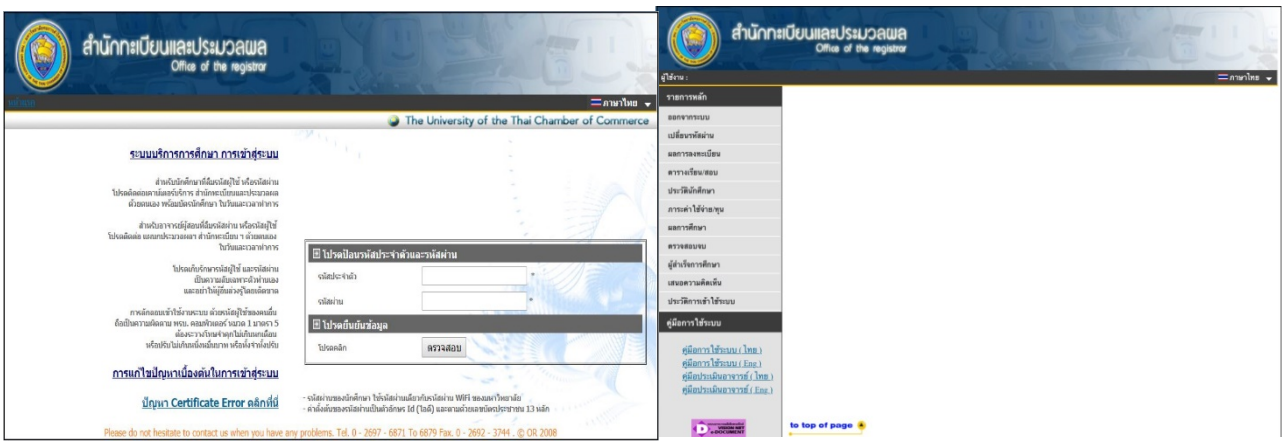
โครงงานนี้เป็นโครงงานประเภท Mobile Application โดยสามารถใช้ได้กับสมาร์ทโฟนที่มีระบบปฏิบัติการ iOS และ Android

การเริ่มต้นใช้งาน ผู้ใช้ต้องดาวน์โหลดแอปพลิเคชันเพื่อติดตั้งบนสมาร์ทโฟน หลักจากนั้นเมื่อเปิดแอปพลิเคชันขึ้นมา

ผู้ใช้จะต้องกรอกข้อมูล ในส่วนต่างๆ เพื่อเริ่มการใช้งาน เช่น ข้อมูลนักศึกษา ข้อมูลวิชา และข้อมูลชั่วโมงกิจกรรม

เนื่องจากแอปพลิเคชันไม่มีการเชื่อมต่อกับฐานของมูลของมหาวิทยาลัย จึงทำให้ผู้ใช้งานต้องกรอกข้อมูลหลายส่วนเพื่อเริ่มต้นการใช้งานด้วยตัวเอง เช่น ข้อมูลนักศึกษา ข้อมูลวิชา และข้อมูลชั่วโมงกิจกรรม ทำให้ผู้ใช้งานรู้สึกยุ่งยาก และไม่สะดวก

เปรียบเทียบแอพลิเคชั่น



ภาพที่ 3. แสดงเว็บทะเบียน มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

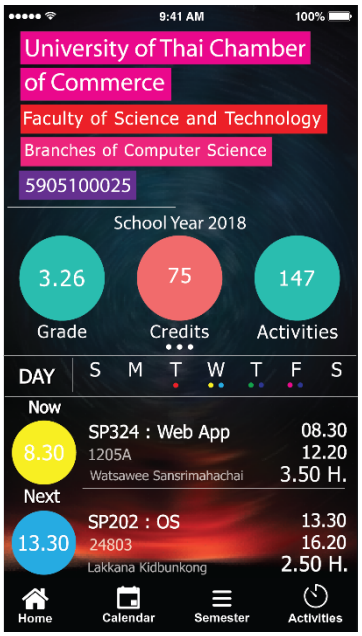
จากการใช้งานเว็บทะเบียนของมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย จะมีการเข้าใช้งานหลายขั้นตอนและจำเป็นต้องล็อกอินก่อนเข้าใช้งานทุกครั้ง เว็ปทะเบียนของมหาวิทยาลัยจะมีข้อมูลที่ไม่จำเป็นค่อนข้างเยอะ เช่น คู่มือการใช้ระบบ คู่มือการประเมินอาจารย์ เป็นต้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการดึงหัวข้อบางส่วนของเว็บทะเบียนมาใช้เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สำคัญต่อนักศึกษาจริงๆและจัดรูปแบบใหม่เพื่อให้ง่ายและรวดเร็วเมื่อต้องการจะเข้าถึง

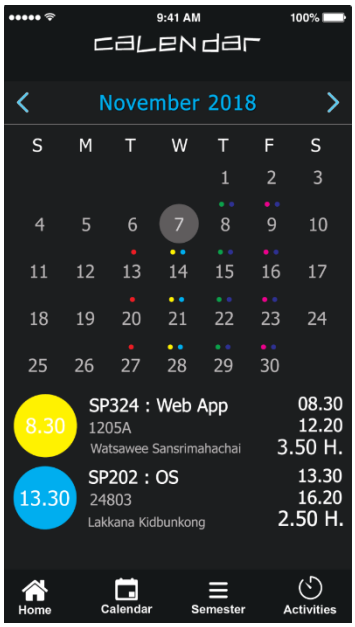
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

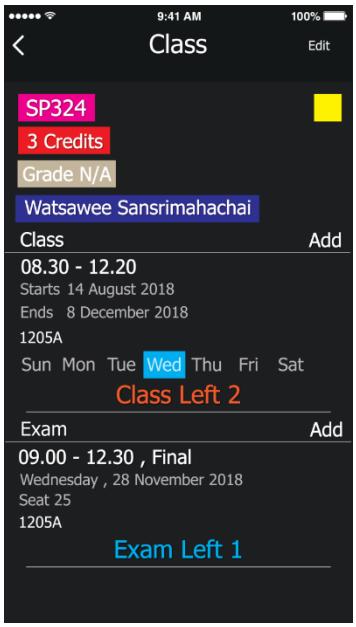
แอปพลิเคชั่นที่ใช้ในการจัดการการศึกษา ให้มีความสะดวกต่อการใช้งาน ไม่ซับซ้อน และฟังก์ชันที่ครอบคลุมการใช้งานในทุกๆ ด้าน

หน้าจอ โปรแกรม

รูปที่ 5 แสดงหน้าโปรแกรมของเราจะมีฟังชั่นการแสดงผล เกรด หน่วยกิต ชม. กิจกรรมม ตัวอย่างฟังชั่นของเรา รูปที่6 มีปฏิทินที่แสดงถึงวิชาที่จะเรียนในแต่ละวัน รูปที่ 7 มีการกรอกข้อมูลวิชาเรียนเพื่อเก็บข้อมูลไปประมวลผลเพื่อแสดงในหน้า Home







ภาพที่ 5. Dashbord

ภาพที่ 6. Calender

ภาพที่ 7. Class

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยพบว่า มีผู้ที่ใช้แอปพลิเคชั่นในลักษณะนี้ มีเพียง 39.1% ซึ่งอาจจะทำให้มีการใช้แอปพลิเคชั่นของเราได้น้อยตาม และ ความรู้สึกหลังจากที่ได้ทดลองใช้แอปพลิเคชั่นของเรา ความสวยงาม ความยุ่งยากก็ทำได้ไม่มากเช่นกัน แต่ความเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้ ถึง 100% ทำให้คนทั่วไปอาจจะสนใจได้ สรุปได้ว่าแอปพลิเคชั่นของผู้วิจัยเข้าถึงผู้ใช้งานได้ง่าย

ในอนาคตผู้วิจัยมีการวางแผนไว้ว่าจะพัฒนาแอพพลิเคชั่นนี้ให้ดีกว่าเดิมโดยการขอความร่วมมือแต่ละมหาลัยเพื่อขอเข้าถึงดาต้าเบส เพื่อจะเก็บข้อมูลเพื่อให้นักศึกษาแต่ละมหาลัย เข้าถึงข้อมูลการเรียนและข้อมูลส่วนตัวต่างๆ ได้สะดวกรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. นายชิตชัย เลิศศิริวัฒนวงศ์. มาสร้าง Hybrid Mobile Application ด้วย Ionic Framework กันเถอะ [อินเตอร์เน็ท] 2559. [เข้าถึงเมื่อ 11 พฤษภาคม 2561] เข้าถึงได้จาก http://web.ubu.ac.th/blog/chitchai-178
2. มานพ กองอุ่น. Angular คืออะไร.[อินเตอร์เน็ท].2560. [เข้าถึงเมื่อ 11 พฤษภาคม 2561] เข้าถึงได้จาก https://www.programmerthailand.com/tutorial/post/view/208/angular-
3. Teerasej Jiraphatchandej.ง่ายจริง! ทำความเข้าใจกับ PhoneGap/Cordova แบบเร็วๆ.[อินเตอร์เน็ท].2558. [เข้าถึงเมื่อ 11 พฤษภาคม 2561] เข้าถึงได้จาก https://nextflow.in.th/2015/easy-understand-phonegap-cordova- app/
4. Thai Programmer Association.NodeJS ตอนที่ 1 NodeJS คืออะไร ?. [อินเตอร์เน็ท].2558. [เข้าถึงเมื่อ 11 พฤษภาคม 2561] เข้าถึงได้จาก https://www.thaiprogrammer.org/2016/02/nodejs-
5. Ning kanistakan. HTML คืออะไร?. [อินเตอร์เน็ท].2558. [เข้าถึงเมื่อ 11 พฤษภาคม 2561] เข้าถึงได้จาก https://sites.google.com/site/ninknitkann/--html-khux-xari
6. Kipakapron. CSS คืออะไร มีประโยชน์ อย่างไร.[อินเตอร์เน็ท].2558. [เข้าถึงเมื่อ 11 พฤษภาคม 2561]

เข้าถึงได้จาก https://blog.sogoodweb.com/Article/Detail/79237

7. Mos Programmer. Javascript พลังที่ทำให้เว็บไซต์มีชีวิตอย่างไร.[อินเตอร์เน็ท].2559. [เข้าถึงเมื่อ 11 พฤษภาคม 25561] เข้าถึงได้จาก https://medium.com/@mosprogramer/javascript-
8. Teerasej Jiraphatchandej. สิ่งที่คุณจะหลงรักใน Visual Studio Code 1.9.[อินเตอร์เน็ท].2560. [เข้าถึงเมื่อ 11 พฤษภาคม 25561] เข้าถึงได้จาก.https://nextflow.in.th/2017/visual-studio-code-1-9-web-developer-will-love/

[IT-O07] การพัฒนาไลน์แชทบอทสำหรับบุคลากรมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
Development of Chat Bots for Personnel of the University of the Thai Chamber of Commerce

พิจิตต พ่วงประสาร*, ไวยวุฒิ แซ่อึ้ง, พันธพัฒน์ ลีละอำไพกุล, วัชรี เชื้ออุทัย, และ ชฎารัตน์ พิพัฒนนันท์
Pijitt Phoungprasan*, Waiyawut Saeoung, Puntapat Leelaumpaikul, Watcharee Chueutai[1], and Chadarat Phipathananunth
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: 5905104001@live4.utcc.ac.th*

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมหาวิทยาลัยหอการค้าไทยมีบุคลากรและนักศึกษาเป็นจำนวนมากซึ่งประกอบไปด้วย บุคลากร นักศึกษาปัจจุบัน นักศึกษาเข้าใหม่ โดยส่วนใหญ่นักศึกษาที่เข้ามาใหม่จะยังไม่คุ้นชินกับสถานที่ต่าง ๆ ในมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ห้องเรียน หรือห้องสมุด ในการที่นักศึกษาไปหาข้อมูลหรือไปหาสถานที่ด้วยตนเองอาจเกิดความล่าช้าเกินไป งานวิจัยนี้วัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาและพัฒนาไลน์แชท บอทสำหรับบุคลากรมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 2) กำหนดคำถามและคำตอบจากข้อมูลจริงของบุคลากรมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย เพื่อให้นักศึกษาเข้ามาสอบถามข้อมูลต่าง ๆ หรือที่ตั้งของสถานที่ที่อยากทราบ เช่น กองการเงิน สำนักทะเบียนและประมวลผล แผนที่ของมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย เป็นต้น โดยงานวิจัยฉบับนี้เลือกกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้ 30 คน คือ นักศึกษาและบุคลากรของมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย สำหรับเครื่องมือวิจัยประกอบด้วย แบบสำรวจความต้องการในการสอบถามข้อมูลภายในมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย แบบประเมินคุณภาพไลน์แชทบอทมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย และแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ผลการวิจัยพบว่า จากการประเมินความสามารถในการทำงานของไลน์แชทบอทตรงตามความต้องการของผู้ใช้งานและทำงานได้ตรงตามเป้าหมาย โดยการประเมินพบว่ามีค่าความพึงพอใจในการใช้งานระบบโดยรวมจัดอยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด

คำสำคัญ : *แอปพลิเคชัน, แชทบอท, ไลน์*

Abstract

At present, the Thai Chamber of Commerce University has a lot of personnel and student, which consists of current students, and new students. Most incoming freshmen are not accustomed to the new location such as the library or the classroom. University students to find information or to find a location by themself may cause a delay. This research aimed 1) to study and develop a line chat bots for personnel University 2) to defined questions and answers from the staff of the University of Thai Chamber of Commerce. To enable students to various inquiries of the locations including Finance office, Registrar office, Map of the University of Thai Chamber of Commerce, etc. The research sample is 30 users are students and staff of the University. The survey research needs to query data within the University regarding the quality of line chat bots and the satisfaction of the users.

The results showed that the assessment of the ability to work offline chat bots meets the user's needs and work to meet the goals. The evaluation found that the satisfaction of the overall system is in its most satisfaction.

Keyword: *application, chat bot, Line*

1. **บทนำ**

ในแต่ละปีการศึกษาจำนวนของนักศึกษาเข้าใหม่ในมหาวิทยาลัยหอการค้าไทยมีจำนวนมาก โดยที่นักศึกษาเหล่านั้นจะยังไม่ทราบถึงข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับมหาวิทยาลัย รวมถึงนักศึกษาปัจจุบันทั้งในระดับปริญญาตรีและปริญญาโทที่ต้องการทราบถึงข้อมูลต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัยยังไม่ครบถ้วน หากนักศึกษาไปหาข้อมูลด้วยตนเองอาจเกิดความยากลำบาก เสียเวลา และอาจได้ข้อมูลไม่ตรงตามที่ต้องการ ซึ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีระบบเอาไว้สอบถามข้อมูล โดยปกติแล้วในแต่ละสถานศึกษาจะมีช่องทางบริการสอบถามข้อมูลผ่านทางโซเชียลมีเดีย เช่น เฟสบุ๊ค ไลน์ เป็นต้น โดยการสอบถามจากช่องทางเหล่านี้ยังคงต้องให้บุคคลที่เป็นดูแลระบบเป็นผู้ที่คอยตอบคำถาม และให้ข้อมูลกับผู้ใช้งาน ซึ่งในการทำงานที่ใช้บุคคลเป็นผู้ตอบคำถาม และบางคำถามอาจจะเป็นคำถามซ้ำๆ อาจทำให้ผู้ตอบเกิดอารมณ์ความรู้สึกเบื่อหนายจนทำให้ตอบคำถามได้ไม่ครบถ้วน อีกทั้งเป็นการสิ้นเปลืองแรงงานและบางครั้งอาจใช้เวลานานเพราะมีผู้ใช้สอบถามข้อมูลมาเป็นจำนวนมาก และความรู้สึกของบุคคลที่คอยตอบคำถามในแต่ละช่วงเวลาอาจส่งผลต่อมาตรฐานของคำตอบที่อาจทำให้เกิดความรู้สึกด้านลบของผู้ใช้

จากปัญหาดังกล่าวทางผู้วิจัยได้พัฒนาระบบแชทบอทให้ข้อมูลมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย เพื่อให้มีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้แทนการใช้บุคคล โดยผู้วิจัยเลือกการใช้งานผ่านทางแอปพลิเคชันไลน์ เนื่องจากข้อมูลการใช้งานพบว่าคนไทยใช้แอปพลิเคชันไลน์มากถึงร้อยละ 63 ของจำนวนประชากร คิดเป็น 42 ล้านผู้ใช้งาน ในจำนวนนี้เป็นเพศหญิงร้อยละ 53 และเพศชายร้อยละ 47 ซึ่งระบบแชทบอทที่พัฒนานี้จะใช้งานร่วมกับแพลตฟอร์ม Dialogflow ช่วยตัวแชทบอทนั้นสามารถตอบคำถามกับผู้ใช้ได้อย่างเป็นธรรมชาติ ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้ง่ายเพียงแค่มีแอปพลิเคชันไลน์ก็สามารถใช้งานได้ทันที โดยระบบแชทบอทนี้จะช่วยอำนวยความสะดวกให้กับนักศึกษา รวมไปถึงผู้ปกครองและบุคคลทั่วไปที่ต้องการทราบข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ทำให้ประหยัดเวลาและได้ข้อมูลที่ถูกต้อง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและพัฒนาไลน์แชทบอทสำหรับบุคลากรมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
2. กำหนดคำถามและคำตอบจากข้อมูลจริง

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แอปพลิเคชัน (Application) หมายถึง โปรแกรม หรือชุดสั่ง ที่ใช้ควบคุมการทำงานของคอมพิวเตอร์เคลื่อนที่และอุปกรณ์ต่อพวงต่างๆ เพื่อให้ทำงานตามคำสั่ง และตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ โดยแอปพลิเคชัน จะต้องมีสิ่งที่เรียกว่าส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface หรือ UI) เพื่อเป็นตัวกลางการใช้งานต่างๆ โดยแอปพลิเคชันแบ่งได้เป็นประเภทต่างๆ ดังนี้

- แอปพลิเคชันระบบ เป็นส่วนซอฟต์แวร์ระบบหรือระบบปฏิบัติการ (Operating system) ที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์และรองรับการใช้งานของแอปพลิเคชัน หรือโปรแกรมต่างๆ ที่ติดตั้งอยู่ภายในเครื่องคอมพิวเตอร์เคลื่อนที่
- แอปพลิเคชันที่ตอบสนองความต้องการของกลุ่มผู้ใช้ เป็นซอฟต์แวร์ประยุกต์ หรือโปรแกรมประยุกต์ ที่ทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการ มีวัตถุประสงค์เฉพาะอย่าง เนื่องจากผู้ใช้มีความต้องการใช้แอปพลิเคชันที่แตกต่างกัน จำนวนของอุปกรณ์คอมพิวเตอร์เคลื่อนที่มีหลากหลายชนิด ขนาดหน้าจอที่แตกต่าง จึงมีผู้ผลิตและพัฒนาแอปพลิเคชันใหม่ๆ ขึ้นเป็นจำนวนมาก เพื่อรองรับการใช้งานในทุกๆด้าน

ไลน์ (Line) เป็นแอปพลิเคชันให้บริการรับส่งข้อความ (Messaging) ร่วมกับ Voice Over IP ทำให้ผู้ใช้สามารถสร้างกลุ่มแชท ส่งข้อความ ภาพ คลิปวิดีโอ หรือจะพูดคุยโทรศัพท์แบบเสียงก็ได้ โดยข้อมูลที่ถูกส่งขึ้นไปนั้นฟรีทั้งหมด ในปัจจุบัน LINE ใช้ได้ในระบบปฏิบัติการ iOS, Android, Windows Phone และ PC ฟีเจอร์ของ LINE ประกอบด้วย การส่งข้อความ การสนทนาด้วยเสียง การเปลี่ยนพื้นหลังแบ็กกราวด์หน้าห้องแชท การสนทนาแบบกลุ่ม Official LINE และการส่งสติ๊กเกอร์

Dialogflow หรือ Api.ai เป็นโปรดักส์ที่สามารถทำ เข้าใจภาษาได้อย่างเป็นธรรมชาติ หรือพูดแบบละเอียดได้ว่า Dialogflow สามารถแปลง คำถามหรือคีย์เวิร์ดที่ผู้ใช้ส่งเข้ามาให้เป็น Intent โดยผ่านกระบวนการ Natural Language processing ซึ่งจะช่วยให้แชทบอทสามารถหา Intent ที่ตรงกับคำถามที่ผู้ใช้ส่งมา และส่งคำตอบที่อยู่ใน Intent นั้นๆกลับไปยังผู้ใช้งาน จึงสามารถทำ Entity Recognition ต่างๆได้โดยไม่ต้องเขียนโปรแกรม

แชทบอท (Chatbot) เป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเพื่อจำลองบทสนทนาของมนุษย์ ให้สามารถพูดคุย สื่อสารกับมนุษย์ผ่านทางเสียงหรือข้อความแบบ real-time โดยแชทบอทนั้น ได้มีการพัฒนาขึ้นมา 2 แบบ คือ Rule-Based Bot (กำหนดด้วยกฎต่างๆ) และ AI Bot (ปัญญาประดิษฐ์) โดย Rule-Based Bot นั้น จะทำงานตามกฎและคีย์เวิร์ดที่ถูกกำหนดไว้ ถ้าหากคำถามไม่ตรงกับที่กำหนดไว้ บอทอาจให้คำตอบที่ไม่ดีหรือทำงานผิดพลาดได้ ส่วน AI Bot นั้น จะใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) และ Machine Learning เข้ามาช่วยให้แชทบอทนั้นฉลาดและเข้าใจภาษาของมนุษย์มากขึ้น โดยแบบ AI Bot จะได้รับความนิยมมาก หลายบริษัทได้นำไปพัฒนา เช่น IBM, Microsoft, Google, Facebook, Amazon เป็นต้นการใช้งานแชทบอทนั้นจะมีให้เห็นอยู่มากมายทั้งการบริการให้ข้อมูลตอบคำถามผ่านแพลตฟอร์ม โปรแกรมแชท เว็บไซต์ แอปพลิเคชันต่างๆ เช่น Voice Assistant App อย่าง Alexa หรือ Siri, Facebook Messenger, WeChat, Line โดยแนวโน้มที่แชทบอทนั้นจะเติบโตมีมากขึ้นเรื่อยๆ เพราะ จะช่วยในธุรกิจได้หลายอย่าง สะดวกสบาย และง่ายขึ้น ดูแลงานบริการลูกค้า ผ่าน Live chat หรือช่วยขายของออนไลน์ก็ได้อีกด้วย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

AYTM, Opus Research & Nuance Communication,Inc. (2016) ได้ทำการศึกษากลุ่มตัวอย่าง 425 คนที่มีอายุมากกว่า 18 ปี พบว่า ร้อยละ 89 ของผู้ตอบแบบสอบถามชื่นชอบที่จะใช้ virtual assistance เพื่อที่จะเพิ่มความเร็วในการค้นหาข้อมูล ร้อยละ 73 ของผู้ตอบแบบสอบถามต้องการการบริการเฉพาะรายบุคคล ร้อยละ 64 ต้องการให้การบริการลูกค้า เป็นไปในเชิงรุกมีการนำเสนอข้อมูล แนะนำข้อมูล

MindShare & Goldsmiths University of London (2016) ได้ทำการศึกษา กลุ่มตัวอย่างในประเทศอังกฤษ 1,000 คน ที่มีอายุระหว่าง 18 ถึง 65 ปี พบว่า ร้อยละ 63 ของกลุ่ม ตัวอย่างสนใจที่จะติดต่อธุรกิจกับองค์กรผ่านแชทบอท ร้อยละ 61 ของกลุ่มตัวอย่างจะรู้สึกไม่พึงพอใจถ้าแชทบอทไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้มากกว่ามนุษย์ ร้อยละ 75 ของกลุ่มตัวอย่างยอมรับว่าต้องการที่จะทราบว่ากำลังสนทนากับมนุษย์หรือแชทบอท ร้อยละ 79 ของกลุ่มตัวอย่างต้องการทราบว่าจะมีเจ้าหน้าที่เข้ามาให้บริการหรือไม่ถ้าผู้ใช้งานต้องการ ร้อยละ 48 ของกลุ่มตัวอย่างรู้สึกว่าการติดต่อกับแชทบอทนั้นให้ความรู้สึกที่แปลกเพราะการพยายามที่จะเลียนแบบมนุษย์ ร้อยละ 60 ของกลุ่มตัวอย่างรู้สึกถูกทำให้ไม่มีความเป็นผู้ใหญ่เมื่อแชทบอททักทายโดยถามว่าวันนี้เป็นอย่างไรบ้าง ร้อยละ 52 ของกลุ่มตัวอย่างรู้สึกดีใจที่ได้รับการตอบกลับอย่างรวดเร็วหลังจากสนทนากับแชทบอท

myclever™ Agency (2016) ได้จัดทำงานวิจัยหัวข้อทัศนคติของผู้บริโภคต่อแชทบอทกับกลุ่มตัวอย่างในประเทศอังกฤษ 1,000 คน โดยได้ทำการระบุถึงปัญหาที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญได้แก่ ร้อยละ 46 เว็บไซต์ไม่ให้ข้อมูลหรือรายละเอียดเกี่ยวกับบริษัท ร้อยละ 40 ไม่สามารถตอบคำถามพื้นฐานได้อย่างรวดเร็ว ร้อยละ 33 คุณภาพของสิ่งอำนวยความสะดวกในการติดต่อสื่อสารต่างๆ ซึ่งการใช้แชทบอทนำมาแก้ไขปัญหาเหล่านี้ โดยผู้บริโภคมองเห็นถึงประโยชน์ของแชทบอท คือ

สามารถพัฒนา services online โดยสามารถให้บริการได้ 24 ชั่วโมง และสามารถตอบคำถามพื้นฐานได้โดยไม่จำเป็นที่จะสนทนากับพนักงาน นอกจากนี้แชทบอทเป็นช่องทางอันดับสองในการติดต่อสื่อสารกับองค์กร รองจากการติดต่อแบบ Face-to-Face เนื่องจากความสะดวกสบายและความรวดเร็ว อายุของผู้ใช้งาน แชทบอทไม่เป็นอุปสรรคต่อการยอมรับ (adoption) พบว่ากลุ่ม baby boomers เห็นถึงคุณประโยชน์ของแชทบอทสูงกว่ากลุ่ม Millennial และสิ่งที่เป็นอุปสรรคต่อแชทบอทสูงสุด คือการที่แชทบอทไม่สามารถเข้าใจถึงคำถาม

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้เริ่มดำเนินการพัฒนาระบบแชทบอทสำหรับมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ใช้สามารถสอบถามข้อมูลหรือสิ่งที่อยากรู้ในมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย เพื่อให้ผู้ใช้เกิดความสะดวกสบายไม่ต้องไปเสียเวลาหาข้อมูล ผ่านเว็บไซต์หรือช่องทางต่างๆ และได้ข้อมูลที่ถูกต้อง ซึ่งในส่วนนี้จะนำเสนอถึงกรอบแนวคิดของการวิจัย วิธีการวิจัย และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยโดยมี 2 ขั้นตอนรายละเอียดดังนี้

รวบรวมข้อมูล

- รวบรวมคำถาม คือ รวบรวมข้อมูลคำถามที่มีความเป็นไปได้ที่ผู้ใช้อยากจะรู้ หรือคำถามที่มีผู้ใช้ถามเข้ามาเป็นจำนวนมาก
- รวบรวมข้อมูล คือ รวบรวมข้อมูลต่างๆภายในมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ข้อมูลทั่วไป ข้อมูลที่นักศึกษาทั่วไปไม่รู้ รวบรวมข้อมูลจากบุคคลหรือเจ้าหน้าที่ภายในมหาลัยมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

เครื่องมือที่ใช้

- **Dialogflow** เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้เราสามารถสร้างตัวแชทบอทได้ง่ายขึ้น และจุดเด่นของ Dialogflow คือช่วยทำให้ตัวแชทบอทนั้นสามารถโต้ตอบกับผู้ใช้ได้อย่างเป็นธรรมชาติมากขึ้น
- **ไลน์แอด (Line@)** เป็นบริการสำหรับกิจการ ใช้ในการสื่อสารกับกลุ่มคนหรือลูกค้า ไลน์แอดมีฟังก์ชันอันทันสมัย เหมาะสำหรับธุรกิจขนาดกลางและขนาดเล็ก (SMEs) และผู้ประกอบการใหม่ ซึ่งไลน์แอดได้แยกมาจากแอปพลิเคชันไลน์ หรือระบบบริการไลน์แบบบัญชีไลน์ส่วนบุคคล ไลน์แอดนั้นใช้งานง่ายมากเพียงชักชวนเพื่อนในไลน์ส่วนบุคคลให้มาติดตามไลน์แอดของกิจการ หรือบริษัทเราเพื่อติดตามข้อมูลข่าวสาร โปรโมชั่นส่วนลดพิเศษในกิจกรรมการส่งเสริมการขายต่างๆ ซึ่งเป็นการกระตุ้นให้เกิดการแวะเวียนมาซื้อสินค้าและบริการของเราด้วย และที่สำคัญกว่านั้น คือ ไลน์แอดยังมีฟังก์ชันการใช้งานให้บัญชีไลน์ พรีเมียมไอดี สามารถจัดการควบคุมดูแลโดยแอดมินได้เป็นร้อยคนทำให้สามารถดูแลโต้ตอบข้อความของลูกค้าได้จำนวนมาก ทั้งมีระบบสถิติ ระบบตอบข้อความอัตโนมัติอื่นๆอีกมาก นับว่าเป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสม ช่วยสนับสนุน ส่งเสริมให้การบริหารจัดการธุรกิจคล่องตัวยิ่งขึ้น

การพัฒนาระบบแชทบอท

ขั้นตอนที่ 1 การวางแผน (Planning) คณะผู้วิจัยได้ทำวางแผนการพัฒนาระบบแชทบอทสำหรับมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย โดยได้วางแผนการทำเป็นสปรินท์ (Sprint) แบ่งออกเป็น 3 สปรินท์ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงการวางแผนการทำงานแบ่งออกเป็น 3 สปรินท์

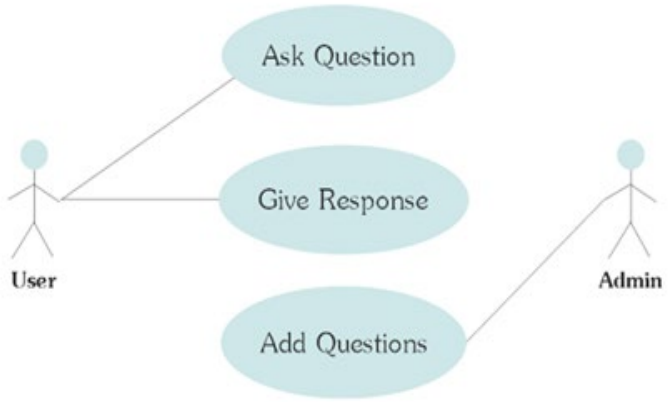
จากภาพที่ 1 แสดงงานทั้งหมด แบ่งงานออกเป็น 3 สปรินท์ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

สปรินท์ที่ 1 แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 เป็นการทำงานเกี่ยวกับการทดลองให้แชทบอทส่งข้อความที่เหมือนกันกับระหว่างผู้ใช้ส่งมา และส่วนที่ 2 เป็นการสำรวจข้อมูลที่ภายในมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

สปรินท์ที่ 2 แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 เป็นการตอบกลับข้อความที่ผู้ใช้งานต้องการคำตอบ และส่วนที่ 2 การรวบรวมคำถามที่ผู้ใช้งานต้องการที่จะถามให้มากที่สุด

สปรินท์ที่ 3 ทดสอบระบบครั้งสุดท้าย เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพ

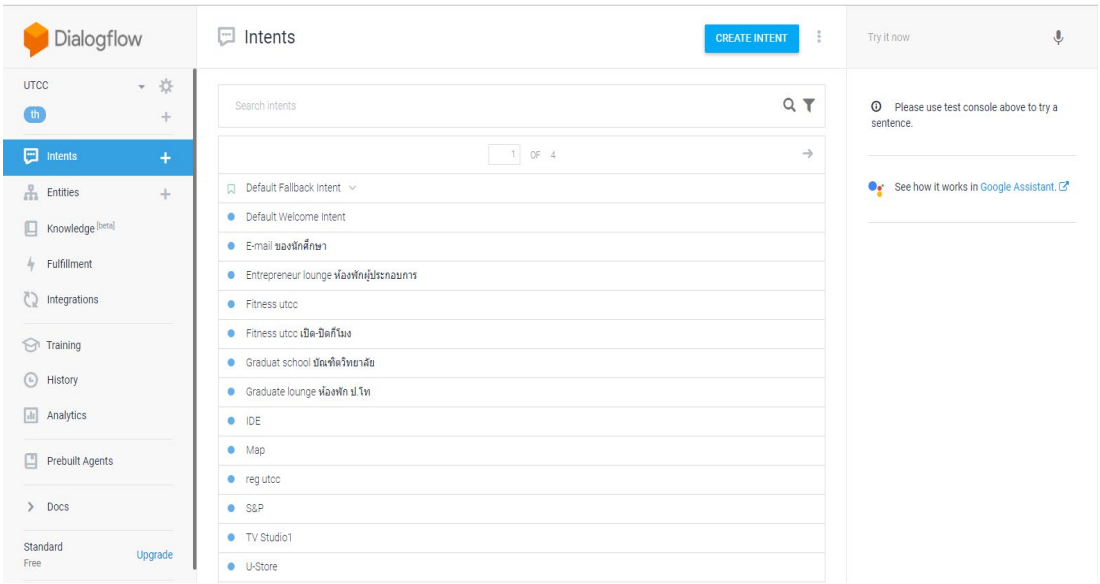
ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์และออกแบบ **(Analysis and Design)** คณะผู้วิจัยได้วิเคราะห์และออกแบบการทำงานของระบบด้วยการใช้แผนภาพ Use Case Diagram ในการแสดงการทำงานของแชทบอท ดังภาพที่ 2



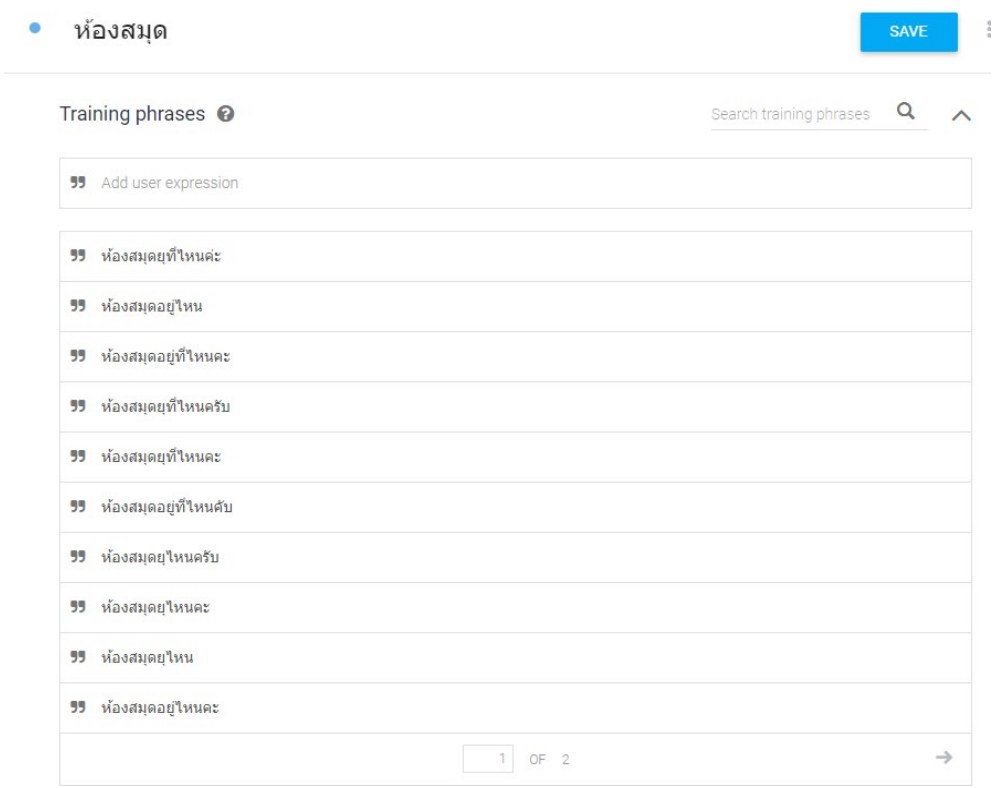
ภาพที่ 2 แผนภาพยูสเคสระบบแชทบอทสำหรับมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

แผนภาพยูสเคสระบบแชทบอทสำหรับมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ดังภาพที่ 2 แสดงให้เห็นว่ามีผู้เกี่ยวข้องกับระบบนี้อยู่ 2 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ดูแลระบบ (Admin) ที่สามารถเพิ่มคำถามที่ผู้ใช้งานต้องการทราบ และในส่วนของผู้ใช้ (Users) ที่สามารถถามข้อมูลที่ต้องการรู้ และได้รับคำตอบจากแชทบอท

ขั้นตอนที่ 3 การพัฒนา (Develop) ผู้วิจัยได้ใช้แอปพลิเคชันไลน์ร่วมกับ Dialogflow ในการพัฒนาแชทบอท โดยภาพที่ 3 แสดงภายใน Dialogflow สามารถสร้าง Intent ต่างๆ เพื่อรองรับ Keyword ที่ผู้ใช้งานถาม ส่วนในภาพที่ 4 แสดงภายใน Intent ห้องสมุดที่ได้กำหนดคีย์เวิร์ดต่างๆเอาไว้ เมื่อผู้ใช้ถามเข้ามาระบบจะตรวจหาคีย์เวิร์ดถ้าตรงกับ Intent ห้องสมุด ระบบจะส่งคำตอบที่อยู่ภายใน Intent นั้นๆกลับไปยังผู้ใช้งาน ในภาพที่ 5 ที่แสดงการใส่คำตอบของ Intent ห้องสมุด ซึ่งสามารถใส่ได้หลายคำตอบเพื่อทำให้แชทบอทตอบกลับได้เป็นธรรมชาติมากขึ้น โดยระบบจะสุ่มคำตอบ และในภาพที่ 6 แสดงตัวอย่างโค้ดใส่รูปภาพ โดยใส่โค้ดลงในช่อง Custom payload ทำให้แชทบอทสามารถส่งข้อความที่เป็นรูปภาพได้

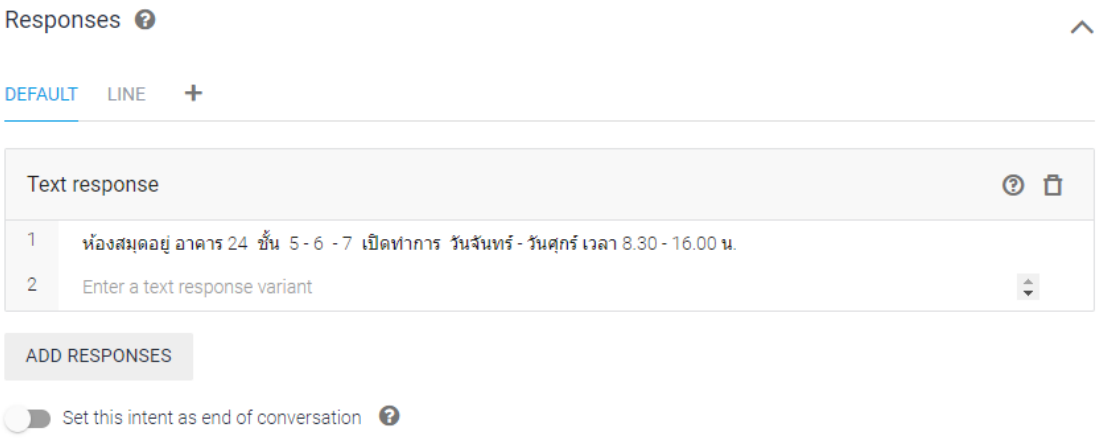


ภาพที่ 3 แสดงการสร้าง Intent ต่างๆ เพื่อรองรับคีย์เวิร์ดจากผู้ใช้



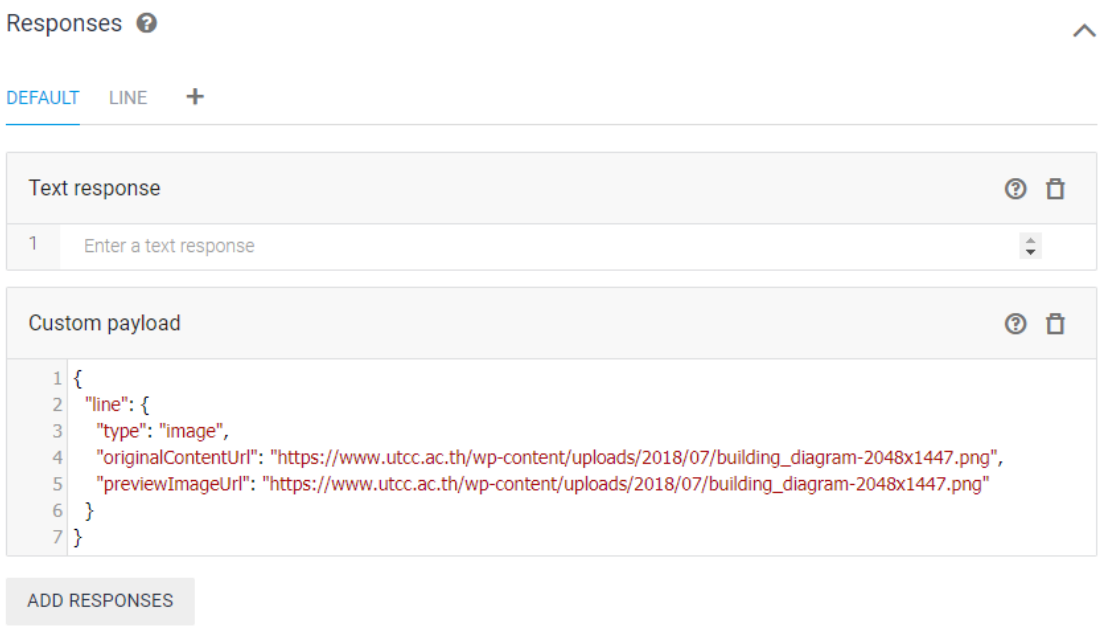
ภาพที่ 4 แสดงตัวอย่างภายใน Intent ห้องสมุด

จากภาพที่ 4 จะเป็นการตั้งคีย์เวิร์ด หรือคำที่คิดว่าผู้ใช้จะพิมพ์เข้ามา โดยคีย์เวิร์ดกับ Intents นั้นจะต้องมีความหมายเชื่องโยงกัน



ภาพที่ 5 แสดงการใส่คำตอบ

จากภาพที่ 5 เป็นการใส่คำตอบให้กับ Intent ห้องสมุด ว่าจะตอบผู้ใช้อย่างไร ซึ่งสามารถใส่คำตอบได้มากกว่าหนึ่งคำตอบ เพื่อทำให้แชทบอทตอบกลับได้เป็นธรรมชาติมากขึ้น



ภาพที่ 6 แสดงตัวอย่างโค้ดเพื่อทำให้แชทบอทสามารถส่งข้อความที่เป็นรูปภาพได้

ขั้นตอนที่ 4 การใช้งาน (Deploy)

ในการใช้งานระบบแชทบอทสำหรับมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย เริ่มจากที่ผู้ใช้จะใช้งานต้องเข้าแอปพลิเคชันไลน์เพื่อทำการสแกนคิวอาร์โค้ดดังแสดงในภาพที่ 7 หลังจากที่สแกนคิวอาร์โค้ดแล้วก็สามารถเข้ามาสอบถามข้อมูลในไลน์แชทบอทของมหาวิทยาลัยหอการค้าไทยได้ ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 7 เข้าแอปพลิเคชันไลน์



ภาพที่ 8 สแกนคิวอาร์โค้ดแอดไลน์แชทบอท



ภาพที่ 9 แสดงการสนทนา

จากภาพที่ 9 ผู้ใช้สามารถสอบถามข้อมูลต่างๆเกี่ยวกับมหาวิทยาลัยได้ ตัวอย่าง ผู้ใช้สามารถสอบถามว่าในบริเวณมหาวิทยาลัยใช้ Wifi ตัวไหน แชทบอทจะทำการส่งคำตอบกลับไปยังผู้ใช้ว่า ใช้ UTCC-Mobile



ภาพที่ 10 แสดงการส่งลิ้งค์ข้อมูลเมื่อข้อมูลมีรายละเอียดมาก

จากภาพที่ **10** ในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการทราบข้อมูลบางอย่างที่มีรายละเอียดเยอะมากๆ แชทบอทจะส่งเป็นลิ้งค์ไปแทนการส่งข้อความ ตัวอย่าง ผู้ใช้ต้องการทราบเรื่องการกู้เรียน ซึ่งการกู้เรียนก็จะมีรายละเอียดย่อยอีก คุณสมบัติของผู้มีสิทธิกู้ หลักฐานที่ใช้ในการกู้ ขอบเขตการกู้ยืมเงิน



ภาพที่ 11 แสดงการส่งลิ้งค์ข้อมูล

จากภาพที่ 11 ข้อมูลบางอย่างตัวแชทบอท จะส่งข้อความมาพร้อมกับลิ้งค์ เนื่องจากข้อมูลบางประเภทจำเป็นต้องใช้ลิ้งค์ ตัวอย่าง ผู้ใช้ สอบถามเรื่องการสมัครเรียน ตัวแชทบอทจะบอกรายละเอียดในการสมัคร ซึ่งมหาวิทยาลัยมีบริการเปิดรับสมัครผ่านทางออนไลน์ด้วย ตัวแชทบอทจึงส่งลิ้งค์ที่ใช้สมัครเรียนมาด้วย



ภาพที่ 12 การส่งข้อความพร้อมกับรูปภาพ

จากภาพที่ 12 ในส่วนของการสอบถามเกี่ยวกับสถานที่นั้น เพื่อความสะดวกสบายของผู้ใช้งาน เมื่อผู้ใช้สอบถามเกี่ยวกับสถานที่ ตัวแชทบอทจะบอกว่าสถานที่นั้นอยู่อาคารใด และส่งรูปอาคารนั้นไปด้วย ซึ่งถ้าหากไม่ส่งรูปอาคารผู้ใช้จะไม่ทราบว่าอาคารนั้นมีลักษณะเป็นอย่างไร

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

ผู้ใช้สามารถใช้งานระบบได้ง่าย โดยแสดงดังตารางที่ 1 โดยมีเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินมี 5 ระดับดังนี้

4.01 - 5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับมากที่สุด

3.01 - 4.00 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับมาก

2.01 - 3.00 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับปานกลาง

1.01 - 2.00 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับน้อย

0.00 - 1.00 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับน้อยที่สุด

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับ
ความง่ายในการใช้งานระบบ	4.40	0.76	มากที่สุด
ความรวดเร็วของระบบ	4.33	0.75	มากที่สุด
ได้คำตอบตรงตามที่ต้องการ	3.70	0.97	ปานกลาง
ความพึงพอใจโดยรวมในการใช้ระบบ	4.43	0.72	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	4.22	0.80	มากที่สุด

การพัฒนาไลน์แชทบอทสำหรับบุคลากรมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ทีมวิจัยได้เริ่มตั้งแต่ศึกษาและเก็บรวบรวบข้อมูลไปจนถึงการพัฒนาระบบไลน์แชทบอท เพื่อมตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานโดยได้มีการทดสอบการใช้งานโดยทีมผู้วิจัย บุคลากร นักศึกษาในมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ทั้งนี้ ได้มีการประเมินคุณภาพของระบบไลน์แชทบอทสำหรับบุคลากรมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย โดยงานวิจัยฉบับนี้เลือกกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้ 30 คน โดยผลการประเมินด้านความง่ายในการใช้งานระบบตรงตามความต้องการของผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.76 การแปลผลอยู่ในระดับมากที่สุด ด้านความรวดเร็วของระบบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.75 การแปลผลอยู่ในระดับมากที่สุด ด้านคำถามที่ตอบตรงตามที่ต้องการ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.70 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.97 การแปลผลอยู่ในระดับปานกลาง และความพึงพอใจโดยรวมในการใช้ระบบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.43 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.72 การแปลผลอยู่ในระดับมากที่สุด

อภิปรายผล

จากการประเมินการพัฒนาไลน์แชทบอทสำหรับบุคลากรมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย โดยผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งาน มีความเห็นสอดคล้องกันว่า ความง่ายในการใช้งานของระบบ และความรวดเร็วของระบบไลน์แชทบอทสำหรับบุคลากรมหาวิทยาลัยหอการค้าไทยที่พัฒนามีคุณภาพในระดับที่ยอมรับได้และตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานที่สะดวกและรวดเร็วและการได้คำตอบที่ตรงตามที่ต้องการอยู่ในระดับปานกลางซึ่งสอดคล้องกัน เป็นผลให้ทีมวิจัยต้องกลับมา พิจารณาในส่วนของการจัดการข้อมูล และการผลการประเมินความพึงพอใจโดยรวมในระบบอยู่ในระดับฑี่มากที่สุดซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

5. สรุป

การประยุกต์ใช้ Dialogflow ให้มีการปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ผ่านแอปพลิเคชันไลน์ โดยเก็บข้อมูลจากนักศึกษาและบุคลากรภายในมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย เพื่อนำมากำหนดคำถาม - คำตอบที่สัมพันธ์กันในลักษณะโครงสร้างการสนทนา โดยให้ผู้ใช้แต่ละคนทดลองถามคำถามกับตัวแชทบอท ผลการประเมินในภาพรวมอยู่ในระดับดี อย่างไรก็ดีโครงสร้างการสนทนาที่พัฒนาขึ้นยังไม่ครอบคลุมต่อการใช้งานทั้งหมด

6. ข้อเสนอแนะ

ในบทความนี้ได้นำเสนอระบบไลน์แชทบอทสำหรับมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ซึ่งสามารถสอบถามข้อมูลผ่านทางแอปพลิเคชันไลน์ เพื่อตอบกลับข้อมูลที่ผู้ใช้งานอยากทราบได้อย่างรวดเร็ว โดยในอนาคตอาจจะต้องพัฒนาในส่วนของรูปแบบในการตอบคำถามที่ยังไม่ครอบคลุมต่อผู้ใช้งาน เนื่องจากการตอบคำถามนั้นมีการตอบกลับมาอย่างไม่ครบถ้วน จึงต้องเก็บรวบรวมข้อมูลเพิ่มขึ้น เพื่อให้ใช้งานได้อย่างสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

1. Mindshare, & Goldsmiths university. (2016).humanity in the machine report. [เข้าถึงเมื่อ 9 เมษายน 2562] ; เข้าถึงได้จากhttp://www.mindshareworld.com/sites/default/files/MINDSHARE_HUDDLE_HUMANITY_MACHINE_2016_0.pdf
2. Myclever agency. (2016). Chat bots a consumer research study. [เข้าถึงเมื่อ 9 เมษายน 2562]; เข้าถึงได้จาก http://www.pcmag.com/encyclopedia/term/64353/chatbot
3. แอปพลิเคชันไลน์ คือ อะไร [ออนไลน์]. [เข้าถึงเมื่อ 29 มีนาคม 2562]; เข้าถึงได้จาก https://1th.me/1jJi
4. ไลน์@ คือ อะไร [ออนไลน์]. [เข้าถึงเมื่อ 29 มีนาคม 2562]; เข้าถึงได้จาก https://1th.me/0n7p
5. Line Chatbot คือ [ออนไลน์]. [เข้าถึงเมื่อ 29 มีนาคม 2562]; เข้าถึงได้จาก https://bit.ly/2Yfu1zk
6. การตลาดออนไลน์และบริการลูกค้าด้วยแชทบอทกรณีศึกษา : การใช้ Chatfuel ปฏิสัมพันธ์กับลูกค้าผ่านเมสเซนเจอร์ [เข้าถึงเมื่อ 9 เมษายน 2562] ; เข้าถึงได้จาก http://sripatum-review.spu.ac.th/doc/52_22-12-2018_09-06-42.pdf
7. Dialogflow คือ [ออนไลน์]. [เข้าถึงเมื่อ 29 มีนาคม 2562]; เข้าถึงได้จาก https://medium.com/readmoreth/
8. จำนวนผู้ใช้ ไลน์ [ออนไลน์]. [เข้าถึงเมื่อ 29 มีนาคม 2562]; เข้าถึงได้จาก https://brandinside.asia/line-today-news-for-thai-user/?fbclid=IwAR2ve5Gp2OoUkEGogYG3LdcX4LwU5y2ytCOx2-PutRTvDSiZbk9tT_d8DNM

[IT-O08] การพัฒนาระบบการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อช่วยตัดสินใจในการจัดทำการส่งเสริมการขายของธุรกิจเอสเอ็มอี

Developing a Machine Learning System to Make Decisions in Organizing Sales Promotions for SMEs.

เจษฎา พานิช*, นฤมล สารทสุข, ธนพัต บุญทร, ประภวิษณ์ พรหมเทพ, ชัยธวัช วรนาม, และ ชฎารัตน์ พิพัฒนนันท์
Jedsada Phanit*, Nurumon Sartsuk, Tanapat Buntorn, Praphawit Promthep, Chaithwat Woranam , and Chadarat Phipathananunth
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: 5905104013@live4.utcc.ac.th

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันอัตราการแข่งขันทางธุรกิจมีแนวโน้มค่อนข้างสูงในทุกธุรกิจ หนึ่งในรูปแบบการแข่งขันที่พบเห็นได้มากที่สุดคือการใช้การส่งเสริมการขาย การส่งเสริมการขายมีความสำคัญทางด้านการดำเนินธุรกิจเป็นอย่างมาก ดังนั้นการจัดกิจกรรมส่งเสริมการขายจึงต้องสอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยวิธีการที่น่าสนใจและได้รับความนิยมคือ การตลาดแบบเจาะจงลูกค้ารายบุคคล โดยการสำรวจและเก็บพฤติกรรมของลูกค้าเพื่อนำมาวิเคราะห์และออกแบบการส่งเสริมการขายตามความต้องการของลูกค้า ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการนำอัลกอริทึมชื่อ Collaborative filtering ซึ่งเป็นหนึ่งในเครื่องมือที่จัดว่าเป็นการเรียนรู้ของเครื่องที่ช่วยสร้างรูปแบบในการแนะนำสินค้าตามพฤติกรรมการซื้อของลูกค้า เพื่อนำมาช่วยในการวิเคราะห์พฤติกรรมและช่วยสร้างการส่งเสริมการขาย ให้ตรงตามความต้องการของลูกค้า จากผลการวิจัยสามารถอธิบายแนวโน้มการสั่งซื้อสินค้าในช่วงปลายเดือนของทั้งสามเดือนได้ถูกต้อง ทำให้ทราบถึงความต้องการการซื้อสินค้าในแต่ละช่วงเดือนว่าควรจะจัดทำโปรโมชั่นให้กับสินค้าคู่ใดและในช่วงปลายเดือนนั้น ๆ พร้อมทั้งช่วยให้ผู้ใช้หรือเจ้าของร้านค้าสามารถกำหนดส่วนลดในโปรโมชั่นของสินค้าตามความต้องการของผู้ซื้อได้อย่างถูกต้อง และช่วยให้ผู้ใช้สามารถกำหนดราคาส่วนลดได้อย่างเหมาะสมตามราคาต้นทุนจริง ค่าความสัมพันธ์ในการซื้อสินค้าร่วมกัน ในช่วงต้นเดือนทั้งสามเดือน ได้ผลลัพธ์ของคู่สินค้าที่มีการซื้อสินค้าร่วมกันมากที่สุดในต้นเดือนที่หนึ่งคือ กระดาษA4 (P0011) และไม้บรรทัด (P0017) ต้นเดือนที่สองคือ ปากกาลบคำผิด (P0001) กับยางลบ (P0015) และต้นเดือนที่สามคือ แฟ้ม (P0016) กับเทปใส (P0019) โดยมีความสัมพันธ์ในช่วงต้นเดือนที่หนึ่งเท่ากับ 0.6324 ต้นเดือนที่สองเท่ากับ 0.9476 และต้นเดือนที่สามเท่ากับ 0.9476 เมื่อทำการประมาณค่าค่าความสัมพันธ์ในปลายเดือนทั้งสามเดือน ได้ค่าความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นเดือนที่หนึ่งเท่ากับ 0.8911 เดือนที่สองเท่ากับ 0.9271 และเดือนที่สามเท่ากับ 0.9589 โดยมีกำไรขั้นต่ำร้อยละ 10 จากราคาต้นทุน ของคู่สินค้าที่ซื้อร่วมกันมากที่สุดในต้นเดือนที่หนึ่งคือ กระดาษA4 (P0011) และไม้บรรทัด (P0017) เท่ากับ 13.8 บาท ต้นเดือนที่สองคือ ปากกาลบคำผิด (P0001) กับยางลบ (P0015) เท่ากับ 7.2 บาท และต้นเดือนที่สามคือ แฟ้ม (P0016) กับเทปใส (P0019) เท่ากับ 8.5 บาท

คำสำคัญ: *การส่งเสริมการขาย, การตลาดแบบเจาะจงลูกค้ารายบุคคล, การเรียนรู้ด้วยเครื่องจักร*

Abstract

Today business competition rates tend to be high in every business. One of the most common forms of competition is the use of sales promotions. Sales promotion is very important in business operations. Therefore, sale promotion activities must be consistent with the needs of consumers in order to achieve the objectives. The interesting and popular method is Personalization. By surveying and collecting customer behavior for analysis and design of sales promotion according to customer needs. In this research, the algorithm was implemented Collaborative filtering, which is one of the tools. That is considered as machine learning that

helps to create patterns of introducing products according to customer buying behavior for analysis of sales promotion according to customer needs. In this research found that the describe the trend of ordering products at the end of the three months show the need to buy products in each month. That the promotion should be made for any product at the end of that month. As well as allowing users or shop owners to set discounts on product promotions according to the needs of the buy correctly and allows users to set the discount price appropriately according to the actual cost price The value of the relationship in the purchase of goods at the beginning of the three months, The result of the pair of products with the most common purchases in the first month is A4 paper (P0011) and ruler (P0017) The second month is the Correction Pen (P0001) with the eraser (P0015) The third is a file folder (P0016) and sticky tape (P0019) with the relationship at the beginning of the first month equal to 0.6324, at the beginning of the second month equal to 0.9476, and the beginning of the third month equal to 0.9476. When estimating the relationship value at the end of the three months. The value of the first month increased by 0.8911, the second month was 0.9271, and the third month was 0.9589 with a minimum profit of 10 percent of the cost price. The most common product purchased in the first month is A4 paper (P0011) and ruler (P0017) equal to 13.8 baht. The second month is the correction pen (P0001) and the eraser (P0015) equal to 7.2 baht. The third month is a file folder (P0016) and the sticky tape (P0019) is 8.5 baht.
Keywords: *sale promotion, marketing personalization, machine learning*

บทนำ

ในปัจจุบันอัตราการแข่งขันทางธุรกิจมีแนวโน้มค่อยข้างสูงในทุกธุรกิจ หนึ่งในรูปแบบการแข่งขันที่พบเห็นได้มากที่สุดคือการใช้การส่งเสริมการขาย ซึ่งเป็นการจูงใจที่เสนอคุณค่าพิเศษ หรือการจูงใจผลิตภัณฑ์แก่ผู้บริโภค เพื่อกระตุ้นให้เกิดการซื้อโดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อการดึงลูกค้าใหม่ การรักษาลูกค้าเดิม และการส่งเสริมลูกค้าให้ซื้อสินค้าในปริมาณมาก การส่งเสริมการขายจึงเป็นกิจกรรมทางการตลาดที่ช่วยดึงดูดความสนใจ [(1)]

การส่งเสริมการขายมีความสำคัญทางด้านการดำเนินธุรกิจเป็นอย่างมาก ดังนั้นการจัดกิจกรรมส่งเสริมการขายจึงต้องสอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยวิธีการที่น่าสนใจและได้รับความนิยม คือการตลาดแบบเจาะจงลูกค้ารายบุคคล (marketing personalization) โดยการสำรวจและเก็บพฤติกรรมของลูกค้าเพื่อนำมาวิเคราะห์และออกแบบการส่งเสริมการขายตามความต้องการของลูกค้า จากสถิติอ้างว่าการทำการตลาดแบบเจาะจงลูกค้ารายบุคคลช่วยเพิ่มกำไรอีกร้อยละ 15 สำหรับแบรนด์ที่สามารถทราบถึงต้องการของลูกค้าได้อย่างแท้จริง โดยส่วนมากกการที่จะสำรวจและเก็บพฤติกรรมของลูกค้าที่มีจำนวนมากในแต่ละวันจำเป็นต้องมีเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล [(2)]

การเรียนรู้ของเครื่อง (machine learning) เป็นเทคโนโลยีที่มีศักยภาพมากพอที่จะทำการวิเคราะห์และประมวลผลตามความต้องการได้ โดย การเรียนรู้ของเครื่องจะทำการเรียนรู้ข้อมูลและพฤติกรรมที่เคยเกิดขึ้นแล้วทำการประมาณการณ์ผลจากชุดข้อมูลที่ได้ทำการเรียนรู้มา ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการนำอัลกอริทึมชื่อ คอลาบอราทีฟ ฟิตเทอร์ริง (Collaborative filtering) ซึ่งเป็นหนึ่งในเครื่องมือที่จัดว่าเป็น การเรียนรู้ของเครื่อง ที่ช่วยสร้างรูปแบบในการแนะนำสินค้าตามพฤติกรรมการซื้อของลูกค้า เพื่อนำมาช่วยในการวิเคราะห์พฤติกรรมและช่วยสร้างการส่งเสริมการขาย ให้ตรงตามความต้องการของลูกค้าอย่างแท้จริง [(3)]

วัตถุประสงค์

1) เพื่อช่วยตัดสินใจในการจัดทำการส่งเสริมการขายของธุรกิจเอสเอ็มอี

2) เพื่อใช้การเรียนรู้ของเครื่องในการหาสินค้าที่มีความสัมพันธ์กันมากที่สุดในแต่ละเดือน

3) เพื่อแจ้งส่วนลดสูงสุดที่สามารถจัดทำโปรโมชั่นออกมาในรูปแบบของร้อยละ

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การส่งเสริมการขาย (Sale Promotion) หมายถึง กิจกรรมการส่งเสริมการตลาดที่นอกเหนือไปจากการโฆษณา การตลาดทางตรง การขายโดยใช้พนักงานขาย และการประชาสัมพันธ์ ที่จัดขึ้นเป็นครั้งคราวเพื่อกระตุ้นผู้บริโภคหรือลูกค้าให้เกิดความสนใจผลิตภัณฑ์สินค้าหรือบริการขององค์กร [4]

การตลาดแบบเจาะจงลูกค้ารายบุคคล หมายถึง ระบบความเป็นส่วนตัว ซึ่งก็คือ กระบวนการนำเสนอเนื้อหาหรือบริการและสินค้า โดยพิจารณาจากลักษณะพฤติกรรมของผู้ใช้บริการ [5]

การเรียนรู้ของเครื่อง หมายถึง การที่เครื่องเรียนรู้การตัดสินใจหรือการคาดการณ์ในลักษณะที่คล้ายกับการตัดสินใจหรือคาดการณ์ของมนุษย์ ถูกใช้งานเสมือนเป็นสมองของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) อาจพูดได้ว่า AI ใช้ Machine Learning ในการสร้างความฉลาด มักจะใช้เรียกโมเดลที่เกิดจากการเรียนรู้ของปัญญาประดิษฐ์ ไม่ได้เกิดจากการเขียนโดยใช้มนุษย์ มนุษย์มีหน้าที่เขียนโปรแกรมให้ AI (เครื่อง) เรียนรู้จากข้อมูลเท่านั้น ที่เหลือเครื่องจัดการเอง Machine Learning เรียนรู้จากสิ่งที่ส่งเข้าไปกระตุ้น แล้วจดจำเอาไว้เป็นมันสมอง ส่งผลลัพธ์ออกมาเป็นตัวเลข หรือ code ที่ส่งต่อไปแสดงผล หรือให้เจ้าตัว AI นำไปแสดงการกระทำ Machine Learning เองสามารถเอาไปใช้งานได้หลายรูปแบบ ต้องอาศัยกลไกที่เป็นโปรแกรม หรือเรียกว่าอัลกอริทึม หนึ่งในอัลกอริทึมที่ได้รับความนิยมสูง คือ Deep Learning ซึ่งถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย และประยุกต์ใช้ได้หลายลักษณะงาน [6]

ฟังก์ชันหาความสัมพันธ์ หมายถึง อัลกอริทึมที่ใช้ในการสร้าง Patterns หรือ Rules ในการแนะนำสินค้า ซึ่งแบ่งได้ง่ายๆ เป็น 2 แบบ คือ User-Based Filtering เป็นการแนะนำโดยหาลูกค้าที่พฤติกรรมเหมือนกัน และ Item-Based Filtering เป็นการแนะนำโดยหาสินค้าที่ถูกซื้อด้วยลูกค้ากลุ่มเดียวกัน [7]

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การสร้างแบบจำลองการขายผลิตภัณฑ์ และพยากรณ์ยอดขายประกันชีวิต โดยเทคนิคการทำเหมืองข้อมูล ตามกรอบ CRISP-DM (Cross Industry Standard Process for Data-Mining) โดยการสร้างแบบจำลองการแบ่งกลุ่ม (Clustering) ด้วยวิธี Simple K-Means เพื่อใช้ในการจัดกลุ่มลูกค้าที่ซื้อกรมธรรม์ประกันชีวิต จากนั้นจึงสร้างแบบจำลองการหาความสัมพันธ์ ด้วยวิธี Apriori เพื่อใช้หาความสัมพันธ์ของการซื้อผลิตภัณฑ์กับลูกค้าแต่ละกลุ่ม และนำตัวแบบ (Model) ที่ได้จากการวิเคราะห์มาออกแบบกิจกรรมส่งเสริมการตลาดของผลิตภัณฑ์ และบริการให้มีความเหมาะสมกับลักษณะของลูกค้า [8]

พฤติกรรมการซื้อสินค้าและบริการออนไลน์แบบร่วมกลุ่มกันซื้อบนเว็บไซต์ ENSOGO ของลูกค้าในเขตกรุงเทพมหานคร จำแนกตามข้อมูลลักษณะประชากรศาสตร์ได้แก่ เพศ อายุ อาชีพ รายได้ ระดับการศึกษาตลอดจนศึกษาส่วนประสมทางการตลาดบริการสามารถทำนายพฤติกรรมการซื้อสินค้าและบริการออนไลน์แบบรวมกลุ่มกันซื้อบนเว็บไซต์ ENSOGO ของลูกคาในเขตกรุงเทพมหานคร และศึกษาการสื่อสารการตลาดแบบครบวงจรสามารถทำนายพฤติกรรมการซื้อสินค้าและบริการออนไลน์แบบร่วมกลุ่มกันซื้ออบนเว็บไซต์ ENSOGO ของลูกค้าในเขตกรุงเทพมหานคร (9)

การลดราคาและแถมสินค้าแบบเดียวกัน เป็นการส่งเสริมการขายที่ทั้งผู้บริโภคและผู้บริหารมีความพึงพอใจในระดับสูงที่สุด แต่อย่างไรก็ดี ไม่มีการส่งเสริมการขายรูปแบบใดเลยที่ไม่มีข้อเสียในการใช้จูงใจผู้บริโภคและการบริหารจัดการ ผู้บริโภคมีความพึงพอใจในระดับปานกลางต่อโปรแกรมสร้างความซื่อสัตย์โดยสรุปจากทัศนคติที่มีต่อราคาสมาชิก คูปองเงินสดหรือบัตรกำนัล และคูปองส่วนลด ในขณะที่ผู้บริหารให้ความสำคัญโปรแกรมนี้มาก ผู้บริโภคมีความพึงพอใจในระดับต่ำต่อชิงโชค จัดเทศกาลและกิจกรรมร่วมกับคนดัง ในขณะที่ผู้บริหารเห็นด้วยในบางกรณีเพราะการส่งเสริมการขายกลุ่มนี้มีประสิทธิภาพในร้านค้าปลีกบางประเภทและสำหรับการเข้าถึงกลุ่มเป้าหมายเฉพาะกลุ่ม (10)

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ทางคณะผู้วิจัยจะพัฒนาระบบการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อช่วยตัดสินใจในการจัดทำการส่งเสริมการขายของธุรกิจเอสเอ็มอี (IDs) เพื่อในการแนะนำสินค้าตามพฤติกรรมการซื้อของลูกค้า ช่วยสร้างการส่งเสริมการขาย ให้ตรงตามความต้องการของลูกค้า โดยมีรายละเอียดของเครื่องมือและการดำเนินงานดังนี้

เครื่องมือและอุปกรณ์

ตารางที่ 1 เครื่องมือและอุปกรณ์

No ลำดับ	Tool & Technologies (เครื่องมือและเทคโนโลยี)	Type (ประเภท)	Detail (รายละเอียด)
1	MySQL - Workbeach	BACK-END	ออกแบบและสร้าง ER- Diagram
2	MySQL - Database	BACK-END	สร้าง Database จัดเก็บข้อมูล
3	Xampp	BACK-END	บริการ Web Service จำลอง Web Service
4	Bootstrap/JavaScript	FRONT-END	ใช้สร้างหน้าเว็บ
5	Python 5.1 pandas 5.2 seaborn 5.3 matplotlib 5.4 Cosine similarity 5.5 network 5.6 pymysql 5.7 mysql.connector	BACK-END	โปรแกรมพัฒนาบน Web browser ภาษาที่ใช้เขียนและ library 5.1 จัดการข้อมูล 5.2 ใช้สร้างกราฟ 5.3 ใช้สร้างกราฟ 5.4 ใช้ดูค่าความสัมพันธ์ 5.5 ใช้สร้างกราฟแสดงค่าความสัมพันธ์แบบเกี่ยวเนื่อง 5.6 ใช้ในการเชื่อมต่อฐานข้อมูลและอ่านข้อมูลจากฐานข้อมูล 5.7 ใช้ในการเชื่อมต่อฐานข้อมูลและนำข้อมูลเข้า

การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

ขั้นตอนที่ 1 การวางแผน (Planning) คณะผู้วิจัยได้ทำวางแผน การพัฒนาระบบการเรียนรู้ของเครื่องสำหรับการตัดสินใจของธุรกิจเอสเอ็มอี โดยการทำสปรินท์ (Sprint) แบ่งออกเป็น 3 สปรินท์

ในสปรินท์ที่ 1 วางแผนเกี่ยวกับการรวบรวมข้อมูล ดูค่าที่สูญหายแล้ว ได้ทำการสร้าง ER- Diagram และกำหนดตัวแปร ส่วนการทำ Machine Learning วางแผนเลือกใช้ Library จากนั้นเลือกตัวแปรที่นำใช้วิเคราะห์จากข้อมูลที่ได้ มาหาค่าความสัมพันธ์ การเชื่อมโยงข้อมูล นำข้อมูลเชื่อมฐานข้อมูลและตรวจสอบความถูกต้อง ส่วนหน้าเว็บ ออกแบบหน้าสมัครสมาชิกและกรอกข้อมูลสินค้า ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงการวางแผนการทำงานสปรินท์ที่ 1

ขั้นตอน	รายละเอียด
1. เก็บรวบรวมข้อมูล	1.1 รวบรวมข้อมูลสินค้า เพื่อเลือกตัวแปรที่จะนำมาคำนวณ โดยใช้ จำนวนในการซื้อสินค้า รหัสสินค้า 1.2 รวบรวมข้อมูลสมาชิก เพื่อเลือกตัวแปรที่จะนำมาคำนวณ โดยใช้ รหัสของลูกค้า
2. ฐานข้อมูล	2.1 สร้างฐานข้อมูล 2.1.1 กำหนดตัวแปร 2.1.2 กำหนดความสัมพันธ์ของตารางฐานข้อมูล 2.2 สร้างพจนานุกรมข้อมูล (Data Dictionary)
3. การเรียนรู้ของเครื่อง	3.1 วิเคราะห์ข้อมูล 3.1.1 วางแผนเลือกใช้ชุดคำสั่งโปรแกรม 3.1.2 กำหนดตัวแปรที่นำมาใช้สร้างข้อมูล 3.1.3 ใช้ชุดคำสั่งโปรแกรม pandas ในการอ่านข้อมูล 3.1.4 เลือกตัวแปรในการคำนวณหาค่าความสัมพันธ์ (Cosine Similarity)
4. สร้างเว็บไซต์	4.1 สร้างหน้าหลัก 4.1.1 ออกแบบหน้าหลัก 4.1.2 พัฒนาส่วนแสดงผล ส่วนเพิ่มข้อมูล และส่วนข้อมูลส่วนตัว 4.2 สร้างหน้าลงทะเบียนเข้าใช้

ในสปรินท์ที่ 2 เตรียมข้อมูลเข้าฐานข้อมูล นำข้อมูลเข้าฐานข้อมูล ส่วนการทำ Machine Learning นั้น ได้สร้างกราฟและดูความสัมพันธ์ของสินค้า ในหน้าเว็บ แสดงกราฟในรูปแบบต่าง ๆ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงการวางแผนการทำงานสปรินท์ที่ 2

ขั้นตอน	รายละเอียด
1. เก็บรวบรวมข้อมูล	1.1 เตรียมข้อมูลจากการรวบรวมข้อมูลสมาชิกจากสปรินท์ที่ 1 นำเข้าฐานข้อมูล 1.2 เตรียมข้อมูลจากการรวบรวมข้อมูลสินค้าจากสปรินท์ที่ 1 นำเข้าฐานข้อมูล
2. ฐานข้อมูล	2.1 นำเข้าแบบจำลองที่ใช้อธิบายโครงสร้างของฐานข้อมูล และจัดการข้อมูล (CRUD) 2.2 สร้างความปลอดภัย โดยการสำรองข้อมูล (Backup) และกู้คืนข้อมูล (Recovery)
3. การเรียนรู้ของเครื่อง	3.1 ใช้ชุดคำสั่งโปรแกรม Seaborn ในการกำหนดกราฟเพื่อดูการกระจายข้อมูล 3.2 ใช้ชุดคำสั่งโปรแกรม Cosine Similarity ในการหาค่าความสัมพันธ์
4. สร้างเว็บไซต์	4.1 เพิ่มส่วนหน้าหลัก จากสปรินท์ที่ 1 4.1.1 แสดงข้อมูลยอดขายประจำเดือน และแสดงข้อมูลยอดขายประจำสัปดาห์ 4.1.2 แสดงรายละเอียดข้อมูลสินค้า 4.2 เพิ่มหน้าลงทะเบียนเข้าใช้ 4.2.1 ให้สิทธิ์การเข้าถึง 4.2.2 เพิ่มการออกจากระบบ

ในสปรินท์ที่ 3 ทำฟังก์ชันสินค้าที่ได้รับความนิยม ทำโปรโมชั่นสินค้าแล้วนำเข้าฐานข้อมูล หลังจากนั้นแสดงหน้าเว็บ ดังตารางที่ 4

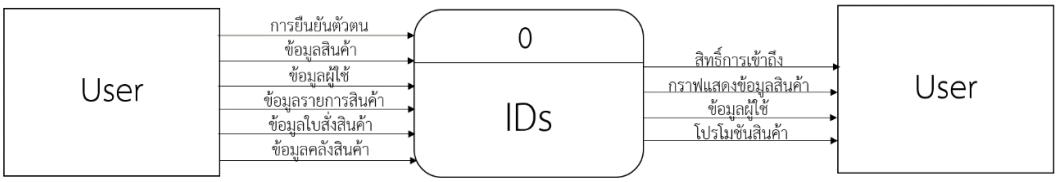
ตารางที่ 4 แสดงการวางแผนการทำงานสปรินท์ที่ 3

ขั้นตอน	รายละเอียด
1. การเรียนรู้ของเครื่อง	1.1 คำนวณโปรโมชั่น จากค่าความสัมพันธ์ในสปรินท์ที่ 2 1.1.1 สร้างฟังก์ชันเพื่อคำนวณหาสินค้าที่ได้รับความนิยมมากที่สุด 1.1.2 ดึงข้อมูลสินค้าที่มีสัมพันธ์มากที่สุดและคำนวณต้นทุนราคาที่ควรจะตั้งโปรโมชั่น 1.1.3 รับกำไรที่ผู้ใช้ต้องการเป็นร้อยละ เพื่อคำนวณราคาโปรโมชั่น
2. เชื่อมโยงแพลตฟอร์ม	2.1 เชื่อมโยงข้อมูล 2.1.1 เชื่อมโยงข้อมูลจากฐานข้อมูลเพื่อนำมาสร้างโมเดล 2.1.2 นำข้อมูลจากการสร้างโปรโมชั่นเก็บลงในฐานข้อมูล และแสดงผลหน้าเว็บไซต์
3. สร้างเว็บไซต์	3.1 เพิ่มส่วนหน้าหลักจากสปรินท์ที่ 2 3.1.1 แสดงข้อมูลสินค้าที่มีความสัมพันธ์สัมพันธ์มากที่สุดและแสดงโปรโมชั่น

ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์ (Analyze)

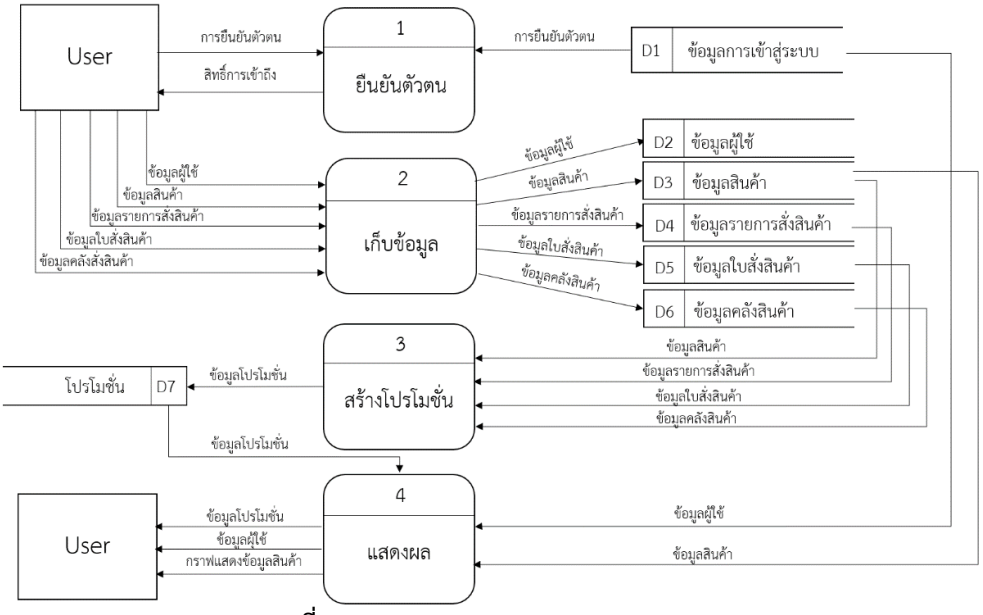
Context diagram

Context diagram ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 Context diagram ระบบ IDs

Data flow diagram ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 Data flow diagram ระบบ IDs

ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบ (Design)

ออกแบบฐานข้อมูล (Database)

1) สร้างพจนานุกรมข้อมูล

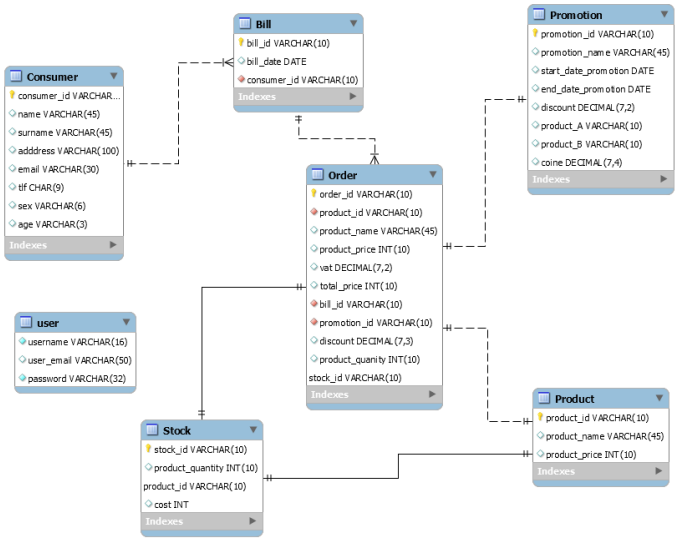
2) สร้างตารางข้อมูล โดยใช้โปรแกรม MySQL Workbeach ในการสร้างตาราง ตัวแปร กำหนดความยาวของตัวแปร และกำหนดคีย์

3) สร้างโครงสร้างของฐานข้อมูล ดังภาพที่ 3

4) ส่งออกโครงสร้างของฐานข้อมูลไปยัง ภาษา SQL

5) นำคำสั่งภาษา SQL ที่ได้มาลงในฐานข้อมูล

6) นำข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบไฟล์.csv ส่งเข้าไปยังฐานข้อมูล



ภาพที่ 3 ER-Diagram

ออกแบบเว็บไซต์

1) ใช้ Bootstrap ในการสร้างเว็บ โดยดาวน์โหลดธีมเพื่อใช้งานในออกแบบหน้าเว็บ โดยใช้ Frontend Framework ที่รวม HTML, CSS และ JS เข้าด้วยกันสำหรับพัฒนาเว็บไซต์



ภาพที่ 4 การสร้างเว็บโดยใช้โปรแกรม Bootstrap

ขั้นตอนที่ 4 พัฒนาโปรแกรม (Develop)

การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine learning)

1) ออกแบบและวางแผนเพื่อเลือก library ในการจัดการข้อมูล

2) ดาวน์โหลด library ในการจัดการข้อมูล

3) ดึงข้อมูลมาจากฐานข้อมูล ตัวอย่างข้อมูลสินค้า ดังภาพที่ 5

product_id	product_name	product_price
P0001	ปากกาลบคำผิด	62
P0002	ปากกาไวท์บอร์ด	19
P0003	เทปลบคำผิด	46
P0004	ดินสอเขียนกระจก	40
P0005	เครื่องเหลาดินสอ	149
P0006	ปากกาเน้นข้อความ	25
P0007	ดินสอสีไม้	59
P0008	พู่กัน	67
P0009	ดินสอ	10
P0010	เครื่องคิดเลข	199

product_id	product_name	product_price
P0011	กระดาษA4	118
P0012	ปากกาน้ำเงิน	15
P0013	กรรไกร	39
P0014	เครื่องเย็บกระดาษ	59
P0015	ยางลบ	10
P0016	แฟ้ม	79
P0017	ไม้บรรทัด	20
P0018	กาวน้ำ	29
P0019	เทปใส	6
P0020	ปากกาเพ้นท์	59

4) ตรวจสอบค่าสูญหาย และเติมค่าที่เหมาะสม

5) ตรวจสอบค่าแต่ละตัวแปรโดยการสร้างกราฟ

6) นำตารางใบสั่งกับตารางการสั่งสินค้ามารวมกัน โดยใช้คำสั่ง join

7) สร้างตารางเมทริกซ์ ด้วยตัวแปร จำนวนสินค้าที่ขาย รหัสลูกค้า รหัสสินค้า และนำข้อมูลเมทริกซ์จัดเก็บในรูปแบบดาต้าเฟรม

8) ทำการคำนวนหาค่าความสัมพันธ์ด้วยฟังก์ชัน cosine similarities ของครึ่งเดือนแรกเพื่อค้นหาสินค้าที่มีความสัมพันธ์กันมากที่สุดก่อนที่จะนำไปคำนวนหาโปรโมชัน ดังภาพที่ 6

	P0001	P0002	P0003	P0004	P0005	P0006	P0007	P0008	P0009	P0010	P0011	P0012	P0013	P0014	
P0001	1	0.158114	0.125	0.25	0.316228	0.125	0.353553	0.288675	0.408248	0.25	0.316228	0.353553	0	0.408248	0.4
P0002	0.158114	1	0.158114	0	0.4	0.158114	0.223607	0.182574	0	0	0	0.447214	0	0.258199	
P0003	0.125	0.158114	1	0	0	0	0	0.288675	0	0.25	0	0.176777	0	0.204124	0.2
P0004	0.25	0	0	1	0.316228	0	0	0	0	0.5	0	0	0.353553	0	
P0005	0.316228	0.4	0	0.316228	1	0.316228	0	0.182574	0	0.316228	0	0.447214	0	0.258199	
P0006	0.125	0.158114	0	0	0.316228	1	0	0	0.408248	0	0	0.176777	0.176777	0.204124	
P0007	0.353553	0.223607	0	0	0	0	1	0.204124	0	0	0.223607	0.25	0	0	0.2
P0008	0.288675	0.182574	0.288675	0	0.182574	0	0.204124	1	0.235702	0	0.365148	0.204124	0	0	
P0009	0.408248	0	0	0	0	0.408248	0	0.235702	1	0	0.516398	0	0	0	0.2
P0010	0.25	0	0.25	0.5	0.316228	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0.2
P0011	0.316228	0	0	0	0	0	0.223607	0.365148	0.516398	0	1	0	0	0	
P0012	0.353553	0.447214	0.176777	0	0.447214	0.176777	0.25	0.204124	0	0	0	1	0	0.288675	0.2
P0013	0	0	0	0.353553	0	0.176777	0	0	0	0	0	0	1	0	
P0014	0.408248	0.258199	0.204124	0	0.258199	0.204124	0	0	0	0	0	0.288675	0	1	0.4
P0015	0.433013	0	0.288675	0	0	0	0.204124	0	0.235702	0.288675	0	0.204124	0	0.471405	
P0016	0	0	0.176777	0	0	0	0	0	0	0.353553	0	0	0.5	0.288675	0.4
P0017	0.25	0	0	0	0	0	0	0.288675	0.408248	0	0.632456	0	0.353553	0	
P0018	0.5	0	0.25	0.5	0.316228	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0.408248	0.2
P0019	0.25	0	0.25	0	0.158114	0.125	0	0.433013	0.408248	0	0.632456	0	0	0	0.1

ภาพที่ 6 cosine similarities

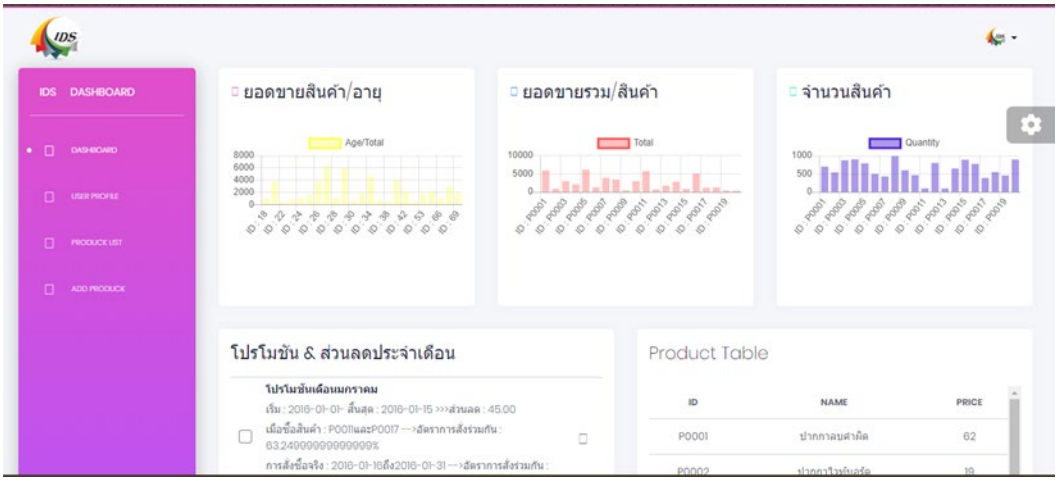
9) ทำฟังก์ชันโปรโมชันจากคู่รายการสินค้าที่มีความสัมพันธ์กันสูงสุดด้วยค่าจากตัวแปร ต้นทุน ราคาขาย ชื่อสินค้า พร้อมทั้งคำนวณหาส่วนลดสูงสุด ที่สามารถใช้ในการจัดทำโปรโมชัน

ขั้นตอนที่ 5 การใช้งาน (Deploy)

1 ก่อนที่จะใช้งาน ผู้ใช้งานจำเป็นต้องทำการสมัครขอรับรหัสผ่านเพื่อเข้าใช้งานจากบริษัท IDs เว็บไซต์

2 เข้าไปที่เว็บไซต์ www.ids.com เพื่อกรอกข้อมูล Username และ Password เพื่อเข้าใช้งานระบบ

3 จากนั้นจะเข้ามาในหน้าแรก ซึ่งเป็นหน้าหลักของระบบ ที่แสดงข้อมูลต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น การแสดงรายการสินค้า กราฟแสดงสถิติทางสินค้า โปรโมชั่นสินค้าและข้อมูลอื่น ๆ ของระบบดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 หน้าการแสดงผล

4 ลูกค้าสามารถเพิ่มสินค้าด้วยกดปุ่มเมนูเพิ่มสินค้า ข้อมูลสินค้าบางส่วนถูกนำมาแสดงผลเป็นกราฟทางสถิติ

5 การกรอกข้อมูลและอัพเดทข้อมูลของลูกค้า ทำได้ด้วยการกดเมนูที่ปุ่ม Profile โดยสามารถเพิ่มลูกค้า ได้โดยตัวผู้ใช้เอง

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัยระบบการเรียนรู้ของเครื่องสำหรับการตัดสินใจของธุรกิจเอสเอ็มอี โดยใช้ข้อมูลรหัสสินค้า รหัสลูกค้า และจำนวนการซื้อสินค้าด้วยอัลกอรึทึม Collaborative filtering

ในช่วงเดือนที่หนึ่งค่าความสัมพันธ์ในการซื้อสินค้าร่วมกัน ในช่วงต้นเดือน ได้ผลลัพธ์ของคู่สินค้าที่มีการซื้อสินค้าร่วมกันมากที่สุดคือ กระดาษA4 (P0011) และไม้บรรทัด (P0017) ซึ่งค่าความสัมพันธ์ที่ได้จะถูกนำไปประมาณการการส่งเสริมการขายในช่วงปลายเดือน โดยมีความสัมพันธ์เท่ากับ 0.6324 เมื่อทำการประมาณค่าค่าความสัมพันธ์ในปลายเดือนที่หนึ่ง พบว่าคู่สินค้าที่มีการสั่งซื้อสูงสุดยังคงเป็น กระดาษA4 (P0011) และไม้บรรทัด (P0017) โดยมีความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นเป็น 0.8911 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการประมาณค่าจากข้อมูลในช่วงต้นเดือนสามารถอธิบายแนวโน้มว่าสินค้าคู่ใดจะมีค่าความสัมพันธ์ในการซื้อสินค้าร่วมกันในช่วงปลายเดือนได้อย่างถูกต้อง โดยค่าความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นถึง 1.4 เท่า

ค่าความสัมพันธ์ในการซื้อสินค้าร่วมกัน ในช่วงต้นเดือนที่สองและสาม ได้ผลลัพธ์ของคู่สินค้าที่มีการซื้อสินค้าร่วมกันมากที่สุดคือ ปากกาลบคำผิด (P0001) กับยางลบ (P0015) และ แฟ้ม (P0016) กับเทปใส (P0019) โดยมีความสัมพันธ์เท่ากับ 0.9476 และ 0.9476 ตามลำดับ เมื่อทำการประมาณค่าค่าความสัมพันธ์ในปลายเดือนที่สองและสาม ได้ค่าความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นเป็น 0.9271 และ 0.9589 ตามลำดับและมีอัตราค่าความสัมพันธ์ในการสั่งซื้อสินค้าร่วมกันของทั้งสามเดือนเพิ่มขึ้น เฉลี่ย 1.19 เท่า

นอกจากนี้โปรแกรมยังสามารถแจ้งส่วนลดสูงสุดที่สามารถจัดทำโปรโมชั่นออกมาในรูปแบบของร้อยละ ที่สามารถลดได้มากที่สุด โดยถึงแม้ว่าจะใช้ส่วนลดตามที่โปรแกรมคำนวน เจ้าของร้านค้าหรือผู้ใช้ยังคงได้รับกำไรขั้นต่ำร้อยละ 10 จากราคาต้นทุนของสินค้าคู่นั้น ๆ

สรุป

จากผลการวิจัยระบบการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อช่วยตัดสินใจในการจัดทำการส่งเสริมการขายของธุรกิจเอสเอ็มอี ซึ่งแสดงค่าความสัมพันธ์ของคู่สินค้าที่มีแนวโน้มในการสั่งซื้อสินค้าร่วมกันในช่วงต้นเดือนของทั้งสามเดือน สามารถอธิบายแนวโน้มการสั่งซื้อสินค้าในช่วงปลายเดือนของทั้งสามเดือนได้ถูกต้อง ช่วยให้ทราบถึงความต้องการการซื้อสินค้าในแต่ละช่วงเดือน ว่าควรจะจัดทำโปรโมชั่นให้กับสินค้าคู่ใดและในช่วงปลายเดือนนั้น ๆ พร้อมทั้งช่วยให้ผู้ใช้หรือเจ้าของร้านค้าสามารถกำหนดส่วนลดในโปรโมชั่นของสินค้าตามความต้องการของผู้ซื้อได้อย่างถูกต้อง และช่วยให้ผู้ใช้สามารถกำหนดราคาส่วนลดได้อย่างเหมาะสมตามราคาต้นทุนจริง

เอกสารอ้างอิง

1. ปิยพร อรุณเกรียงไกร. อีคอมเมิร์ซ 2017 สองยักษ์ใหญ่บุกอาเซียน ผู้ประกอบการไทยจะอยู่หรือตาย อะไรคือทางออก? [อินเตอร์เน็ต]. 2560 [เข้าถึงเมื่อ 5 มีนาคม 2562]. เข้าถึงได้จาก: https://themomentum.co/successful-feature-ecommerce-thai-trends-and-solutions-2017/
2. กาญจนรัตน์ รัตนสนธิ. การส่งเสริมการขาย (SALE PROMOTION) [อินเตอร์เน็ต]. 2557 [เข้าถึงเมื่อ 20 มีนาคม 2562]. เข้าถึงได้จาก: https://maymayny.wordpress.com/2014/12/05/บทที่-7-การส่งเสริมการขา/
3. ธนชาตย์ ฤทธิ์บำรุง. สร้าง Recommendation Engine จาก Collaborative Filtering [อินเตอร์เน็ต]. 2561 [เข้าถึงเมื่อ 12 มีนาคม 2562]. เข้าถึงได้จาก: https://medium.com/@thanachart.rit/สร้าง-recommendation-engine-collaborative-filtering-โดย-python-e81fbb774fc1
4. จุฬาลักษณ์ ตั้งรัตคณะ. ปัจจัยด้านการส่งเสริมการตลาดที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการซื้อสินค้าของผู้บริโภคที่ห้างสรรพสินค้าในเขตกรุงเทพมหานคร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ [อินเตอร์เน็ต]. กรุงเทพมหานคร; 2546 [เข้าถึงเมื่อ 12 มีนาคม 2562].
5. สิริภัทร์ โชติช่วง. (2548). การส่งเสริมการตลาดที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อสินค้าในห้างสรรพสินค้าท้องถิ่นของผู้บริโภคในเขตจังหวัดสงขลา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ [อินเตอร์เน็ต]. กรุงเทพมหานคร; 2548 [เข้าถึงเมื่อ 12 มีนาคม 2562].
6. มทนา วิบูลยเสข. Machine Learning คืออะไร? [อินเตอร์เน็ต]. 2561 [เข้าถึงเมื่อ 12 มีนาคม 2562]. เข้าถึงได้จาก: https://www.aware.co.th/machine-learning/
7. ธนชาตย์ ฤทธิ์บำรุง. สร้าง Recommendation Engine จาก Collaborative Filtering [อินเตอร์เน็ต]. 2559 [เข้าถึงเมื่อ 12 มีนาคม 2562]. เข้าถึงได้จาก: https://developers.ascendcorp.com/recommendation-engine-collaborative-filtering
8. นิสานันท์ พลอาสา. การสร้างแบบจาลองการขายผลิตภัณฑ์และพยากรณ์ยอดขายประกันชีวิต: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2558.
9. สุภาวรรณ ชัยทวีวุฒิกุล. พฤติกรรมการซื้อสินค้าและบริการออนไลน์แบบร่วมกลุ่มกันซื้อบนเว็บไซต์ ENSOGO ของลูกค้าในเขตกรุงเทพมหานคร [อินเตอร์เน็ต]. 2561 [เข้าถึงเมื่อ 12 มีนาคม 2562]. เข้าถึงได้จาก: http://thesis.swu.ac.th/swuthesis/Mark/Supawan_C.pdf

10. รติวัลย์ วัฒนสิน. การส่งเสริมการขายที่มีประสิทธิภาพในธุรกิจค้าปลีกสมัยใหม่ มุมมองของผู้บริโภคและผู้บริหาร [อินเตอร์เน็ต]. 2555 [เข้าถึงเมื่อ 12 มีนาคม 2562]. เข้าถึงได้จาก: https://www.tci-thaijo.org/index.php/sduhs/article/view/5066

[IT-O10] การสร้างออนโทโลยีแนะนำดนตรีบำบัดผู้ป่วยโรคซึมเศร้า

Process of Ontology Construction of Music Therapy Suggestion for Depression Patients

วราภรณ์ สุขสาร*, สุรินทร์ อุ่นแสน, และ เศรษฐพงศ์ วงษ์อินทร์
Waraporn Suksan*, Surin Aunsan, and Setthapong Wong-in
สาขาวิชานวัตกรรมดิจิทัลและวิศวกรรมซอฟต์แวร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: waraporn skn044@gmail.com*

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันพบว่ามีผู้ป่วยที่เป็นโรคภาวะซึมเศร้าเพิ่มขึ้นมาก การรักษาหรือบำบัดโรคซึมเศร้าสามารถทำได้หลากหลายวิธี ซึ่งหนึ่งในวิธีที่เป็นธรรมชาติ ได้แก่ การใช้ดนตรีบำบัด การใช้ดนตรีบำบัดนั้นจำเป็นต้องระบุประเภทดนตรี ซึ่งในปัจจุบันสามารถจำแนกได้หลายประเภท บางเพลงประกอบด้วยหลายประเภทในเพลงเดียวกัน ดังนั้นการนิยามดนตรีที่จะใช้ในการบำบัดจึงเป็นเรื่องซับซ้อน ออนโทโลยีเป็นแนวความคิดที่ใช้ในการอธิบายสิ่งต่าง ๆ ให้สามารถนิยามได้ชัดเจนยิ่งขึ้น สามารถลดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของผู้นำไปใช้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาออนโทโลยีแนะนำดนตรีบำบัดสำหรับผู้ป่วยโรคซึมเศร้าด้วยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหาจากทรัพยากรสารสนเทศที่เกี่ยวข้องโดยใช้ทฤษฎีการจัดหมวดหมู่ ขั้นตอนการวิจัยประกอบด้วย การระบุขอบเขตองค์ความรู้ การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง การกำหนดคลาส การระบุคุณสมบัติของคลาส การสร้างตัวอย่างข้อมูล การประเมินออนโทโลยี และการนำไปติดตั้งใช้งาน ผลการวิจัยพบว่า ออนโทโลยีแนะนำดนตรีบำบัดสำหรับผู้ป่วยโรคซึมเศร้าประกอบด้วยคลาส จำนวน 3 คลาส ได้แก่ คลาสดนตรี คลาสผู้ป่วย และคลาสประวัติการฟังเพลง แต่ละคลาสมีความสัมพันธ์กันเพื่อแสดงรายชื่อบทเพลง ผลการประเมินความเหมาะสมของออนโทโลยีโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่าอยู่ในเกณฑ์ ดี (IOC = 0.54) ออนโทโลยีแนะนำดนตรีบำบัดนี้จะเป็นแนวในการพัฒนาต่อยอดการสร้างกลไกหรือแอปพลิเคชันสมองกลที่สามารถแนะนำบทเพลงหรือดนตรีบำบัดสำหรับผู้ใช้ที่มีอาการโรคซึมเศร้า จากการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น ได้แก่ อายุ และเพศ รวมถึงวิเคราะห์บทเพลงบำบัดจากประวัติการฟังเพลง เพื่อจะได้แนวเพลงที่หลากหลายและมีความเหมาะสมกับผู้ใช้ที่มีภาวะโรคซึมเศร้าอย่างแท้จริง

คำสำคัญ: *ออนโทโลยี, ดนตรีบำบัด, โรคซึมเศร้า*

Abstract

At present, there are many patients with depression in Thailand. Treatment or treatment of this depression can be done in a variety of ways which one of the natural methods is using music therapy. The use of music therapy requires the identification of various types of music, some music can be identified in more than one type. Therefore, the definition of music used in therapy is quite complex and unclear. The ontology is a concept used to describe things that can be defined more clearly and reduce the semantic gap problem. The research purpose was to construct ontology of music therapy suggestion for depression patients. Ontology is created by analyzing the contents of information resources related grouping theory. Methodology of research is included domain determination, vocabulary definition, class and hierarchy definition, property definition, creating instances, ontology evaluation and implementation. The research result represented that ontology included 3 classes are music, patient and listening history. Class relation provided song lists under related music style. Result of reasonableness of ontology is good (IOC = 0.54). This ontology will provide guideline of machine learning development and artificial intelligence application for

suggesting song based on analytic music style automatically. The related factors for prediction are age, gender, symptom and history of listening music on the internet.

Keywords: *ontology, music therapy, major depressor disorder*

บทนำ

ภาวะซึมเศร้าเป็นการเปลี่ยนแปลงทางอารมณ์ที่ผิดปกติไปจากเดิมและเกิดขึ้นได้ในทุกเพศ ทุกวัย พบได้บ่อยเมื่อบุคคลต้องเผชิญกับการสูญเสียหรือเผชิญกับสิ่งที่ไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง ผู้ที่มีภาวะซึมเศร้าจะแสดงออกโดยการร้องไห้ ซึมเศร้า เบื่อหน่าย รู้สึกโดดเดี่ยว อ้างว้าง ชอบคิดวนเวียน ขาดสมาธิและสนใจสิ่งรอบข้างลดลง หากมีอาการดังกล่าวอย่างต่อเนื่องเรื้อรัง อาจส่งผลกระทบต่อร่างกาย เช่น อ่อนเพลีย ไม่มีแรง นอนไม่หลับ คิดฟุ้งซ่าน ความสามารถในการเข้าสังคม การทำงานหรือการเรียนบกพร่อง ความสนใจทางเพศน้อยลง เบื่ออาหาร น้ำหนักลด ท้องผูก ปวดศีรษะ รู้สึกมีคุณค่าในตนเองน้อยลง และมีความคิดด้านลบสูง หากภาวะซึมเศร้าไม่ได้รับการดูแลรักษาอย่างถูกต้องเหมาะสมจะมีความรุนแรงมากขึ้นจนกลายเป็นโรคซึมเศร้า ดังนั้นการป้องกันภาวะซึมเศร้าจึงเป็นสิ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่ง การป้องกันในระยะเริ่มแรกก่อนปรากฏอาการจะช่วยลดความรุนแรงจากภาวะซึมเศร้า โดยใช้วิธีการค้นหาและคัดกรองผู้ที่มีภาวะเสี่ยงต่อการเกิดภาวะซึมเศร้าและให้ความช่วยเหลืออย่างทันท่วงที แนวทางการจัดการกับภาวะซึมเศร้าโดยทั่วไป ได้แก่ การใช้ยา จิตบำบัด การบำบัดด้วยการแก้ปัญหา (Problem solving therapy) การบำบัดด้วยการปรับความคิดและพฤติกรรม (Cognitive behavior therapy) และวิธีการบำบัดทางเลือก การบำบัดทางเลือกที่ได้ผลในการลดภาวะซึมเศร้ามีหลายวิธี เช่น การปรึกษาเชิงพุทธจิตวิทยา ดนตรีบำบัด การบำบัดด้วยการระลึกถึงความหลัง (Reminiscence therapy) ศิลปะบำบัด และการออกกำลังกาย เป็นต้น ดนตรีบำบัดเป็นวิธีการบำบัดทางเลือกอย่างหนึ่งที่ไม่ใช้ยา สามารถใช้ได้กับผู้ที่มีภาวะซึมเศร้าทุกเพศทุกวัย สามารถประยุกต์ให้เข้ากับความสามารถของบุคคลได้ง่ายและเป็นสื่อในการเข้าถึงอารมณ์ ความรู้สึกหรือความทรงจำที่ถูกเก็บกดเอาไว้ให้ได้รับการปลดปล่อยออกมา [(1)]

ออนโทโลยี (Ontology) เป็นเทคโนโลยีด้านการพัฒนาภาษาเชิงความหมายสมัยใหม่ ซึ่งเป็นภาษาที่เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถนำไปประมวลผลได้ [(2)] การสร้างออนโทโลยีเป็นการสร้างฐานความรู้หรือขอบเขตของเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่สนใจและเป็นแนวความคิดที่ใช้ในการลดปัญหาการเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (Semantic gap problem) ของการนิยามความหมายของสิ่งต่าง ๆ ปัจจุบันออนโทโลยีถูกใช้ในการนิยามความหมายของสิ่งต่าง ๆ ที่ไม่สามารถหาคำนิยามที่ชัดเจนหรือไม่สามารถระบุหรือจำแนกให้ชัดเจนได้ เช่น การนิยามประเภทของเพลง ซึ่งถูกจำแนกออกเป็นหลายประเภท เช่น เพลงช้า เพลงบรรเลง และเพลงไทยเดิม เป็นต้น ประเภทของเพลงดังกล่าวอาจจะอยู่ในเพลงเพียงหนึ่งเพลง ซึ่งออนโทโลยีต้องมีความสามารถในการจำแนกประเภทเพลง การใช้งานร่วมกัน การนำข้อมูลกลับมาใช้ได้ การถ่ายทอดคุณสมบัติ และการแยกองค์ความรู้จากฐานข้อมูล โครงสร้างของออนโทโลยีประกอบไปด้วย การกำหนดนิยามความหมายหรือการอธิบายเรื่องราวโดยใช้แนวคิดหรือคลาส คุณสมบัติ ความสัมพันธ์ ตรรกะการแปลงความสัมพันธ์ และตัวอย่างข้อมูลหรือคำศัพท์ ออนโทโลยีถูกนำมาประยุกต์ใช้งานหลายได้ เช่น ระบบสืบค้นข้อมูล ระบบสกัดข้อสนเทศ ระบบสรุปเอกสาร ระบบจัดกลุ่มเอกสาร เป็นต้น จากแนวคิดดังกล่าวข้างต้น คณะผู้วิจัยได้นำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างออนโทโลยี เพื่อนิยามดนตรีและค้นหาดนตรีบำบัดโรคซึมเศร้า

งานวิจัยเรื่องการสร้างออนโทโลยีแนะนำดนตรีเพื่อการบำบัดโรคซึมเศร้า มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างออนโทโลยีสำหรับแนะนำดนตรีให้แก่ผู้ที่เป็นโรคซึมเศร้า ซึ่งการฟังดนตรีเป็นแนวทางหนึ่งในการบำบัดอาการซึมเศร้าควบคู่กับการรักษาด้วยวิธีการรับประทานยา การเลือกดนตรีสำหรับผู้ใช้ที่มีภาวะซึมเศร้าแต่ละรายไม่เหมือนกัน การสร้างออนโทโลยีเป็นเสมือนการสร้างตัวแบบหรือการให้นิยามลักษณะของดนตรีบำบัดหรือเพลงสำหรับผู้ป่วยโรคซึมเศร้า โดยขั้นตอนในการสร้างออนโทโลยีประกอบด้วย การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง การกำหนดคลาส การระบุคุณสมบัติของคลาส การสร้างตัวอย่างข้อมูล การประเมินออนโทโลยีโดยผู้เชี่ยวชาญ และการนำไปติดตั้งใช้งาน โดยการสร้างเป็นกลไกลสมองกลแนะนำเพลงที่เหมาะสมให้แก่ผู้ใช้ที่มีอาการ

ของโรคซึมเศร้า ซึ่งกลไกดังกล่าวอาจอยู่ในฟังก์ชันของโปรแกรมฟังเพลงหรือแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น เมื่อผู้ป่วยโรคซึมเศร้าได้ฟังเพลงที่มีความเหมาะสมกับอาการป่วยจะช่วยบำบัดอาการของโรคได้

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้กระบวนการสร้างออนโทโลยี 7 ขั้นตอน ของ Noy and McGuinness (อ้างใน จุฑาวรรณ สิทธิโชคสถาพร, 2555) โดยเพิ่มขั้นตอนประเมินออนโทโลยี (Evaluate Ontology) และนำไปใช้ (Implement) ดังนี้



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการสร้างออนโทโลยีแนะนำดนตรีเพื่อการบำบัดโรคซึมเศร้า

1. ระบุขอบเขตและวัตถุประสงค์ในการพัฒนา (Determine domain)

1.1 ขอบเขตของออนโทโลยี คือ องค์ความรู้เกี่ยวกับการแนะนำดนตรีเพื่อการบำบัดโรคซึมเศร้า

1.2 การศึกษาข้อมูลโรคซึมเศร้า ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัย ภาวะซึมเศร้าเป็นการเปลี่ยนแปลงทางอารมณ์ที่ผิดปกติไปจากเดิมและเกิดขึ้นได้ในทุกเพศ ทุกวัย พบได้บ่อยเมื่อบุคคลต้องเผชิญกับการสูญเสีย หรือเมื่อต้องเผชิญกับสิ่งที่ไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง มักแสดงออกให้เห็นโดยการร้องไห้ ซึมเศร้า เบื่อหน่าย โดดเดี่ยวอ้างว้าง คิดวนเวียน ขาดสมาธิและสนใจในสิ่งรอบข้างลดลง อาการดังกล่าวหากเป็นอย่างต่อเนื่องเรื้อรังอาจส่งผลกระทบต่าง ๆ ทางร่างกาย เช่นอ่อนเพลีย ไม่มีแรง นอนไม่หลับ คิดฟุ้งซ่านตลอดเวลา ความสามารถในการเข้าสังคม การทำงานหรือการเรียนบกพร่อง ความสนใจทางเพศน้อยลง เบื่ออาหาร น้ำหนักลด ท้องผูก ปวดศีรษะ ความรู้สึกมีคุณค่าในตนเองลดลง และมีความคิดด้านลบสูง (Beck & Alford, 2009) และหากภาวะซึมเศร้าไม่ได้รับการดูแลรักษาที่ถูกต้องเหมาะสมก็จะมีความรุนแรงมากขึ้นจนกลายเป็นโรคซึมเศร้า บางคนอาจเกิดความคิดฆ่าตัวตายได้ นำข้อมูลดังกล่าวมาเชื่อมโยงกับอายุ เพศ อาการป่วย และประวัติการฟังเพลง เพื่อใช้ในการออกแบบคลาสและความสัมพันธ์ระหว่างคลาส

1.3 การตั้งคำถาม การศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งคำถามเกี่ยวกับการค้นคืนสารสนเทศหรือโรคซึมเศร้า เมื่อผู้ใช้ระบุเพศ อายุ และความหนักเบาของอาการซึมเศร้า

2. กำหนดคำศัพท์สำคัญ (Define vocabulary)

คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับโรคซึมเศร้าที่ใช้ภายในออนโทโลยี ประกอบด้วย เพศ อายุ อาการป่วย ประเภทดนตรี ชื่อเพลง และวันเวลาในการฟังเพลง

3. กำหนดคลาสและลำดับของคลาส (Define class and hierarchy)

นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาและข้อมูลที่กำหนดให้เป็นเงื่อนไขในการสืบค้นข้อมูลมาสร้างคลาส ประกอบด้วย คลาสผู้ใช้ (User) คลาสประวัติการฟังเพลง (Listening history) คลาสโรคซึมเศร้า (MDD) คลาสดนตรี (Music) และคลาสเพลง (Song) ซึ่งมีความสำคัญตามลำดับ

4. ระบุคุณสมบัติของคลาสและค่าของคุณสมบัติ (Define properties of class)

การระบุคุณสมบัติของคลาสจะพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างคลาส (Object Properties) และคุณสมบัติของชนิดข้อมูล (Datatype Properties) (Vladimir Geroimenko et al., 2001) ซึ่งเป็นการระบุคุณสมบัติของคลาสในเชิงความหมาย นอกจากนั้นยังพิจารณาส่วนประกอบที่ต้องมีในตัวอย่างข้อมูล (Instance)

5. สร้างตัวอย่างข้อมูล (Create instance of a class)

การสร้างตัวอย่างข้อมูลใช้วิธีการเก็บข้อมูลจากประชากรและกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 คน ที่ได้มาจากการเลือกโดยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง ซึ่งผู้ใช้กรอกข้อมูลลงในแบบบันทึก ประกอบด้วย เพศ อายุ และอาการป่วย

6. ประเมินออนโทโลยี (Evaluate Ontology)

การประเมินออนโทโลยีสามารถทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับงานวิจัยนั้น ๆ มุ่งความสำคัญในแง่มุมใด เช่น การประเมินสมรรถภาพของตัวแบบ ซึ่งสามารถประเมินจากการเปรียบเทียบกับปัจจัยต่าง ๆ จากงานวิจัยของ Joe Raad และ Christophe Cruz ในการสำรวจเรื่องการประเมินประสิทธิภาพของออนโทโลยี โดยใช้การวัดความถูกต้อง(Accuracy) ความสมบูรณ์ (Completeness) ความรัดกุม(Conciseness) ความสามรถในการการปรับตัว(Adaptability) ความชัดเจน(Clarity) ความมีประสิทธิภาพการคำนวณ(Computational efficiency) และความมั่นคง(Consistency) เป็นปัจจัยที่ใช้เป็นตัววัดเพื่อประเมินประสิทธิภาพของออนโทโลยีนั้น ๆ ซึ่งในงานวิจัยนี้มีการมุ่งเน้นที่ผลของการประยุกต์ใช้ออนโทโลยีเพื่อเป็นแนวทางเลือกหนึ่งในการบำบัดผู้ป่วยโรคซึมเศร้า จึงมุ่งเน้นในการประเมินผลการใช้งาน[7]

ในการประเมินโครงสร้างของออนโทโลยีใช้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านออนโทโลยี จำนวน 1 คน จิตแพทย์ จำนวน 1 คน และ ผู้เชี่ยวชาญด้านดนตรี จำนวน 1 คน เก็บข้อมูลโดยใช้แบบประเมินโครงสร้างออนโทโลยีแนะนำดนตรีเพื่อการบำบัดโรคซึมเศร้า นำผลจากแบบประเมินมาคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC (Index of Item – Objective Congruence) โดยพิจารณาค่า IOC และปรับปรุงแก้ไขรายการตรวจสอบจนกระทั่งได้ผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจโดยใช้สูตรคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้องของคำถามแต่ละข้อกับวัตถุประสงค์ รายละเอียดการให้คะแนน มีดังต่อไปนี้

ผู้เชี่ยวชาญให้ช่องเหมาะสม	ได้คะแนนเท่ากับ	1 คะแนน
ผู้เชี่ยวชาญให้ช่องไม่เหมาะสม	ได้คะแนนเท่ากับ	-1 คะแนน
ผู้เชี่ยวชาญให้ช่องไม่แน่ใจ	ได้คะแนนเท่ากับ	0 คะแนน

เกณฑ์การผ่าน ต้องได้ค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$IOC = \frac{\sum R}{n}$$

7. นำไปใช้ (Implement)

ออนโทโลยีที่สร้างขึ้นจะถูกนำไปวิเคราะห์เพื่อวางแผนและออกแบบกลไกลสมองกลแนะนำเพลงที่เหมาะสมกับผู้ใช้ที่มีอาการโรคซึมเศร้า ซึ่งกลไกดังกล่าวอาจอยู่ในฟังก์ชันของโปรแกรมฟังเพลงหรือแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น หรือเป็นแนวทางการสร้างกลไกหรือแอปพลิเคชันลักษณะเดียวกันนี้กับอาการหรือโรคทางจิตเวชอื่น ๆ เช่น ความเครียด และไบโพล่า เป็นต้น

ผลการวิจัย

1. ผลการประเมินออนโทโลยีแนะนำดนตรีเพื่อการบำบัดโรคซึมเศร้าโดยผู้เชี่ยวชาญ

ผลการประเมินความสอดคล้องของออนโทโลยีและวัตถุประสงค์ โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน พบว่า ค่า IOC มีค่า 0.54 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ดี รายการประเมินด้านคุณสมบัติหรือคุณลักษณะของคลาสสามารถอธิบายลักษณะของคลาสและชื่อความสัมพันธ์มีความเหมาะสม อยู่ในระดับมากที่สุด (IOC = 1.00) และคลาสในออนโทโลยีมีความครอบคลุมในการจัดเก็บความรู้ น้อยสุด (-0.67) ทั้งนี้ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอการเกี่ยวกับการปรับปรุงออนโทโลยี ดังนี้

1) ตัดคลาสโรคซึมเศร้า (MDD) และคลาสเพลง (Song) ทิ้ง เนื่องจากมีแอทริบิวต์ซ้ำกับ คลาสผู้ใช้ (User) และคลาสดนตรี (Music) ตามลำดับ

2) ลบความสัมพันธ์แบบเป็นส่วนประกอบออก เนื่องจากลูกศรที่ใช้แสดงความสัมพันธ์มีการระบุทิศทาง โดยใช้หัวลูกศรอย่างชัดเจน

3) ลากความสัมพันธ์จากคลาสผู้ใช้มายังคลาสดนตรีโดยตรง โดยไม่ต้องเชื่อมโยงแอทริบิวต์

ตารางที่ 1 ผลการประเมินออนโทโลยีแนะนำดนตรีเพื่อการบำบัดโรคซึมเศร้าโดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่า	แปรผล
	1	2	3	IOC	
1. การจัดกลุ่มของคลาสภายในออนโทโลยีมีความเหมาะสม	1	0	0	0.33	ปรับปรุง
2. คลาสในออนโทโลยีมีความครอบคลุมในการจัดเก็บความรู้	0	-1	-1	-0.67	ปรับปรุง
3. ชื่อของคลาสภายในออนโทโลยีมีความเหมาะสมและสามารถสื่อความหมายได้เข้าใจ	0	1	1	0.67	ใช้ได้
4. คุณสมบัติหรือคุณลักษณะของคลาสสามารถอธิบายลักษณะของคลาสได้	1	1	1	1.00	ใช้ได้
5. ชื่อคุณสมบัติมีความเหมาะสม	1	1	0	0.67	ใช้ได้
6. ความสัมพันธ์ระหว่างคลาสมีความเหมาะสม	0	1	1	0.67	ใช้ได้
7. ชื่อความสัมพันธ์มีความเหมาะสม	1	1	1	1.00	ปรับปรุง
8. เนื้อหาภายในออนโทโลยีมีความเหมาะสม	1	1	0	0.67	ใช้ได้
รวม				0.54	ปรับปรุง

2. ออนโทโลยีแนะนำดนตรีบำบัดผู้ป่วยโรคซึมเศร้า

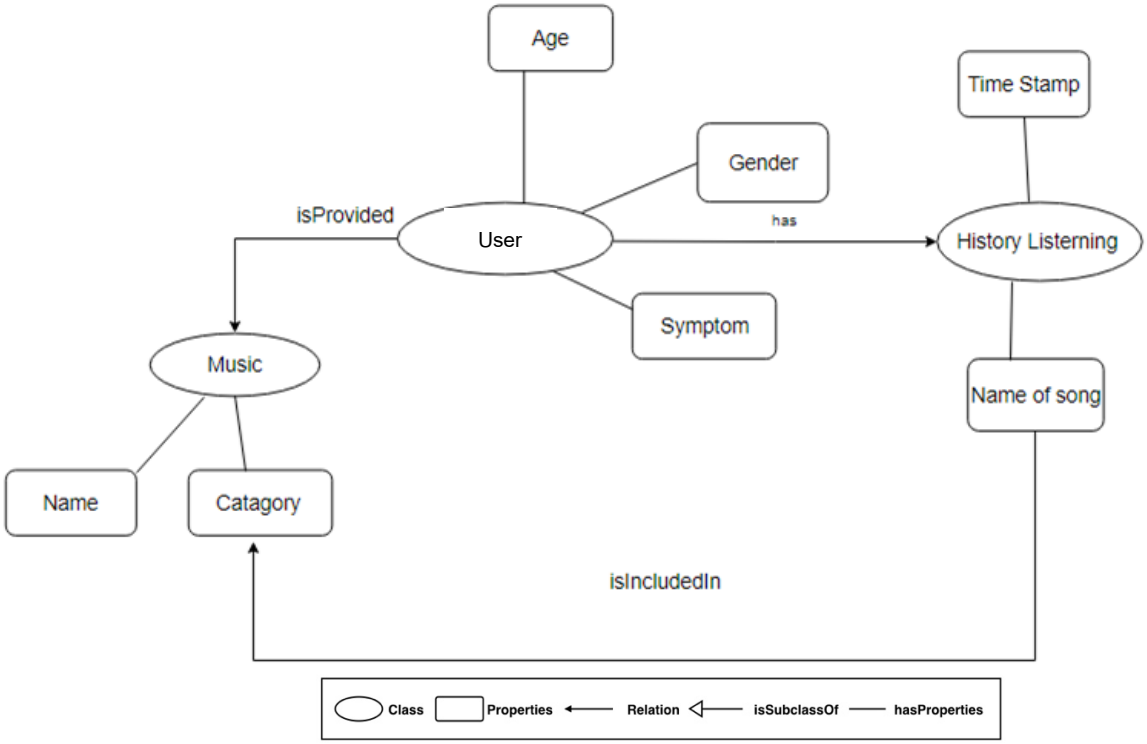
นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับโรคซึมเศร้าและดนตรีบำบัดและค่าตัวอย่างข้อมูลมาใช้ในการกำหนดขอบเขตโครงสร้างของออนโทโลยีแนะนำดนตรีบำบัดสำหรับผู้ป่วยโรคซึมเศร้า โดยการพิจารณาข้อมูลและจำแนกข้อมูลออกเป็นกลุ่ม ๆ เพื่อสร้างคลาส ซึ่งประกอบไปด้วยคลาสผู้ใช้ (Patient) คลาสประวัติการฟังเพลง (Listening history) และคลาสดนตรี (Music) โดยตัดคลาสและแอตทริบิวต์ที่ไม่จำเป็นออกตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญข้างต้น รายละเอียดคลาสและคุณสมบัติคลาสแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คลาสและรายละเอียดของคลาส

ลำดับ	คลาส	คำอธิบาย	คุณสมบัติของคลาส	ช่วงค่าที่อนุญาตให้ใช้
1	คลาสผู้ใช้ (User)	คลาสผู้ใช้ คือ ผู้ใช้ที่ประเมินจากการทำแบบสอบถามเบื้องต้นว่ามีอาการของโรคซึมเศร้าหรือผู้ป่วยที่เป็นโรคซึมเศร้า	- Age อายุของผู้ใช้ - Gender เพศของผู้ใช้ - Symptom ผลจากการประเมินภาวะการเป็นโรคซึมเศร้า	Age : Number Gender : String Symptom : String
2	คลาสดนตรี (Music)	คลาสดนตรี ประกอบด้วยชื่อของบทเพลงและประเภทดนตรี	- Name ชื่อบทเพลง หรือชื่อดนตรี - Category ประเภทดนตรี เช่น คลาสิก แจ๊ส เป็นต้น	Name : String Category: String
3	ประวัติการฟังเพลง	คลาสประวัติการฟังเพลง	- Time stamp วันและเวลาที่	Time stamp : String

ลำดับ	คลาส	คำอธิบาย	คุณสมบัติของคลาส	ช่วงค่าที่อนุญาตให้ใช้
	(History listening)	ประกอบไปด้วยชื่อเพลงหรือบทเพลงที่ผู้ใช้ฟัง	ฟังบทเพลงหรือดนตรี - Name of song ชื่อบทเพลงหรือชื่อดนตรี	Name of song: String

ภาพรวมของออนโทโลยีแนะนำดนตรีบำบัดผู้ป่วยโรคซึมเศร้าที่แสดงถึงคลาส คุณสมบัติ และความสัมพันธ์ระหว่างคลาส ดังรูปที่ 2

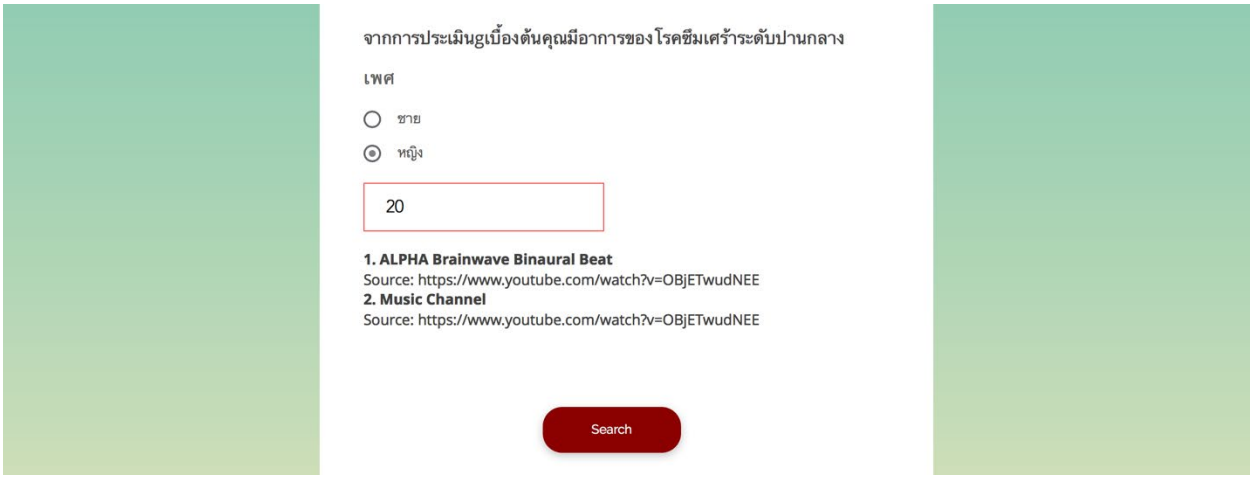


ภาพที่ 2 ออนโทโลยีแนะนำดนตรีบำบัดผู้ป่วยโรคซึมเศร้า

ออนโทโลยีแนะนำดนตรีบำบัดผู้ป่วยโรคซึมเศร้าประกอบไปด้วยคลาสและคุณสมบัติที่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ได้แก่ โรคซึมเศร้ามีการแบ่งระดับตามความรุนแรง และแต่ละระดับความรุนแรงจะมีแนะนำวิธีป้องกัน หรือวิธีรักษา ดนตรีบำบัดเป็นดนตรีเพื่อช่วยบำบัดผู้ป่วยโรคซึมเศร้า คุณสมบัติของผู้ป่วยโรคซึมเศร้า คือ คะแนนการประเมินเข้าเกณฑ์หรือเสี่ยงต่อการเป็นโรคซึมเศร้า และ การประเมินมีความสำคัญกับผู้ป่วย คือ การประเมินจะเป็นตัวชี้ว่าเราอยู่ในความรุนแรงระดับไหน เพื่อที่จะได้รับการแนะนำและป้องกันรักษาได้ถูกต้อง

3. ต้นแบบหน้าจอแอปพลิเคชันสำหรับค้นหาเพลงสำหรับผู้ใช้ที่มีอาการของโรคซึมเศร้า

ออนโทโลยีที่สร้างขึ้นจะถูกนำไปสร้างเป็นอัลกอรึทึมและใช้ในการออกแบบข้อมูลนำเข้าและผลลัพธ์ของการประมวลผล จากตัวอย่างต้นแบบหน้าจอแอปพลิเคชัน บทเพลงหรือดนตรีบำบัดจะแสดงผลก็ต่อเมื่อผู้ใช้กรอกข้อมูลส่วนตัวและมีผลการประเมินภาวะโรคซึมเศร้า ซึ่งเป็นแบบประเมินมาตรฐานสำหรับบ่งชี้ว่าบุคคลเป็นโรคซึมเศร้าหรือไม่ เมื่อระบบรับค่าดังกล่าวจะนำไปประมวลตามอัลกอริทึมที่สร้างไว้ โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ในการเลือกเพลงจากข้อมูลที่รวบรวมได้



ภาพที่ 3 ต้นแบบหน้าจอแอปพลิเคชันสำหรับค้นหาเพลงสำหรับผู้ใช้ที่มีอาการของโรคซึมเศร้า

สรุป

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างออนโทโลยีแนะนำดนตรีบำบัดผู้ป่วยโรคซึมเศร้าซึ่งออนโทโลยีดังกล่าวจะถูกนำไปประยุกต์ใช้ในการสร้างออนโทโลยีสำหรับการค้นหาดนตรีที่เหมาะสำหรับผู้ใช้ที่มีอาการของโรคซึมเศร้า ภายใต้แนวคิดการให้บริการเพื่อเข้าถึงผู้ใช้ทุกกลุ่ม โดยวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ใช้และอาการป่วยเป็นโรคซึมเศร้าซึ่งประเมินจากการทำแบบสอบถาม และเสนอบทเพลงหรือดนตรีบำบัดที่ตรงกับผลที่ได้จากการประเมิน ออนโทโลยีดังกล่าวเป็นส่วนหนึ่งของระบบแนะนำดนตรีบำบัดผู้ป่วยโรคซึมเศร้า กระบวนการสร้างออนโทโลยีถูกประยุกต์มาจากขั้นตอนการสร้างออนโทโลยีของ Noy and McGuinness ซึ่งผู้วิจัยได้ตัดกระบวนการที่ไม่จำเป็นกับขอบเขตงานออกและเพิ่มกระบวนการประเมินผล และการนำไปใช้ เมื่อดำเนินการทดลองตามกระบวนการสามารถสร้างคลาสจำนวน 3 คลาส ความสัมพันธ์ระหว่างคลาสมีทั้งสิ้น 3 ความสัมพันธ์ คุณสมบัติของคลาสมีทั้งสิ้น 7 คุณสมบัติ และตัวแทนข้อมูล จำนวน 10 ตัวแทนข้อมูล ผลจากการประเมินโครงสร้างของออนโทโลยีโดยใช้ผู้เชี่ยวชาญจัดอยู่ในเกณฑ์ ดี ทั้งนี้เมื่อได้สรุปผลการตอบแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญ และปรับปรุงออนโทโลยีตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ และทดลองสร้างออนโทโลยีแนะนำดนตรีบำบัดผู้ป่วยโรคซึมเศร้าในฐานข้อมูล ปรากฏผลลัพธ์ที่มีความถูกต้อง ตรงตามขอบเขตของออนโทโลยีที่กำหนด การวัดและประเมินผลในขั้นตอนต่อไปต้องใช้เครื่องมือวัดที่มีความถูกต้องแม่นยำ การนำไปประยุกต์ใช้อย่างจริงจังสามารถทำได้โดยการเพิ่มรายละเอียดเข้าไปในโครงสร้างของออนโทโลยี เพิ่มผลการใช้ดนตรีบำบัดว่าได้ผลมากหรือน้อย อีกทั้งยังสามารถนำไปพัฒนาเป็น Mobile Application หรือเพิ่มเติมในส่วนของการนำไปสร้างปัญญาประดิษฐ์(Artificial Intelligence) เพื่อให้ผู้ป่วยสามารถใช้งานได้สะดวกยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. สราวลี สุนทรวิจิตร. การบำบัดทางเลือกสำหรับบุคคลที่มีภาวะซึมเศร้า.วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์ [อินเตอร์เน็ท]. 2560. [เข้าถึงเมื่อ 19 เม.ย. 2562] เข้าถึงได้จาก https://www.tci-thaijo.org/index.php/JSSRA/article/view/91608/95686?fbclid=IwAR289dl4G4jRtaBVJkAIp-MSymqbOkWj4cO90GzPpsgWCVsur7zitGL1TKk
2. จุฑาวรรณ สิทธิโชคสถาพร. ต้นแบบออนโทโลยีเพื่อการค้นคืนสารสนเทศเชิงความหมาย สำหรับงานสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์ กรณีศึกษางานบริหารและธุรการ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต] . สงขลา : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ; 2555.
3. ขนิษฐา กุลประจวบ และ นิศาชล จำนงศรี. การพัฒนาออนโทโลยีผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร. วารสารสารสนเทศศาสตร์ 2559; 1: 94-121.

4. นภัส สุขสม และคณะ. การพัฒนาออนโทโลยีสำหรับให้คำแนะนำ การบริโภคตามโภชนาการเฉพาะบุคคล. การประชุมวิชาการ The NECTEC Annual Conference & Exhibition 2553.
5. พิสณุ ฟองศรี. การสร้างและพัฒนาเครื่องมือวิจัย. กรุงเทพฯ: ด่านสุทธาการพิมพ์; 2553.
6. สุรชัย เกื้อศิริกุล.โรคซึมเศร้า. ภัยเงียบของผู้ชาย.[อินเทอร์เน็ต]. 2558. [เข้าถึงเมื่อ 19 เม.ย. 2562] เข้าถึงได้จาก https://www.manarom.com/blog/depression_in_men.html?gclid
7. Joe Raad, Christophe Cruz, A Survey on Ontology Evaluation Methods. 2561. Available from: https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01274199/document

[IT-O11] การสร้างออนโทโลยีให้คำปรึกษาแนวทางการบำบัดความเครียด

The Development of an Ontology for Consultation on the Stress Treatment Guideline

กนกพร เปล่งสันเทียะ*, สุรินทร์ อุ่นแสน, และ ปัณณรัตน์ วงศ์พัฒนานิภาส
Kanokporn plengsanthia*, Surin Aunsan, and Pannarat Wongpattananipas
สาขาวิชานวัตกรรมดิจิทัลและวิศวกรรมซอฟต์แวร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: kanokpronplengsanthia@gmail.com*

บทคัดย่อ

ความเครียดอาจมาจากปัจจัยภายนอกและเกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมแต่อาจมีเหตุจากการรับรู้ภายในที่อาจทำให้บุคคลรู้สึก วิตกกังวล หรือเกิดอารมณ์เชิงลบ อาจจะก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพเป็นภาวะที่ถูกกระตุ้นออกมาจากสิ่งแวดล้อมรอบตัวเราหรือจากสังคมเป็นภาวะอารมณ์ที่เกิดขึ้นจากจิตใจรวมถึงร่างกายอาจทำให้ส่งผลเสียด้านอารมณ์ ด้านร่างกาย ด้านพฤติกรรม งานวิจัยนี้มีจึงวัตถุประสงค์เพื่อสร้างออนโทโลยีและนำไปประยุกต์ใช้ในการให้คำปรึกษาแนวทางการบำบัดความเครียด ซึ่งจะใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหาจากทรัพยากรสารสนเทศที่เกี่ยวข้องโดยใช้ทฤษฎีการจัดหมวดหมู่ โดยมีขั้นตอนการวิจัยประกอบด้วย การระบุขอบเขตองค์ความรู้ การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง การกำหนดคลาส การระบุคุณสมบัติของคลาส การสร้างตัวอย่างข้อมูล การประเมินออนโทโลยี และ การนำไปติดตั้งใช้งาน โดยผลการวิจัยพบว่า ออนโทโลยีที่นำไปใช้ในการแนะนำการให้คำปรึกษาแนวทางการบำบัดความเครียด ประกอบด้วยคลาส จำนวน 2 คลาส ได้แก่ คลาสผู้ใช้ และ คลาสคำแนะนำ ผลการประเมินความเหมาะสมของออนโทโลยีโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่า การใช้ออนโทโลยีเพื่อให้คำปรึกษาในการบำบัดความเครียดอยู่ในเกณฑ์ ดี (IOC = 0.67) การประยุกต์ใช้ออนโทโลยีในการให้คำปรึกษาแนวทางการบำบัดความเครียดจะเป็นแนวในการพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับการประมวลผลบทสนทนาที่เกี่ยวข้องกับการให้คำแนะนำปรึกษาการลดภาวะความเครียดผ่านโปรแกรมสนทนาอัตโนมัติ (Chatbot) ต่อไป

***คำสำคัญ**: ออนโทโลยี, การบำบัดความเครียด*

Abstract

Stress may come from external factors and related to the environment, but there may be grounds for internal perception that may cause a person to feel anxious or have negative emotions and may cause negative effects on health. A condition that is stimulated from the environment around us or from society, an emotional state that arises from the mind, including the body, may cause emotional and physical negative effects on behavior. This research therefore aims to create an ontology and apply it in counseling for the treatment of stress. The research methods are content analysis of relevant information resources by using classification theory. The research procedures consisting of Identifying knowledge boundaries, studying relevant information, defining classes, specifying class properties, creating sample data, ontology evaluation and implementation. The results of the research found that the topology used in the introduction of counseling, and guidelines for stress treatment consists of 2 classes including user classes and instructions classes. The results of the evaluation of ontology suitability by experts found that the use of ontologies for counseling in stress treatment was good (IOC = 0.67). The application of ontology in counseling, stress treatment approaches will be a guideline for developing algorithms for processing conversations related to advice, counseling, stress reduction through automated conversation programs (Chatbot) anyway.

***Keywords**: ontology, stress management*

บทนำ

ความเครียดเป็นภาวะของอารมณ์หรือความรู้สึกที่เกิดขึ้นเมื่อบุคคลต้องเผชิญปัญหาต่างๆและทำให้รู้สึก กดดัน วิตกกังวล ความเครียดไม่ได้เกิดขึ้นจากความผิดปกติของอวัยวะในร่างกายแต่เป็นภาวะที่แสดงออกมาเมื่อถูกกระตุ้นจากสิ่งแวดล้อมและสังคม เมื่อเกิดความเครียดจำเป็นต้องหาผู้ที่สามารถให้คำปรึกษา เช่น เพื่อน ครอบครัว ผู้ให้คำปรึกษา หรือจิตแพทย์ ควรหลีกเลี่ยงการเผชิญหน้ากับปัญหาเพียงลำพัง ความเครียดมี 4 ระดับ ความเครียดระดับต่ำ (Mild Stress) เป็นความเครียดที่ไม่คุกคามต่อการดำเนินชีวิต อาจมีความรู้สึกเบื่อหน่าย ขาดแรงกระตุ้นและมีพฤติกรรมที่เชื่องช้าลง ความเครียดระดับปานกลาง (Moderate Stress) เป็นความเครียดในระดับปกติที่ไม่ก่ออันตรายและไม่แสดงออกถึงความเครียดที่ชัดเจน ส่วนใหญ่จะสามารถปรับตัวกลับสู่ภาวะปกติได้เองจากการได้ทำกิจกรรมที่ชื่นชอบซึ่งช่วยคลายเครียด ความเครียดระดับสูง (High Stress) เป็นความเครียดที่เกิดจากเหตุการณ์รุนแรง หากปรับตัวไม่ได้จะทำให้เกิดความผิดปกติทางร่างกาย อารมณ์ ความคิดและพฤติกรรม เช่น ปวดศีรษะ ปวดท้อง อารมณ์ฉุนเฉียวง่าย หงุดหงิด พฤติกรรมการนอนและการรับประทานอาหารเปลี่ยนแปลงไป ความเครียดระดับรุนแรง (Severe Stress) เป็นความเครียดระดับสูงและเรื้อรังต่อเนื่อง ซึ่งส่งผลเกิดความล้มเหลวในการปรับตัวและก่อให้เกิดความผิดปกติทางร่างกายและเกิดโรคต่าง ๆ ที่รุนแรง เช่น อารมณ์แปรปรวน มีอาการทางจิตและมีความบกพร่องในการดำเนินชีวิตประจำวัน ซึ่งอาจมีปรากฏอาการเป็นสัปดาห์ เดือนหรือปี ผู้ที่มีความเครียดระดับรุนแรงควรเข้ารับการปรึกษาจากแพทย์ [1] การบำบัดแบบกลุ่มเป็นแนวทางการบำบัดความเครียด โดยการแลกเปลี่ยนประสบการณ์กันภายในกลุ่มและจากข้อเสนอแนะของสมาชิกในกลุ่ม ทำให้ได้รับการประคับประคองจิตใจ ซึ่งเกิดจากบรรยากาศของกลุ่มที่ผ่อนคลายมีความรู้สึกที่คล้ายคลึงกัน สมาชิกในกลุ่มมีโอกาสได้ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ลดความรู้สึกโดดเดี่ยวและเกิดความรู้สึกเห็นอกเห็นใจกัน ได้เรียนรู้ทักษะทางสังคมเพราะกลุ่มเปิดโอกาสให้สมาชิกได้มีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น [2] แนวทางการบำบัดความเครียดโดยการให้คำปรึกษา การรับฟังซึ่งกันและกันให้ผู้ที่มีความเครียดตั้งแต่ระดับต่ำถึงระดับสูงได้ระบายความเครียด

การพัฒนาระบบหรือซอฟต์แวร์มาในการบำบัดความเครียด ผู้พัฒนาจำเป็นต้องทราบถึงนิยามและความหมายของความเครียด ซึ่งมีการให้คำนิยามของความเครียดไว้มากมายและแตกต่างกันไป อีกทั้งการอธิบายความเครียดก็มีความแตกต่างกันไปในแต่ละคน ซึ่งในทางซอฟต์แวร์เราเรียกปัญหาการเข้าใจคลาดเคลื่อนนี้ว่าปัญหาช่องว่างในการสื่อความหมาย (Semantic Gap Problem) เพื่อที่จะออกแบบซอฟต์แวร์หรือระบบมาใช้ในการบำบัดความเครียดเราจำเป็นต้องทราบนิยามหรือโครงสร้างของความเครียด เช่น สาเหตุที่เกิดความเครียด ประเภทของความเครียด แนวทางการจัดการความเครียด แนวทางการสื่อสาร แนวทางการบำบัดความเครียดในแต่ละรูปแบบ ผลการใช้วิธีละอื่น ๆ โดยการใช้ออนโทโลยีจะสามารถอธิบายถึงโครงสร้าง นิยามและความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความเครียดได้ดี

ออนโทโลยี (Ontology) เป็นเทคโนโลยีด้านการพัฒนาภาษาเชิงความหมายสมัยใหม่ ซึ่งเป็นภาษาที่เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถนำไปประมวลผลได้ [3] การสร้างออนโทโลยีเป็นการสร้างฐานความรู้หรือขอบเขตของเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่สนใจ ซึ่งออนโทโลยีต้องมีความสามารถในการใช้งานร่วมกัน การนำข้อมูลกลับมาใช้ได้ การถ่ายทอดคุณสมบัติ และการแยกองค์ความรู้จากฐานข้อมูล [4] โครงสร้างของออนโทโลยีประกอบไปด้วย การกำหนดนิยามความหมายหรือการอธิบายเรื่องราวโดยใช้แนวคิดหรือคลาส คุณสมบัติ ความสัมพันธ์ ตรรกะการแปลงความสัมพันธ์ และตัวอย่างข้อมูลหรือคำศัพท์ [5] ออนโทโลยีถูกนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย เช่น ระบบสืบค้นข้อมูล ระบบสกัดข้อสนเทศ ระบบสรุปเอกสาร และระบบจัดกลุ่มเอกสาร เป็นต้น จากแนวคิดดังกล่าวผู้วิจัยนำความรู้เรื่องออนโทโลยีมาประยุกต์ใช้ในการค้นหาแนวทางการให้คำปรึกษาแนวทางการบำบัดความเครียด

งานวิจัยเรื่องการสร้างออนโทโลยีให้คำปรึกษาแนวทางการบำบัดความเครียด มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างออนโทโลยีนิยามและค้นหาคำปรึกษาแนวทางการบำบัดความเครียด ซึ่งการสนทนาพูดคุยรวมทั้งการหาแนวทางลดความเครียดเป็นวิธีการลด

ความเครียด ขั้นตอนการสร้างออนโทโลยี ประกอบด้วย การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง การกำหนดคลาส การระบุคุณสมบัติของคลาส การสร้างตัวอย่างข้อมูล การประเมินออนโทโลยีโดยผู้เชี่ยวชาญ และการนำไปติดตั้งใช้งาน โดยการสร้างเป็นอัลกอริทึมสำหรับโปรแกรมสนทนาอัตโนมัติระหว่างระบบผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้ที่มาขอคำปรึกษา โดยลักษณะการสนทนาแบ่งเป็น การสนทนาในชีวิตประจำและการสนทนาเพื่อหาแนวทางลดความเครียด

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้กระบวนการสร้างออนโทโลยี 7 ขั้นตอน ของการพัฒนาออนโทโลยีให้คำปรึกษาแนวทางการบำบัดความเครียด โดยเพิ่ม ขั้นตอนประเมินออนโทโลยี (Evaluate Ontology) และนำไปใช้ (Implement) ดังนี้



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการพัฒนาออนโทโลยีให้คำปรึกษาแนวทางการบำบัดความเครียด

1. ระบุขอบเขตและวัตถุประสงค์ในการพัฒนา (Determine domain)

1.1 ขอบเขตขององค์ความรู้

ขอบเขตของออนโทโลยี คือ การพัฒนาออนโทโลยีให้คำปรึกษาแนวทางการบำบัดความเครียด

1.2 การศึกษาข้อมูลการพัฒนาออนโทโลยีให้คำปรึกษาแนวทางการบำบัดความเครียด

ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเครียด สภาวะความเครียด สาเหตุและปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเครียด รูปแบบของความเครียด และการบำบัดรักษาความเครียด และแบบประเมินความเครียด (ST5) เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาเชื่อมโยงกัน นำมาออกแบบคลาสและความสัมพันธ์ระหว่างคลาส

1.3 การตั้งคำถาม

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งคำถามเกี่ยวกับการค้นคืนสารสนเทศ เมื่อผู้ใช้ระบุข้อมูล ได้แก่ เพศ อาชีพ อายุ อาการเครียด

2. กำหนดคำศัพท์สำคัญ (Define vocabulary)

คำศัพท์ที่เกี่ยวกับข้อมูลการให้คำปรึกษาแนวทางการบำบัดความเครียด ประกอบด้วย ชื่อ (Name) อายุ (Age) เพศ (Gender) อาชีพ (Occupation) ระดับความเครียด (Score) อาการเครียด (Symptom) แนวทาง (Guideline) และการแนะนำ (Advice)

3. กำหนดคลาสและลำดับของคลาส (Define class and hierarchy)

นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาและข้อมูลที่กำหนดให้เป็นเงื่อนไขในการสืบค้นข้อมูลมาสร้างคลาส ซึ่งประกอบด้วย คลาสผู้ใช้ (User) คลาสความเครียด (Stress) คลาสอาการเครียด (Symptom) และคลาสแนวทาง (Guideline) ซึ่งมีความสำคัญตามลำดับ

4. ระบุคุณสมบัติของคลาสและค่าของคุณสมบัติ (Define properties of class)

การระบุคุณสมบัติของคลาสจะพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างคลาส (Object Properties) และคุณสมบัติของชนิดข้อมูล (Datatype Properties) [7] ซึ่งเป็นการระบุคุณสมบัติของคลาสในเชิงความหมาย นอกจากนั้นยังพิจารณาส่วนประกอบที่ต้องมีในตัวอย่างข้อมูล (Instance)

5. สร้างตัวอย่างข้อมูล (Create instance of a class)

การสร้างตัวอย่างข้อมูลใช้วิธีการเก็บข้อมูลจากประชากรและกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน ที่ได้มาจากการเลือกโดยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง โดยผู้ใช้ตอบแบบประเมินสภาวะความเครียด ข้อมูลคำแนะนำใช้วิธีการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญและการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำมารวบรวมเป็นชุดของคำตอบหรือคำแนะนำ

6. ประเมินออนโทโลยี (Evaluate Ontology)

การประเมินโครงสร้างของออนโทโลยีใช้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านออนโทโลยีและเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 2 ท่าน และนักจิตวิทยา จำนวน 1 ท่าน เก็บข้อมูลโดยใช้แบบประเมินโครงสร้างออนโทโลยีให้คำปรึกษาแนวทางการบำบัดความเครียด

นำผลจากแบบประเมินมาคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC (Index of Item – Objective Congruence) โดยพิจารณาค่า IOC และปรับปรุงแก้ไขรายการตรวจสอบจนกระทั่งได้ผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจโดยใช้สูตรคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้องของคำถามแต่ละข้อกับวัตถุประสงค์ รายละเอียดการให้คะแนน มีดังต่อไปนี้ [8]

ผู้เชี่ยวชาญให้ช่องเหมาะสม ได้คะแนนเท่ากับ 1 คะแนน
ผู้เชี่ยวชาญให้ช่องไม่เหมาะสม ได้คะแนนเท่ากับ -1 คะแนน
ผู้เชี่ยวชาญให้ช่องไม่แน่ใจ ได้คะแนนเท่ากับ 0 คะแนน
เกณฑ์การผ่าน ต้องได้ค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$IOC = \frac{\sum R}{n}$$

7. นำไปใช้ (Implement)

ออนโทโลยีที่สร้างขึ้นจะถูกนำไปวิเคราะห์เพื่อวางแผนและออกแบบอัลกอทึมสำหรับโปรแกรมสนทนาอัตโนมัติ ซึ่งโปรแกรมดังกล่าวจะเน้นการให้คำแนะนำผู้ที่มีภาวะความเครียด โดยใช้วิธีการสนทนาเสมือนว่าผู้ใช้ได้ปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญด้านการบำบัดความเครียด โดยการให้คำแนะนำเกี่ยวกับการลดความเครียดเบื้องต้นวิเคราะห์จาก เพศ อายุ อาชีพ ระดับความเครียดและอาการเครียด ซึ่งเป็นข้อมูลเบื้องต้นที่ผู้ใช้กรอกผ่านระบบ

ผลการวิจัย

1. ผลการประเมินโครงการสร้างออนโทโลยีให้คำปรึกษาแนวทางการบำบัดความเครียด

ผลการประเมินความสอดคล้องของออนโทโลยีและวัตถุประสงค์ โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน พบว่า ค่า IOC มีค่า 0.67 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ดี รายการประเมินด้านความสัมพันธ์ระหว่างคลาสมีความเหมาะสมและชื่อความสัมพันธ์มีความเหมาะสม อยู่ในระดับมากที่สุด (IOC = 1.00) และการจัดกลุ่มของคลาสภายในออนโทโลยีมีความเหมาะสม อยู่ในระดับน้อยสุด (0.00) ทั้งนี้ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอการเกี่ยวกับการปรับปรุงออนโทโลยี ดังนี้

1) ตัดคลาสความเครียด (Stress) ออก เนื่องจากซ้ำซ้อนกับแอทริบิวต์ในคลาสผู้ใช้
2) ตัดคลาสอาการเครียดออก (Symptom) ออกเนื่องจากมีแอทริบิวต์ที่ไม่ชัดเจนและซ้ำซ้อนกับคลาสความเครียด
3) เพิ่มแอทริบิวต์ คะแนน (Score) และอาการป่วย (Symptom) ในคลาสผู้ใช้

ตารางที่ 1 ผลการประเมินโครงสร้างออนโทโลยีแนะนำการสร้างออนโทโลยีให้คำปรึกษาแนวทางการบำบัดความเครียด

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่า	แปรผล
	1	2	3	IOC	
1. การจัดกลุ่มของคลาสภายในออนโทโลยีมีความเหมาะสม	1	-1	0	0.00	ปรับปรุง
2. คลาสในออนโทโลยีมีความครอบคลุมในการจัดเก็บความรู้	0	1	1	0.67	ใช้ได้
3. ชื่อของคลาสภายในออนโทโลยีมีความเหมาะสมและสามารถสื่อความหมายได้เข้าใจ	1	0	1	0.67	ใช้ได้
4. คุณสมบัติหรือคุณลักษณะของคลาสสามารถอธิบายลักษณะของคลาสได้	1	0	1	0.67	ใช้ได้
5. ชื่อคุณสมบัติมีความเหมาะสม	1	1	0	0.67	ใช้ได้
6. ความสัมพันธ์ระหว่างคลาสมีความเหมาะสม	1	1	1	1.00	ใช้ได้
7. ชื่อความสัมพันธ์มีความเหมาะสม	1	1	1	1.00	ใช้ได้
8. เนื้อหาภายในออนโทโลยีมีความเหมาะสม	1	1	0	0.67	ใช้ได้
รวม				0.67	ใช้ได้

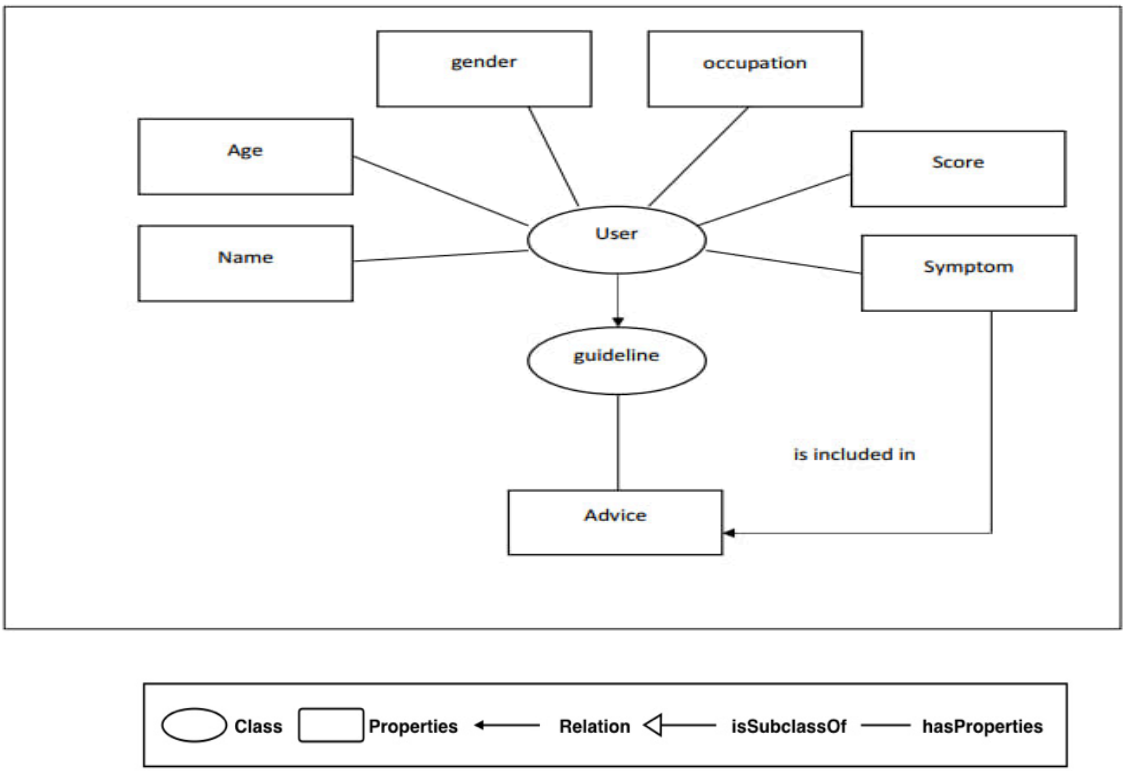
2. ออนโทโลยีการสร้างออนโทโลยีแนะนำการสร้างออนโทโลยีให้คำปรึกษาแนวทางการบำบัดความเครียด

นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาข้อมูลการสร้างออนโทโลยีให้คำปรึกษาแนวทางการบำบัดความเครียดและค่าตัวอย่างข้อมูลมาใช้ในการกำหนดขอบเขตโครงสร้างของออนโทโลยีให้คำปรึกษาแนวทางการบำบัดความเครียด โดยการพิจารณาข้อมูลและจำแนกข้อมูลออกเป็นกลุ่ม ๆ เพื่อสร้างคลาส ซึ่งประกอบไปด้วยคลาสผู้ใช้ (User) และคลาสแนวทาง (Guideline) โดยตัดคลาสและ

ตารางที่ 2 คลาสและรายละเอียดของคลาส

ลำดับ	คลาส	คำอธิบาย	คุณสมบัติของคลาส	ช่วงค่าที่อนุญาตให้ใช้
1	ผู้ใช้	คลาสผู้ใช้ประกอบด้วย ชื่อ เพศ อายุ ระดับความเครียด และอาการเครียด	- Name ชื่อผู้ใช้ - Gender เพศ - Occupation อาชีพ - Symptom อาการเครียด - Score ระดับความเครียด	- Name: String - Gender: String - Occupation: String - Symptom: String - Score: Number
2	แนวทางการบำบัด	คลาสแนวทางการบำบัด แต่ละขั้นตอนและคำปรึกษา	- Advice คำแนะนำในการบำบัด รักษาความเครียดอาจจะเป็นกิจกรรม	- Advice: String

ภาพรวมของออนโทโลยีให้คำปรึกษาแนวทางการบำบัดความเครียดแสดงถึงคลาส คุณสมบัติ และความสัมพันธ์ระหว่างคลาส ดังรูปที่ 2

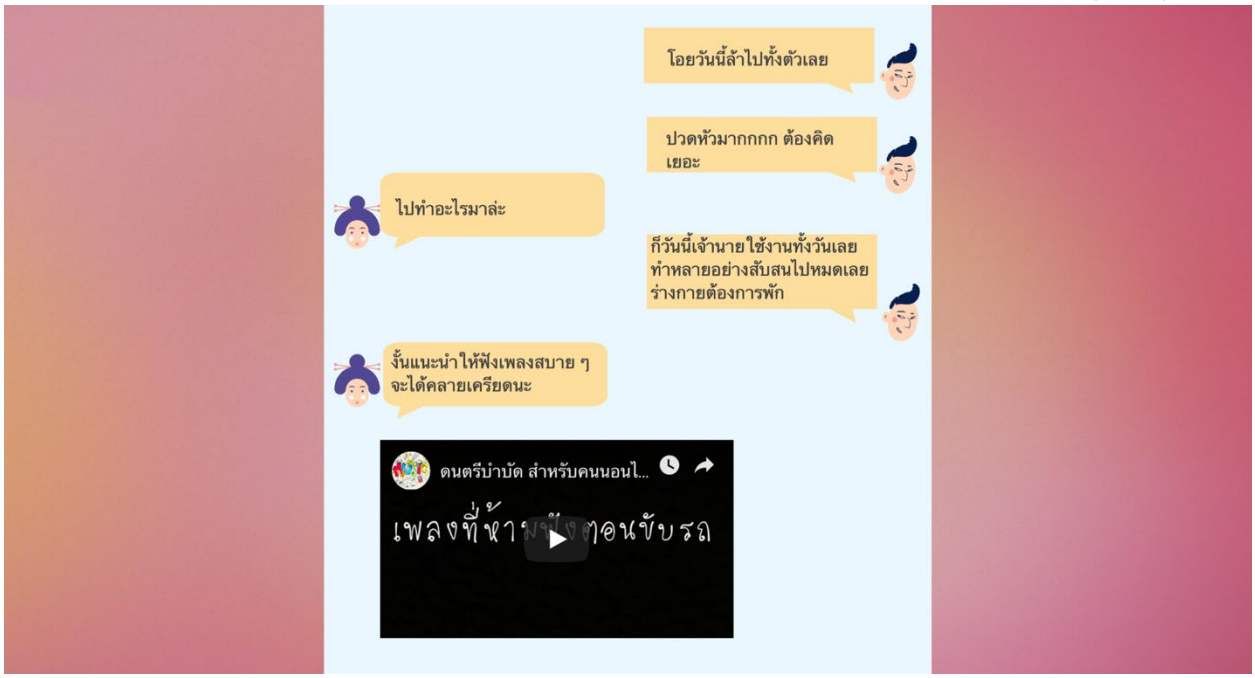


ภาพที่ 2 ออนโทโลยีให้คำปรึกษาแนวทางการบำบัดความเครียด

ออนโทโลยีให้คำปรึกษาแนวทางการบำบัดความเครียดและวิเคราะห์ระดับความเครียดประกอบไปด้วยคลาสและคุณสมบัติที่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน (Compose of) ได้แก่ ชื่อ อายุ เพศ อาชีพ ข้อมูลความเครียด อาการของความเครียด แนวทางการบำบัด คำแนะนำ (Is Include In) คลาสที่กำหนดไว้ดังรูปภาพ ออนโทโลยีให้คำปรึกษาแนวทางการบำบัดความเครียดประกอบด้วยคลาสและคุณสมบัติที่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ได้แก่ การสร้างออนโทโลยีให้คำปรึกษาแนวทางการบำบัดความเครียด โดยการประเมินอาการของผู้ป่วยและได้รับแนวทางในการบำบัดให้ผู้ที่มีความเครียดได้คลายความตึงเครียดและได้รับการบำบัดอย่างถูกวิธี

3. ต้นแบบโปรแกรมสนทนาอัตโนมัติ (Chatbot) ให้คำแนะนำปรึกษาเกี่ยวกับเรื่องการบำบัดความเครียด

ออนโทโลยีที่สร้างขึ้นจะถูกนำไปกำหนดเป็นขอบเขตของข้อมูลที่จะต้องกำหนดเป็นคำถามและตอบสำหรับโปรแกรมสนทนาอัตโนมัติ โดยเน้นการให้คำปรึกษาเมื่อผู้ใช้งานอยู่ในสภาวะของความเครียด ซึ่งประเมินจากข้อมูลเบื้องต้นและข้อความที่ผู้ใช้สื่อสารกับโปรแกรม โดยโปรแกรมจะตอบสนองผู้ใช้ด้วยข้อความหรือสำนวนภาษาเสมือนเป็นเพื่อน เพื่อให้รู้สึกผ่อนคลาย



ภาพที่ 3 ต้นแบบโปรแกรมสนทนาอัตโนมัติ (Chatbot) ให้คำแนะนำปรึกษาเกี่ยวกับเรื่องการบำบัดความเครียด

สรุป

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างออนโทโลยีให้คำปรึกษาแนวทางการบำบัดความเครียดซึ่งออนโทโลยีดังกล่าวจะถูกนำไปประยุกต์ใช้ในการสร้างออนโทโลยีสำหรับผู้ใช้ที่มีความเครียด ภายใต้แนวคิดการให้บริการเพื่อเข้าถึงผู้ใช้ทุกกลุ่ม โดยวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ใช้และอาการป่วย ซึ่งประเมินจากการทำแบบสอบถามและแนวทางบำบัด ผลที่ได้จากการประเมินออนโทโลยีดังกล่าวเป็นส่วนหนึ่งของระบบให้คำปรึกษาบำบัดความเครียด กระบวนการสร้างออนโทโลยีถูกประยุกต์มาจากขั้นตอนการสร้างออนโทโลยีของ Noy and McGuinness ซึ่งผู้วิจัยได้ตัดกระบวนการที่ไม่จำเป็นกับขอบเขตงานออกและเพิ่มกระบวนการประเมินผล เมื่อดำเนินการทดลองตามกระบวนการสามารถสร้างคลาสจำนวน 2 คลาส ความสัมพันธ์ระหว่างคลาสมีทั้งสิ้น 2 ความสัมพันธ์ คุณสมบัติของคลาสมีทั้งสิ้น 7 คุณสมบัติ และตัวแทนข้อมูล จำนวน 20 ตัวแทนข้อมูล ผลจากการประเมินโครงสร้างของออนโทโลยีโดยใช้ผู้เชี่ยวชาญจัดอยู่ในเกณฑ์ ดี ทั้งนี้เมื่อได้สรุปผลการตอบแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญและปรับปรุงออนโทโลยีตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ และทดลองสร้างออนโทโลยี ปรากฏผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องตรงตามขอบเขตของออนโทโลยีที่กำหนด การวัดและประเมินผลในขั้นตอนต่อไปต้องใช้เครื่องมือวัดที่มีความถูกต้อง แม่นยำ เพื่อนำเสนอทางเลือกใหม่ในการพัฒนาระบบหรือซอฟต์แวร์เพื่อใช้ในการบำบัดผู้ที่มีความเครียด จึงมุ่งเน้นในการนำเสนอขั้นตอนวิธีการนำเทคโนโลยีออนโทโลยีมาใช้ในการสร้างโครงสร้างของความเครียด โดยใช้วิธีพื้นฐานเป็นตัวอย่างในการนำเสนอ และเพื่อเป็นต้นแบบให้นำไปใช้ในการพัฒนาต่อในเชิงลึกยิ่งขึ้น ในการนำไปใช้ในอนาคตผู้พัฒนาจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเพิ่มรายละเอียดลงในออนโทโลยีความเครียด ให้มีข้อมูลเชิงลึกมากยิ่งขึ้น อาทิ คุณลักษณะของความเครียดในรูปแบบต่าง ๆ แนวทางการรักษาแบบต่าง ๆ และผลของการรักษา เป็นต้น ในการใช้งานออนโทโลยี งานส่วนมากจะเป็นการออกแบบ ผู้พัฒนาสามารถใช้เครื่องมือได้ตามที่ตนเองถนัด อาทิ Visio, Draw.io และหลังจากการออกแบบแล้วการนำออนโทโลยีไปประยุกต์ใช้สามารถทำได้หลากหลายวิธี เช่น นำไปสร้างเป็นฐานข้อมูลต่าง ๆ หรือนำไปสร้างเป็นโครงสร้างข้อมูลโดยใช้ protégé เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

1. จินตนา ยูนิพันธุ์. การปฏิบัติการพยาบาล ขั้นสูงสาขาการพยาบาลจิตเวชและสุขภาพจิต ในสมจิต หนุเจริญกุล (บก.) สมรรถนะและการออกวุฒิบัตรรับรอง ความรู้และความชำนาญเฉพาะทางของ ผู้ปฏิบัติการพยาบาลขั้นสูง. กรุงเทพฯ: ศิริยอดการพิมพ์; 2553.
2. ปราโมทย์ เชาว์ศิลป์ และ รณชัย คงสกนธ์. กลุ่มจิตบำบัดสำหรับคนไข้. กรุงทพฯ: ห้างหุ้นส่วนสามัญนิติบุคคลสหประชาพาณิชย์; 2542.
3. จุฑาวรรณ สิทธิโชคสถาพร. ต้นแบบออนโทโลยีเพื่อการค้นคืนสารสนเทศเชิงความหมาย สำหรับงานสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์ กรณีศึกษางานบริหารและธุรการ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต] . สงขลา : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์; 2555.
4. ขนิษฐา กุลประจวบ และ นิศาชล จำนงศรี. การพัฒนาออนโทโลยีผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร. วารสารสารสนเทศศาสตร์. 34(1): 94-121; 2559.
5. นภัส สุขสม ,มารุต บูรณรัช ,เทพชัย ทรัพย์นิธิ และ พรฤดี เนติโสภากุล. การพัฒนาออนโทโลยีสำหรับให้คำแนะนำการบริโภคตามโภชนาการเฉพาะบุคคล. การประชุมวิชาการ The NECTEC Annual Conference & Exhibition 2010. 24 กันยายน. 2553.
6. Uthakan and Valuvanathorn. Design ontologies Technology of Teachers and Educational Personnel: Case study of The Ubon Ratchathani Primary Educational Service Area office 5. The10th National Conference on Computing and Information Technology. Ubon Ratchathani; 2014.
7. พิสณุ ฟองศรี. การสร้างและพัฒนาเครื่องมือวิจัย. กรุงเทพฯ: ด่านสุทธาการพิมพ์; 2553.

[IT-O12] CGI กับการผลิตสื่อ เรื่อง GOODNESS

CGI and Media Production for GOODNESS

นายธณัท พลเมือง[1] และ นางสาวปัณณรัตน์ วงศ์พัฒนานิภาส[2]
Thanat Pollamuang[1], and Pannarat Wongpattananipas[2]
[1]หลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
[2]หลักสูตรนวัตกรรมดิจิทัลและวิศวกรรมซอฟต์แวร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์หลักสูตร
**นางสาวปัณณรัตน์ วงศ์พัฒนานิภาส อีเมล: pannarat@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

CGI ซึ่งย่อมาจาก (Computer Generated Imagery) กลายเป็นเทคโนโลยีสำคัญที่วงการบันเทิง และธุรกิจด้านภาพยนตร์นั้นขาดไม่ได้ เทคนิคด้าน CGI นั้นมักจะปรากฏในภาพยนตร์ฟอร์มยักษ์หลายเรื่อง ซึ่งในโลกออนไลน์มีสื่อที่ใช้ CGI สนับสนุนมากมายเป็นหนึ่งในเอฟเฟคที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายของสื่อในโลกยุคปัจจุบัน สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับสื่อหลาย ๆ ประเภท ตัวอย่างเช่น สื่อโฆษณา สื่อการเรียนการสอน สื่อภาพยนตร์ สื่อเหล่านี้สามารถสร้างในสิ่งที่ผู้ชมอาจไม่เคยเห็นมาก่อน อีกทั้งยังสามารถทำให้ผู้ชมตื่นตากับ CGI ในสื่อต่าง ๆ ที่ไม่ใช่มีแต่คนพูดคุยสนทนากันเพียงอย่างเดียวอีกต่อไป และจะทำให้ผู้ชมนั้นได้เปิดมุมมองใหม่กับการชมสื่อเป็นอย่างมาก จากที่กล่าวข้างต้น ผู้ผลิตจะสามารถผลิต ถ่ายทอดและแนะนำวิธีการใช้ CGI กับสื่อเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและสิทธิผลอย่างมีคุณค่าและเป็นประโยชน์ต่อผู้คนอีกมากมาย การสร้างภาพยนตร์สั้น เรื่อง GOODNESS เพื่อให้กำลังใจกับผู้ชมในรูปแบบสื่อภาพยนตร์สั้นที่มีทั้งภาพเคลื่อนไหว เสียงประกอบและใส่ CGI ที่จะทำให้มีเนื้อหาสาระที่สอดแทรกแง่คิดและความรู้ วิธีการทำ CGI อีกทั้งยังสามารถนำความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่ และยังสามารถนำไปต่อยอดกับงานชิ้นต่างเพื่อให้เกิดคุณค่าและมูลค่าในอนาคต และเพื่อให้ความรู้แก่กลุ่มเป้าหมายได้เป็นอย่างดี โดยการนำสื่อ CGI ให้กลุ่มเป้าหมายได้รับชมและประเมินความพึงพอใจ ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน ได้จากวิธีการเลือกแบบเจาะจงตอบแบบประเมินความพึงพอใจ ผลการประเมินความพึงพอใจ พบว่า ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมายที่มีต่อสื่อ CGI เรื่อง GOODNESS อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$= 4.54) โดยกลุ่มเป้าหมายมีความพึงพอใจต่อด้านเนื้อหาของสื่ออยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.57) รองลงมา คือ ด้านเทคนิคอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.55) และ อันดับที่ 3 คือ ด้านภาพ และ เสียง อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.51) ผู้วิจัยมุ่งหวังในการนำข้อเสนอแนะและผลการประเมินไปปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้สื่อ CGI สามารถถ่ายทอดความรู้ อารมย์ มีประโยชน์ต่อผู้ที่ได้รับชมอย่างสูงสุดต่อไป

คำสำคัญ: *CGI, การผลิตสื่อ, ความดี*

Abstract

At present, CGI is one of the most popular effects of media in today's world. CGI can be applied to many types of media, for example, advertising media, teaching media, movie media. The media can be created in the way that the audience has never seen before. It can also make viewers excited about CGI in various media that are not only seeing people talking to each other anymore. CGI will allow the viewers to open a new perspective on the media viewing as mentioned in the first paragraph. The producer will be able to produce, convey and recommend ways to use CGI with the media in order to achieve effective and valuable results and is beneficial to many people. The production entitled GOODNESS is made to encourage the viewers in the form of short film that contains animations, sound effects, and CGI inputs that provide content regarding ideas and knowledge of how to do CGI and can bring knowledge to be published.

Furthermore, this knowledge from GOODNESS can be used for extending and creating new valuable piece of work in the future and to provide knowledge to the target group. This CGI media was presented to the target audience to watch and evaluate the satisfaction of the GOODNESS. The sample includes of 20 people from the purposive sampling method. The satisfaction evaluation results showed that the average satisfaction of the target group towards the CGI media was at an excellent level ($\bar{x}$ = 4.54). The target groups were satisfied with the highest content of the media level ($\bar{x}$ = 4.57), followed by the technical at an excellent level ($\bar{x}$ = 4.55) and the third is picture and sound the level is excellent ($\bar{x}$ = 4.51). The researcher aims to bring suggestions and results from the assessment to improve the media that can provide the highest CGI's knowledge underpins highest useful to those who have been watching.

Keywords: *CGI, media production,* GOODNESS

บทนำ

ในยุคปัจจุบันในวงการภาพยนตร์ วงการโฆษณาหรือวงการสื่อต่างๆ ให้ความสนใจกับการใช้ CGI เพราะมันคือโฉมใหม่ในวงการโลกมายา ที่สามารถสร้างสิ่งที่ไม่เคยมีอยู่บนโลกให้เกิดขึ้นได้ ตัวอย่างเช่น การสร้างสภาพแวดล้อมขึ้นมา สร้างไฟไหมครั้งใหญ่ หรือการออกแบบสิ่งมีชีวิตขึ้นมาที่เรียกกันติดปากว่าสัตว์ประหลาด ซึ่งในความจริงแล้วมันไม่มีจริงหรือเกิดขึ้นจริงในโลกตอนนั้นๆ ทั้งยังสามารถทำให้ผู้ชมตื่นตากับ CGI ในสื่อต่างๆ ที่ไม่ใช่มีแต่คนพูดคุยสนทนากันเพียงอย่างเดียวอีกต่อไป และจะทำให้ผู้ชมนั้นได้เปิดมุมมองใหม่กับการชมสื่อเป็นอย่างมากและด้วยความทันสมัยของเครื่องมือเหล่านี้ทำให้มีการนำมาสร้างเพื่อเป็นสื่อ CGI เพื่อแนะนำถึงสุขภาพจิตใจความคิดการวิเคราะห์แยกแยะความตระหนักรู้ถึงคุณงามความดี ที่แตกต่างไปจากรูปแบบเดิมที่เป็นเพียงแค่การบอกเล่าแนะนำแต่ไม่ได้มีปฏิบัติหรือการแสดงให้ดูเป็นตัวอย่าง และเพื่อเปลี่ยนแปลงการสอนหรือแนะนำแบบเดิมมาใช้เป็นสื่อ CGI เพื่อดึงดูดความสนใจของผู้ชมลดความจำเจกระตุ้นให้ผู้ชมมีความอยากรู้อยากเห็นอยากที่จะเอาเยี่ยงอย่าง และในปัจจุบันพฤติกรรมของมนุษย์ในการทำความดีนั้นได้เปลี่ยนไปมากจากยุคสมัยก่อนเพราะด้วยเทคโนโลยีความก้าวหน้าทางอุตสาหกรรมจึงเป็นเหตุให้มนุษย์เราถอยห่างจากหลักความดีที่มีมาอย่างยาวนาน

ผู้วิจัยเล็งเห็นถึงประโยชน์ของการสร้างสื่อขึ้นมาเพื่อสร้างเป็นภาพยนต์สั้น สะท้องสังคม และกระตุ้นให้คนเกิดความตระหนักรู้ และเนื่องด้วยสื่อ CGI ที่ให้ความรู้ในเรื่องนี้ยังมีน้อย จึงได้สร้างสื่อ CGI ที่กล่าวถึงการทำความดี มีจุดประสงค์เพื่อเป็นการสร้างสื่อ CGI ให้ความบันเทิงแก่ผู้รับชมที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย คือ กลุ่มคนอายุตั้งแต่ 20 -30 ปี (นักศึกษาและพนักงานบริษัททั่วไป) ผลที่ได้รับคือผู้รับชมได้ความบันเทิง และตระหนักถึงการทำความดีมากขึ้น โดยสร้างเป็นภาพประกอบกับเนื้อหาที่เป็นเรื่องราวเหตุการณ์ต่างๆ มีผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการที่คนไม่เชื่อมั่นในความดีมากขึ้น ถ่ายทอดผ่านตัวละครหลักของเรื่อง เพิ่มความน่าสนใจในการถ่ายทอดให้ผู้รับชมได้เห็นถึงการต่อสู้เอาชีวิตรอดในโลกอันโหดร้าย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยสร้าง CGI เพื่อการผลิตสื่อเรื่อง GOODNESS ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้กระบวนการของการวิจัยและพัฒนา [8] มาเป็นขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



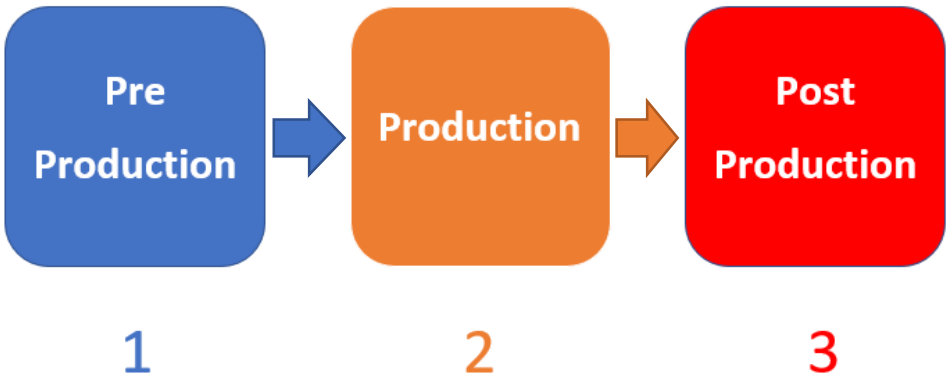
ภาพที่ 1 ขั้นตอนหลักในการผลิตสื่อ

ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ สังเคราะห์ สำรวจสภาพปัจจุบัน ปัญหา และความต้องการ

ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจสภาพปัจจุบัน คือ ผลงานสื่อ CGI ที่เกี่ยวข้อง พบว่า มีผลงานสื่อ CGI ในเรื่องนี้ค่อนข้างมีน้อย และจากการสอบถามกลุ่มเป้าหมาย คือ กลุ่มคนอายุตั้งแต่ 20 -30 ปี (นักศึกษาและพนักงานบริษัททั่วไป) โดยการสัมภาษณ์ พบว่า มีความต้องการชมสื่อที่ผสมกับ CGI เรื่อง GOODNESS โดยมีความสนใจเรื่องที่สะท้อนสังคมในปัจจุบัน

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบ สร้าง และประเมิน

การออกแบบและการสร้างสื่อ CGI เรื่อง GOODNESS นี้ ผู้วิจัยได้สร้างตามขั้นตอนหลักในการสร้างภาพยนต์ ซึ่งมีการทำงานหลัก 3 ขั้นตอน [9] ดังนี้



ภาพที่ 2 ขั้นตอนหลักในการสร้างภาพยนต์

1) ขั้นตอนก่อนการผลิต (Pre-Production) หรือขั้นตอนการเตรียมงาน เป็นขั้นตอนสำหรับการเตรียมสร้างภาพยนต์ เริ่มตั้งแต่การเตรียมเนื้อเรื่องให้เป็นภาพคร่าวๆ การวางแผนกลยุทธ์ การเตรียมงบประมาณ การวางแผนการทำงานโดยมีดังนี้

1.1) ไอเดีย (Idea) หรือ แรงบัลดาลใจ (Inspiration) CGI กับการผลิตสื่อ เรื่อง GOODNESS มีไอเดียเกิดขึ้นเมื่อได้มองในมุมของปัจจุบันว่าเนื้อหาเกี่ยวกับสภาพจิตใจของคนในปัจจุบัน มักถูกนำเสนอหรือนำไปใช้ในสื่อสำนักข่าวต่างๆ ที่ออกมาให้รูปแบบของตัวหนังสือ รูปภาพนิ่ง และที่เป็นภาพเคลื่อนไหว ผู้จัดทำ CGI กับการผลิตสื่อ เรื่อง GOODNESS จึงมีแนวคิดที่อยากจะพัฒนาสื่อที่อยู่ในรูปแบบของภาพเคลื่อนไหวและใส่ CGI ให้เป็นสื่อในรูปแบบของสื่อบันเทิงสะท้อนสังคม จึงได้ทำการรวมรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการที่จะนำข้อมูลทั้งหมดมาพัฒนาในงานให้ได้มากที่สุดจนกลายเป็น CGI กับการผลิตสื่อ เรื่อง GOODNESS

1.2) โครงเรื่อง (Story) ในการวางโครงเรื่องของ CGI กับการผลิตสื่อ เรื่อง GOODNESS จะมีการวางโครงเรื่องทั้งหมดด้วยกันอยู่ 2 ช่วง ซึ่งแต่ละช่วงจะมีการดำเนินเรื่องที่ใช้ตัวละครเป็นบทดำเนินในการเกิดเหตุการณ์ต่างๆ และภาพจากเหตุการณ์ที่มนุษย์ทำสิ่งที่ไม่ดีแก่กัน แต่ละตอนจะมีการแสดงอารมย์และใส CGI ประกอบฉากหลายๆ ฉากเพื่อเพิ่มความน่าสนใจ

1.3) สคริปต์ (Script) การเขียนสคริปต์ CGI กับการผลิตสื่อ เรื่อง GOODNESS จะเน้นใช้อารมณ์ ความรู้สึกของตัวละครในเนื้อเรื่อง เช่น อาการซึมเศร้า อาการเจ็บปวด ดีใจ และเสียใจ ในการบอกลำดับขั้นตอนให้ออกมาเป็นภาพที่แสดงถึงความรู้สึกในแต่ละช่วง เพื่อสื่อให้ผู้ที่ชมเข้าใจถึงอารมณ์ของตัวละครนั้นๆ

1.4) สตอรี่บอร์ด (Story Board) หรือ บอร์ดภาพนิ่ง ได้มีการเขียนสตอรี่บอร์ด CGI กับการผลิตสื่อ เรื่อง GOODNESS โดยทำแบบร่างในแต่ละฉากลงในกระดาษ ทั้งตัวละคร สถานที่ต่างๆ อย่างสมบูรณ์ที่สุด



ภาพที่ 3 ตัวอย่างการเขียนสตอรีบอร์ด CGI กับการผลิตสือ เรื่อง GOODNESS

1.5) บันทึกเสียง (Sound Recording) ในขั้นตอนการบันทึกเสียงทางผู้วิจัยได้ทำการบันทึกเสียงและใช้เสียงประกอบเอฟเฟคต่างๆ เพื่อที่ในแต่ละฉากมีความน่าตื่นเต้นมากยิ่งขึ้น และหลังจากที่ทำการนำสตอรี่บอร์ดมาทำให้เกิดการถ่ายทำเสร็จสิ้นเรียบร้อยแล้ว การอัดเสียงประกอบสื่อ CGI จะแยกออกเป็นประเภทของเสียงโดยหลักแล้วจะมี 4 อย่าง ดังนี้ คือ

1.5.1) เสียงบรรยาย (Narration) ในการบรรยายเสียงของตัวละครจะเน้นทำนองในการใส่อารมณ์เข้าไปในตัวละคร เพื่อเพิ่มความรู้สึกในการสื่อสารของตัวละครว่ากำลังรู้สึกอย่างไรเพื่อให้สมจริงและสมบทบาทมากที่สุด

1.5.2) บทสนทนา (Dialogue) เป็นการสื่อเรื่องราวตามบทบาทของตัวละคร โดยบทสนทนาของตัวละครในเนื้อเรื่องจะเป็นบทสนทนาประเภทเรื่องเล่า

1.5.3) เสียงประกอบ (Sound Effects) เป็นเสียงที่นอกเหนือจากบรรยาย เสียงสนทนา โดยเสียงประกอบที่นำมาใช้ใน CGI กับการผลิตสื่อ เรื่อง GOODNESS จะเป็นเสียงอื่นๆ ที่จะเพิ่มอรรถรสในการรับชมมากยิ่งขึ้นเช่น เสียงจากโทรทัศน์ เสียงนกร้อง เสียงเท้าเดิน เสียงระเบิด เป็นต้น

1.5.4) ดนตรีประกอบ (Music) ช่วยสร้างอารมณ์ของผู้ชมให้คล้อยตามเนื้อหาและปรับอารมณ์ของผู้ชม ระหว่างฉาก โดยการใช้เสียงดนตรีประกอบเลือกจากความเหมาะสมของเนื้อหาของสื่อ CGI ที่ทางผู้วิจัยนำเสนอ โดยจะใช้เป็นเสียงดนตรีที่ให้ความตื่นเต้น สนุกสนานเพลิดเพลิน เพื่อให้การรับชมสื่อ CGI ไม่น่าเบื่อและใช้ดนตรีที่ไม่ติดลิขสิทธิ์

2) ขั้นตอนการผลิต (Production) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนในการเริ่มลงมือถ่ายทำสื่อ Story Board ที่ได้จัดเตรียมไว้จากขั้นตอนการเตรียมงาน ในขั้นตอนนี้จะนำเอาความคิดและต้นแบบทั้งหมดมาต่อยอดจนเสร็จสมบูรณ์ออกมาเป็นสื่อเต็มตัว โดยใช้หลักการพื้นฐาน 12 ข้อ ของการสร้างสื่อที่ผู้สร้างได้เลือกใช้ในการสื่อ CGI กับการผลิตสื่อ เรื่อง GOODNESS มีดังนี้ [7]

2.1 มีความรู้และความเข้าใจในการจัดวางองค์ประกอบภาพเป็นอย่างดี โดยเฉพาะการจัดด้านทัศนียภาพแบบแนวนอน มุมมองจากจุดไหนการเน้นจุดสนใจ จุดแทนสายตาผู้ชม ความสมดุลของภาพ ผลงานจะไม่มีความสมบูรณ์หากองค์ประกอบจัดได้ไม่น่าสนใจ เพราะภาพเคลื่อนไหวก็เหมือนภาพนิ่งที่ต้องมีความสวยงามในเฟรมนั้นๆ

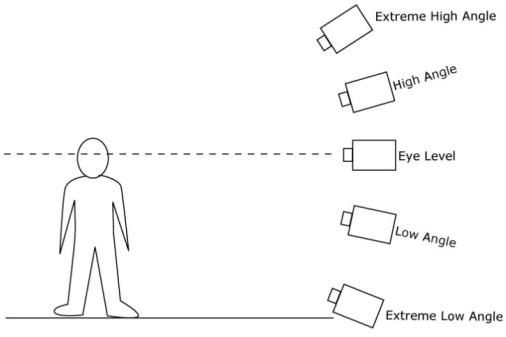
2.2 ความเข้าใจลักษณะเลนส์ในการถ่ายทำ เพื่อกำหนดจุดสนใจจุดเน้นต่างๆ มุมมองและระยะใกล้ไกล ความชัดและการเบลอของภาพ

2.3 ความเข้าใจเรื่องมุมกล้อง (Camera Angle) หมายถึง ระดับความสูงต่ำของกล้องในการบันทึกภาพ ซึ่งจะมีผลกับความรู้สึกและการรับรู้ของผู้ชมโดยแบ่งออกได้เป็น 3 ระดับได้แก่ [4]

2.3.1 ระดับตา (Eye Level) เป็นภาพที่ให้ความรู้สึกปกติธรรมดาเหมือนระดับสายตาของมนุษย์

2.3.2 มุมสูง (High Angle) เป็นการถ่ายภาพที่ตำแหน่งของกล้องอยู่ในระดับสูงกว่าวัตถุคล้าย “นกมอง”หากใช้มุมกล้องลักษณะนี้ถ่ายภาพวัตถุจะทำให้วัตถุดูต่ำต้อยไม่สำคัญ

2.3.3 มุมต่ำ (Extreme Low Angle) เป็นการถ่ายภาพที่ตำแหน่งของกล้องถ่ายภาพอยู่ในระดับต่ำกว่าวัตถุคล้าย “มดมอง” (Ant Eye view) มุมกล้องอยู่ในลักษณะมุมเงยในขณะถ่ายภาพ ภาพที่ได้จะให้ความรู้สึกว่าวัตถุที่ถ่าย สูงใหญ่ สง่า



ภาพที่ 4 การอธิบายมุมกล้องแบบต่างๆ

2.4 ความเข้าใจเรื่องขนาดภาพ ขนาดจอโทรทัศน์นั้นไม่ได้เรียกว่าขนาดภาพเล็ก หรือจอภาพยนตร์ในโรงภาพยนตร์เรียกว่า ขนาดภาพใหญ่ แต่สิ่งที่เล็กหรือใหญ่คือภาพของวัตถุที่ถ่ายทำและบันทึกมานั่นเอง เพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจ ชื่อเรียกของขนาดภาพจึงมักจะอธิบายด้วยการถ่ายภาพนักแสดงหรือบุคคล และจะเปรียบเทียบให้เห็นชัดเจนโดยการอธิบายผ่านการถ่ายวัตถุ เช่นขนาดภาพ LS (Long Shot) คือขนาดภาพไกลจะเห็นนักแสดงตัวเล็กอยู่ในสภาพแวดล้อม ขนาดภาพใกล้ CU (Close Up) ที่จะถ่ายให้เห็นเฉพาะใบหน้าหรือศีรษะ ซึ่งจะเป็นการเน้นอารมณ์ของบุคคลที่เราถ่ายสู่ผู้ชมได้อย่างดี เพราะผู้ชมจะเห็นทั้งสีหน้า แววตา ความรู้สึก และรายละเอียดเล็กน้อยอย่างใกล้ชิด เป็นต้น

2.5 ความเข้าใจเรื่องการเคลื่อนที่ของกล้อง ในการสร้างภาพเทคนิคพิเศษด้วยเทคนิคการจัดการกับเวลาในสื่อภาพเคลื่อนไหวมักนิยมใช้วิธีการล็อคกล้องไว้กับขาตั้งที่แข็งแรง เพื่อการเคลื่อนไหวของวัตถุได้อย่างอิสระและเพื่อให้ได้ภาพที่นุ่มนวลไม่กระตุก แต่อาจจะมีการใช้วิธีการซูม (Zoom) คือ ลักษณะการเคลื่อนไหวของภาพที่เกิดจากการทำงานของเลนส์ หรือการถ่ายภาพเป็นรัศมีวงกลมด้วยกลไกของขาตั้งกล้องเช่นการแพน (Pan) หรือการทิลท์ (Tilt) บ้างเล็กน้อย สลับกันไป

2.6 ความเข้าใจเรื่องการตัดต่อ เพราะการตัดต่อเป็นส่วนสำคัญของการสื่อสาร ฟิล์มภาพยนตร์หรือไฟล์วิดีโอที่ถูกบันทึกภาพมาแล้ว แต่ยังไม่ได้ตัดต่อก็เปรียบเสมือนคำแต่ละคำที่คัดออกมาจากพจนานุกรม ซึ่งจะให้แต่ความหมายเฉพาะในแต่ละคำ แต่ไม่สามารถเข้าใจได้จึงจำเป็นต้องนำมาจัดเรียงในรูปประโยคและย่อหน้า การตัดต่อเป็นการนำฉากเหตุการณ์ต่างๆมาลำดับเข้าด้วยกันเป็นซีเควนส์ (Sequence) เพื่อสามารถสื่อสารแสดงความคิดเห็นต่างออกมาได้ทำนองเดียวกันกับการเอาคำต่างๆมาเรียงร้อยเข้าด้วยกันเป็นประโยคนั่นเอง หากไม่มีการตัดต่อลำดับภาพจะไม่สามารถเกิดความหมายและกลายเป็นผลงานที่เสร็จสมบูรณ์การตัดและต่อ (Splice) ไฟล์วิดีโอหรือฟิล์มภาพยนตร์ 2 ชิ้นเข้าด้วยกันไม่เรียกว่าการตัดต่อ (Edit) เพราะการตัดต่อที่แท้จริงหมายถึงการสร้างความสัมพันธ์ขององค์ประกอบทั้งหมดของเรื่องราวในภาพยนตร์ โดยคำนึงถึงการเคลื่อนไหวภายในช็อต ทิศทางในการแสดงและของวัตถุ องค์ประกอบภาพตลอดจนความยาวของฉากเหตุการณ์ในแต่ละฉาก เพื่อใช้ในการสร้างจังหวะ (Tempo) ในเรื่องนั่นเอง

2.7 ความเข้าใจเรื่องของจังหวะ ในสื่อภาพเคลื่อนไหวจะถูกควบคุมด้วยความยาวของเวลาที่ฉากเหตุการณ์นั้นจะปรากฏบนจอภาพ โดยมีข้อกำหนดว่าเหตุการณ์ใดนำเสนอบนจอภาพนานเท่าใดจังหวะของเหตุการณ์นั้นก็จะมีลักษณะค่อนข้างเฉื่อยชา แต่หากจังหวะใดปรากฏค่อนข้างสั้น จังหวะของเหตุการณ์นั้นก็จะมีลักษณะไปในทางตื่นเต้นมากกว่า ทั้งสองอย่างต่างมีคุณค่าในตัวมันเอง โดยเลือกใช้ให้เหมาะสมกับการนำเสนอเทคนิควิธีการสร้างภาพเทคนิคพิเศษด้วยการจัดการกับเวลาได้ถูกใช้งานซ้ำแล้วซ้ำอีก แต่ยังไม่ได้มีการอธิบายถึงหลักการหรือที่มาโดยละเอียด เมื่อได้ทราบถึงที่มาและหลักการจะทำให้สามารถวางแผนในการถ่ายทำได้ในทันที โดยไม่ต้องใช้การแก้ปัญหาหรือสร้างภาพเทคนิคพิเศษเพิ่มเติมในภายหลัง

3) ขั้นตอนหลังการผลิต (Post-Production) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการปรับแต่งชิ้นงานและการใส่ CGI จะมามีบทบาทที่สุดในขั้นตอนนี้ การตรวจเช็คงานการจัดเก็บงาน เพื่อไว้ใช้ในการนำเสนองาน อาจอยู่ในรูปแบบอินเทอร์เน็ต หรือการนำเสนอในรูปแบบไฟล์วิดีโอ ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ ถือว่างานที่ได้จากขั้นตอนนี้จะเป็นงานสื่อที่เสร็จสมบูรณ์ทั้งภาพ และเสียงพร้อมนำไปใช้งานจริง เมื่อผู้วิจัยได้ทำ CGI กับการผลิตสื่อ เรื่อง GOODNESS เสร็จแล้วก็มาทำการไล่ตรวจสอบความเรียบร้อยของเนื้องานในสื่อว่า เรียบร้อยสมบูรณ์และพร้อมที่จะนำไปเป็นสื่อความรู้หรือไม่ เมื่อตรวจความเรียบร้อยเสร็จก็เป็นการทำงานเสร็จสิ้นตามขั้นตอนการสร้างการ์ตูนอย่างสมบูรณ์

โปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนา CGI กับการผลิตสื่อ เรื่อง GOODNESS นี้ ได้แก่ โปรแกรม Adobe After Effect CC ซึ่งใช้ในการสร้าง CGI และเทคนิคต่างๆ โปรแกรม Adobe Premiere Pro CC ใช้ในการตัดต่อและใส่เสียงกับสื่อ โปรแกรม Davinci Resolve ใช้ในการตกแต่งสีภาพต่างๆ ที่เป็นส่วนประกอบในสื่อ โปรแกรม Adobe Audition ช่วยในการแปลงเสียง เนื่องจากมีเสียงหลายรูปแบบ จึงต้องมีการแปลงเสียง เพื่อให้ได้เสียงที่แตกต่างกันให้เหมาะสมกับฉาก และโปรแกรม Format Factory เพื่อใช้ในการแปลงไฟล์เพื่อทำการอัพโหลดไฟล์ขึ้นไปยังเว็บไซต์ของ YouTube

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้

หลังจากที่ได้ทำการสร้าง CGI กับการผลิตสื่อ เรื่อง GOODNESS เสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้นำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง คือ กลุ่มคนอายุตั้งแต่ 20 -30 ปี (นักศึกษาและพนักงานบริษัททั่วไป) จำนวน 20 คน วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง โดยผู้ใช้ผู้วิจัยสร้างแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ชมที่มีต่อสื่อ CGI เป็นแบบสอบถาม 5 ระดับ (Likert Scale) โดยกำหนดช่วงคะแนนดังนี้ [1]

คะแนน 4.21 – 5.00 ผู้ชมมีความพึงพอใจระดับ มากที่สุด

คะแนน 3.41 – 4.20 ผู้ชมมีความพึงพอใจระดับ มาก

คะแนน 2.61 – 3.40 ผู้ชมมีความพึงพอใจระดับ ปานกลาง

คะแนน 1.81 – 2.60 ผู้ชมมีความพึงพอใจระดับ น้อย

คะแนน 1.00 – 1.80 ผู้ชมมีความพึงพอใจระดับ น้อยที่สุด

ในการกำหนดข้อคำถามในการวิจัย ผู้วิจัยได้กำหนดให้การประเมินความพึงพอใจของผู้ชม แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่

ด้านที่ 1 ด้านเนื้อหาของสื่อ

ด้านที่ 2 ด้านภาพและเสียง

ด้านที่ 3 ด้านเทคนิค

ผลการประเมินจะถูกนำมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานรายละเอียดสูตรที่ใช้ในการคำนวณมีดังนี้ [2]

ค่าเฉลี่ย คือผลรวมของข้อมูลทั้งหมดหารด้วยจำนวนข้อมูลทั้งหมด คำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{\mathrm{N}}$$

เมื่อ $\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ย

$\sum x$ คือ ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

N คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นการวัดการกระจายที่นิยมมาก สามารถนำไปใช้ได้มากในการวิจัย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคือรากที่สองของค่าเฉลี่ยของกำลังสองของค่าเบี่ยงเบน คำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{N-1}}$$

เมื่อ S คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

x คือ คะแนนแต่ละตัว

$\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนน

N คือ จำนวนคะแนนในกลุ่ม

Σ คือ ผลรวม

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินและปรับปรุง

ในขั้นตอนนี้ หลังจากที่ได้นำ CGI กับการผลิตสื่อ เรื่อง GOODNESS ไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างแล้วก็ได้มีการนำผลที่ได้มาประเมินพร้อมปรับปรุงแก้ไขสื่อตามผลการประเมินให้ดีและตรงกับความต้องการของผู้ชมที่เป็นกลุ่มตัวอย่างให้มากยิ่งขึ้น

ขั้นตอนที่ 5 การเผยแพร่

ขั้นตอนการเผยแพร่นั้น คือ หลังจากที่ผู้วิจัยได้ทำการประเมินและปรับปรุง CGI กับการผลิตสื่อ เรื่อง GOODNESS เป็นที่เรียบร้อยแล้ว จึงได้มีการนำสื่อ เรื่องดังกล่าวเผยแพร่บนช่องทางเครือข่ายสังคมออนไลน์ ได้แก่ ยูทูป (YouTube (https://youtu.be/5SnjSawSsnw)) เพื่อเผยแพร่ผลงานให้ผู้ที่สนใจที่เป็นกลุ่มเป้าหมายทั่วไปได้รับชม

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัยการสร้าง CGI กับการผลิตสื่อ เรื่อง GOODNESS ประกอบไปด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ผลลัพธ์ของสื่อ และผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมาย รายละเอียดผลการวิจัยมีดังต่อไปนี้

1. CGI กับการผลิตสื่อ เรื่อง GOODNESS

สื่อเรื่องนี้ มีตัวละครดำเนินเรื่อง 2 ตัว ได้แก่ เรย์ กับ นัท มีความยาวของสื่อ 8.35 นาที ที่ถ่ายทอดเรื่องราวของเรย์ที่ต้องเอาชีวิตรอดหลังจากโลกเกิดสงคราม การฆ่าฟันกัน จึงทำให้เรย์เด็กสาวคนนี้ไม่เชื่อเรื่องการทำความดีกับใคร เพราะผู้คนต่างฆ่าฟันอย่างโหดร้าย ทำสิ่งเลวร้ายทุกวัน จนได้เจอกันนัท ชายหนุ่มที่ได้เข้ามาช่วยชีวิตเธอไว้ ตัวอย่างของสื่อมีดังนี้



ภาพที่ 5 ฉากสงครามที่ใช้ CGI



ภาพที่ 6 ฉากแสดงอารมย์ตัวละคร



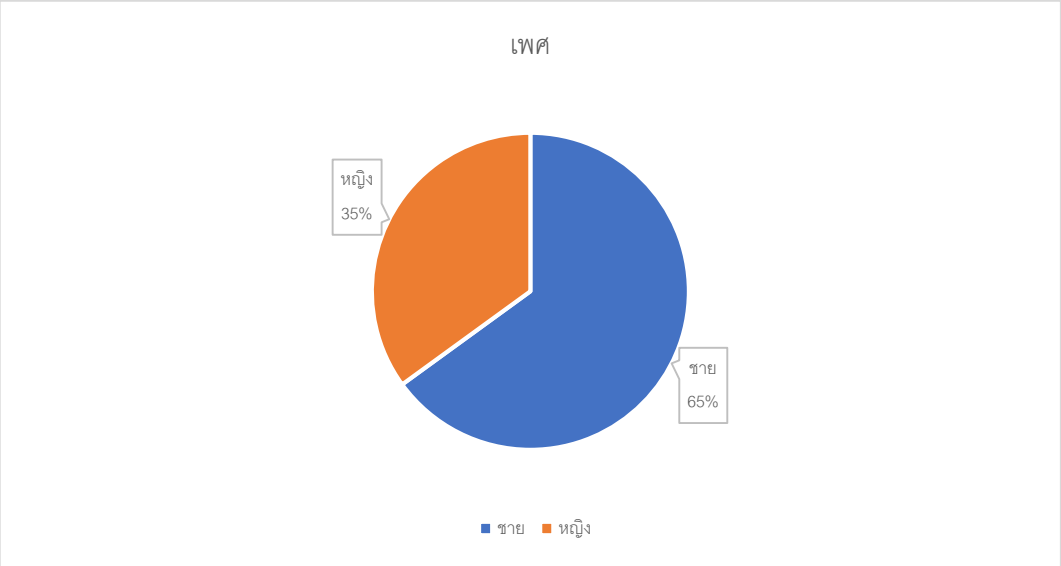
ภาพที่ 7 ฉากระเบิดตึกขนาดใหญ่ ที่ใช้ CGI

2. ผลการประเมินความพึงพอใจ

การประเมินผลการวิจัย เรื่อง CGI กับการผลิตสื่อ เรื่อง GOODNESS โดยการนำสื่อไปให้กลุ่มเป้าหมายเป็นผู้ประเมินความพึงพอใจจากการรับชม ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งกลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักศึกษา พนักงานบริษัท ซึ่งการประเมินแบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัวของผู้ประเมิน จำนวน 3 ข้อ ได้แก่ 1. เพศ 2. ระดับการศึกษา 3. อาชีพ และ ตอนที่ 2 ข้อคำถาม CGI กับการผลิตสื่อ เรื่อง GOODNESS นั้นแบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1. ด้านเนื้อหาของสื่อ 2. ด้านภาพและเสียง และ 3. ด้านเทคนิค มีจำนวนผู้ประเมิน 20 คน ซึ่งได้ผลการประเมินดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัวของผู้ประเมิน

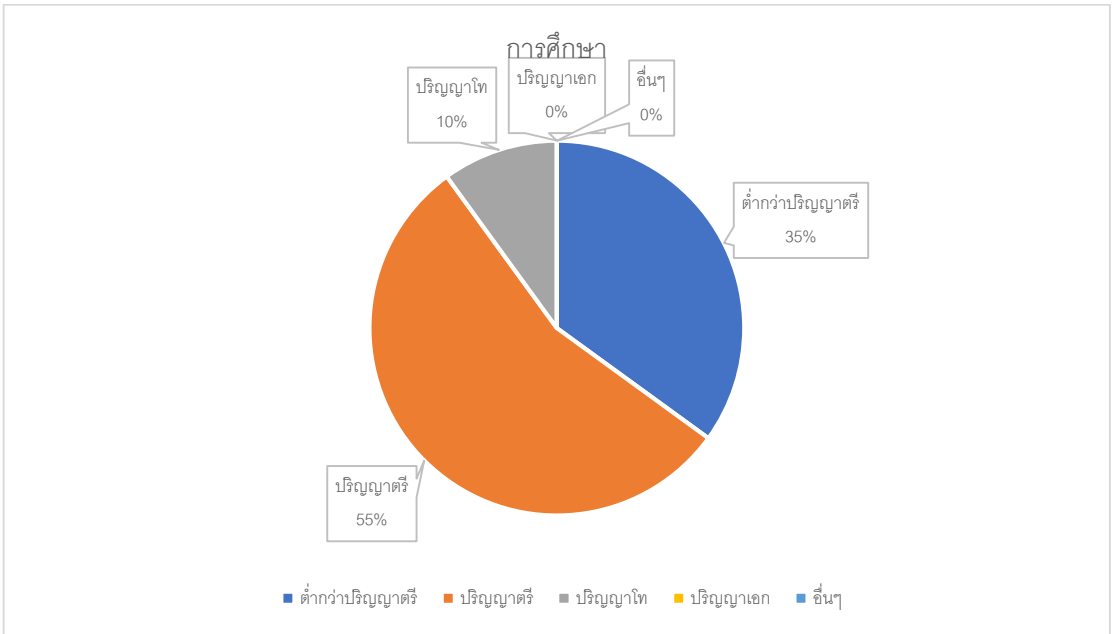
1. เพศ



ภาพที่ 8 ข้อมูลส่วนตัวของผู้ประเมิน (เพศ)

กลุ่มเป้าหมายจำนวน 20 คน แบ่งเป็นเพศชายจำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 65 และเป็นเพศหญิงจำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 35

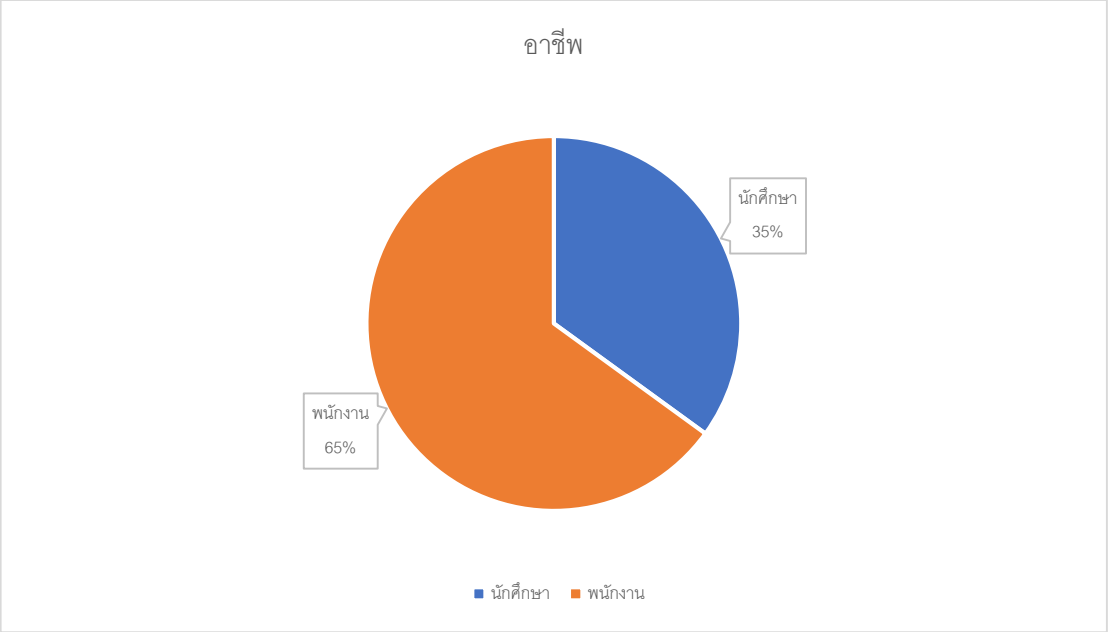
2. ระดับการศึกษา



ภาพที่ 9 ข้อมูลส่วนตัวของผู้ประเมิน (ระดับการศึกษา)

กลุ่มเป้าหมายจำนวน 20 คน อันดับ 1 มีระดับการศึกษา ปริญญาตรี จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 55 อันดับ 2 มีระดับการศึกษา ต่ำกว่าปริญญาตรี จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 35 และอันดับ 3 มีระดับการศึกษา ปริญญาโท จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 10

3. อาชีพ



ภาพที่ 10 ข้อมูลส่วนตัวของผู้ประเมิน (อาชีพ)

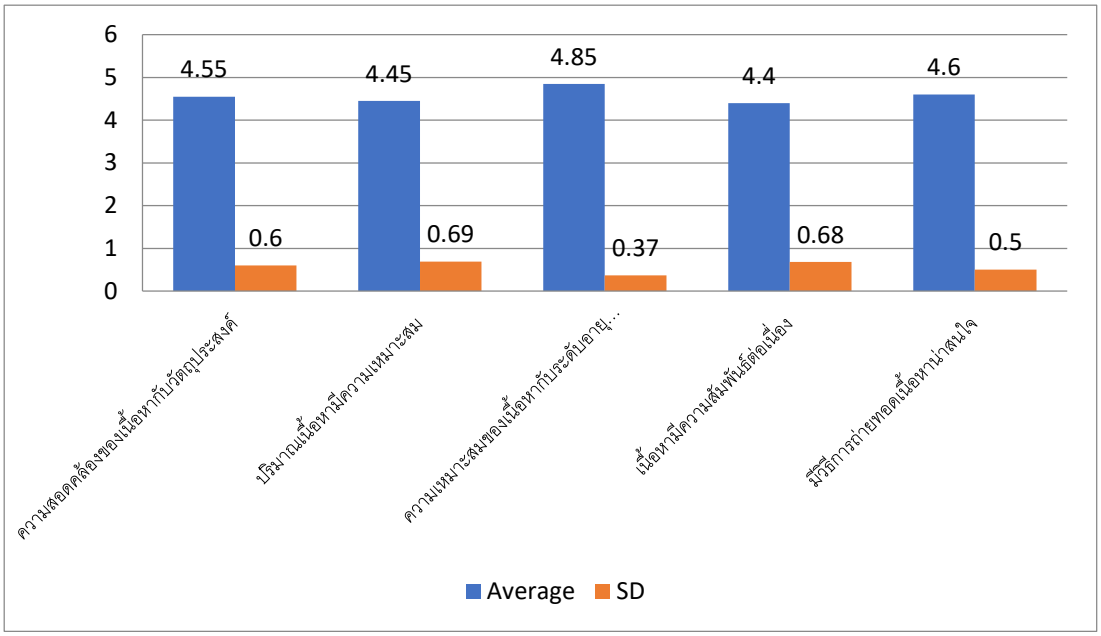
กลุ่มเป้าหมายจำนวน 20 คน อันดับ 1 มีอาชีพ คือ พนักงานบริษัท จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 65 อันดับ 2 มีอาชีพ คือ นักศึกษา จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 35

ตอนที่ 2 ข้อคำถามเกี่ยวกับ CGI กับการผลิตสื่อ เรื่อง GOODNESS หลังจากที่กลุ่มเป้าหลายได้รับชมสื่อแล้ว ได้ทำการประเมินความพึงพอใจในแต่ละด้านตามแบบสอบถามความพึงพอใจที่ผู้วิจัยได้ออกแบบไว้ เป็นแบบสอบถาม 5 ระดับ (Likert Scale) โดยกำหนดช่วงคะแนนดังนี้

คะแนน 4.21 – 5.00 ผู้ชมมีความพึงพอใจระดับ มากที่สุด
คะแนน 3.41 – 4.20 ผู้ชมมีความพึงพอใจระดับ มาก
คะแนน 2.61 – 3.40 ผู้ชมมีความพึงพอใจระดับ ปานกลาง
คะแนน 1.81 – 2.60 ผู้ชมมีความพึงพอใจระดับ น้อย
คะแนน 1.00 – 1.80 ผู้ชมมีความพึงพอใจระดับ น้อยที่สุด

และเมื่อได้ประเมินความพึงพอใจในแต่ละด้าน ได้ผลการประเมิน ดังต่อไปนี้

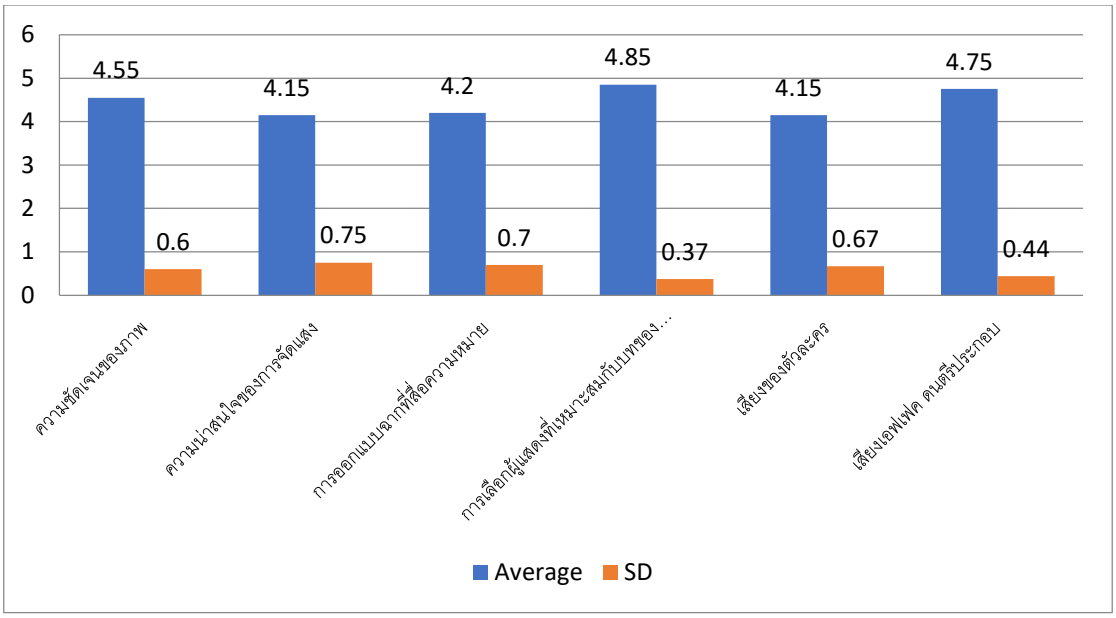
1. ด้านเนื้อหาของสื่อ



ภาพที่ 11 ระดับความพึงพอใจด้านเนื้อหาของสื่อ

จากกลุ่มเป้าหมายจำนวน 20 คน มีความพึงพอใจในด้านเนื้อหาของสื่อในภาพรวม อยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.57) พึงพอใจมากที่สุด คือ ความเหมาะสมของเนื้อหากับระดับอายุของผู้ดู อยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.85) อันดับที่ 2 คือ มีวิธีการถ่ายทอดเนื้อหาน่าสนใจ อยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.60) และ อันดับสุดท้าย คือ เนื้อหามีความสัมพันธ์ต่อเนื่อง อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.40)

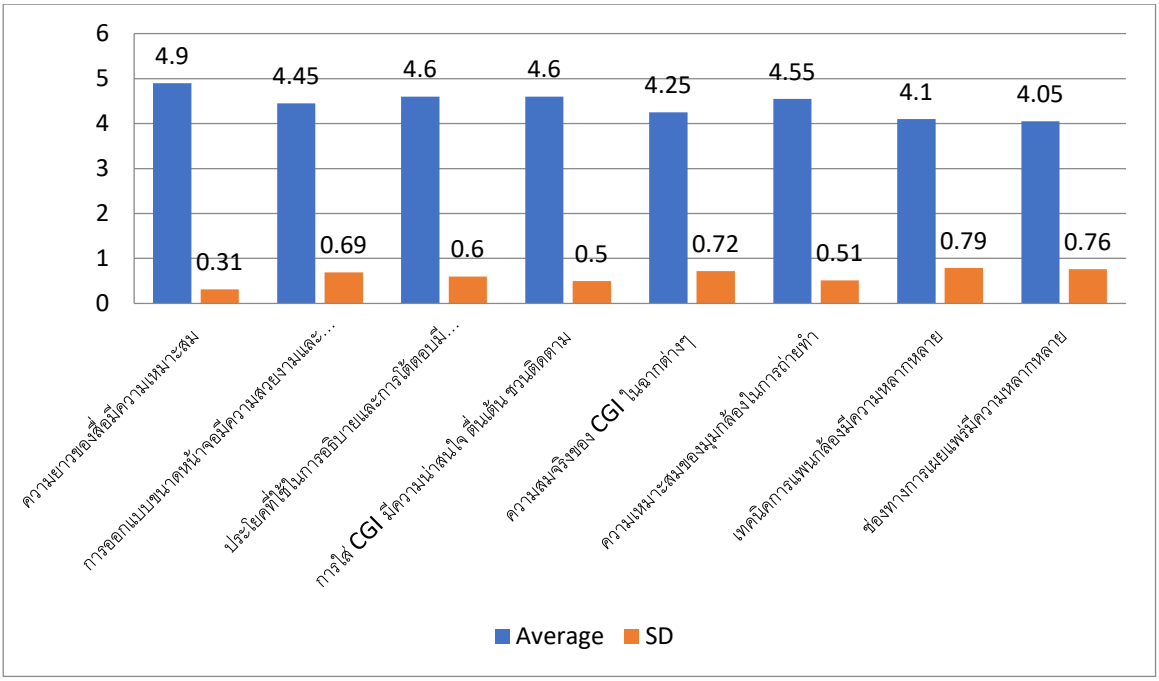
2. ด้านภาพและเสียง



ภาพที่ 12 ระดับความพึงพอใจด้านภาพและเสียง

จากกลุ่มเป้าหมายจำนวน 20 คน มีความพึงพอใจในด้านภาพและเสียงในภาพรวม อยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.51) พึงพอใจมากที่สุด คือ การเลือกผู้แสดงที่เหมาะสมกับบทของตัว อยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.85) อันดับที่ 2 คือ เสียงเอฟเฟคดนตรีประกอบ อยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.75) และ อันดับสุดท้าย คือ ความน่าสนใจของการจัดแสง และ เสียงของตัวละคร อยู่ในระดับ มาก ($\bar{x}$ = 4.15)

3. ด้านเทคนิค



ภาพที่ 13 ระดับความพึงพอใจด้านเทคนิค

จากกลุ่มเป้าหมายจำนวน 20 คน มีความพึงพอใจในด้านเทคนิคในภาพรวม อยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.55) พึงพอใจมากที่สุด คือ ความยาวของสื่อมีความเหมาะสม อยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.90) อันดับที่ 2 คือ ประโยคที่ใช้ในการอธิบายและการโต้ตอบมีความกระชับเข้าใจง่าย และ การใส่ CGI มีความน่าสนใจ ตื่นเต้น ชวนติดตาม อยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.60) และอันดับสุดท้าย คือ ช่องทางการเผยแพร่มีความหลากหลาย อยู่ในระดับ มาก ($\bar{x}$ = 4.05)

สรุป

การสร้าง CGI กับการผลิตสื่อ เรื่อง GOODNESS มีขั้นตอนในการสร้าง 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนก่อนการผลิต (Pre-Production) กิจกรรมที่ดำเนินในขั้นตอนนี้ เช่น การวางโครงเรื่อง การเขียนสคริปต์ การเขียนสตอรี่บอร์ด การออกแบบฉาก การใส่เอฟเฟค โทนสีของตัวละครและฉากต่างๆ ให้มีกราฟิก เอฟเฟค สีสันที่น่าสนใจแล้วไปในทิศทางเดียวกัน วิธีการทำให้เอฟเฟคดูสมจริงให้มากที่สุด และรวมไปถึงการค้นคว้าหาเทคนิคการใส่เอฟเฟค เสียงประกอบต่างๆ เทคนิคของการตกแต่งปรับภาพ เสียงต่างๆ มีการนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้เตรียมไว้ขึ้นมาประกอบรวมเข้าด้วยกัน โดยคำนึงถึงความถูกต้อง ความตื่นเต้น สมจริง ความสวยงาม และประสิทธิภาพในการใช้งาน เพื่อให้ตรงตามลักษณะของขอบเขตงาน และตรงตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ ส่วนในขั้นตอนการผลิต (Production) นี้เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมากเพราะจำเป็นต้องใช้ความรู้หลายด้านประกอบกัน เริ่มตั้งแต่กระบวนการคิด สร้างฉาก ทางด้านการใช้โปรแกรมเพื่อให้การผลิตสื่อได้ตามที่ต้องการ การใส่เสียงให้กับตัวละครตามที่ได้ออกแบบไว้ การจัดวางฉากเพื่อให้เกิดความน่าสนใจ และบทในการดำเนินเรื่องต้องมีความต่อเนื่อง สนุกสนาน ตื่นเต้นน่าติดตาม มีเรื่องราวที่เข้าใจง่ายชัดเจนเพื่อดึงดูดความน่าสนใจ และเทคนิคต่างๆ ต้องนำมาใช้ประยุกต์เพื่อนำมาสร้างสื่ออย่างถูกต้อง และ

ขั้นตอนหลังการผลิต (Post-Production) ได้ตรวจสอบความเรียบร้อยของเนื้องาน ทำการปรับแต่งผลงาน การตรวจเช็คงาน และการจัดเก็บงาน เพื่อไว้ใช้ในการนำเสนองาน ในรูปแบบอินเทอร์เน็ต หรือในรูปแบบไฟล์วิดีโอ ซึ่งได้เป็นสื่อ CGI เรื่อง GOODNESS ที่เสร็จสมบูรณ์ทั้งภาพและเสียงพร้อมนำไปใช้งานจริง เมื่อตรวจความเรียบร้อยเสร็จก็เป็นการทำงานเสร็จสิ้นตามขั้นตอนการสร้างสื่อ

เมื่อสร้างสื่อ CGI เรียบร้อยแล้ว ได้นำไปให้กลุ่มเป้าหมายได้รับชมและประเมินความพึงพอใจจำนวน 20 คน ผลการประเมินความพึงพอใจพบว่า ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมายที่มีต่อสื่อ CGI อยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.54) โดยกลุ่มเป้าหมายมีความพึงพอใจต่อด้านเนื้อหาของสื่อมากที่สุด อยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.57) รองลงมา คือ ด้านเทคนิค อยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.55) และ อันดับที่ 3 คือ ด้านภาพและเสียง อยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.51) มีข้อเสนอแนะเรื่องการพากย์เสียงให้มีความชัดถ้อยชัดคำ เพื่อให้สื่อ CGI สามารถสร้างความสนุก ตื่นเต้น มีประโยชน์ต่อผู้ที่ได้รับชมอย่างสูงสุดต่อไป

ในส่วนของข้อเสนอแนะในการทำครั้งต่อไป สำหรับสื่อ CGI เรื่อง GOODNESS ในขั้นตอนการสร้างสื่อ ผู้ที่สนใจจะทำงานวิจัยในลักษณะนี้ควรปรึกษาและขอคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญทั้งด้านเนื้อหาและเทคนิคการสร้าง เพื่อทำให้สื่อที่ผลิตออกมามีประสิทธิภาพอย่างแท้จริง การสร้างรูปแบบของสื่อประเภทนี้ที่หลากหลายก็จะช่วยเพิ่มความรู้และความน่าสนใจของชิ้นงานมากขึ้นอีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

1. กฤษิยากร เตชะปิยะพร. การวิจัยและพัฒนางานวิชาการ (R&D). 2552. [เข้าถึงเมื่อ 2562 เมษายน 10]. เข้าถึงได้จาก https://hq.prd.go.th/ewt/plan/ewt_dl_link.php?nid=1900.
2. กัลยา วาณิชย์บัญชา. สถิติสำหรับงานวิจัย. กรุงเทพฯ: ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2552.
3. คณะผู้ผลิต. การผลิตภาพยนตร์เบื้องต้น. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช; 2551.
4. นิจจัง พันธะพจน์. การสร้างภาพเทคนิคพิเศษด้วยเทคนิคการจัดการกับเวลาในภาพเคลื่อนไหว. วารสารวิชาการศิลปะสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร. 2561; 9(1):70-82.
5. ฝ่ายบริการความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. พจนานุกรมศัพท์ สสวท. [อินเทอร์เน็ต]. 2561. [เข้าถึงเมื่อ 2561 มีนาคม 15]. เข้าถึงได้จาก: http://www.thaiglossary.com.
6. พัชนี แสนไชย. กลยุทธ์การผลิตภาพยนตร์ไทยในยุคดิจิทัล. 2560. [เข้าถึงเมื่อ 2562 เมษายน 12]. เข้าถึงได้จาก http://www.bsru.ac.th/identity/archives/4198.
7. มนัสสินี ล่ำสันเทียะ. ลงมือทำจริง Flash Animation สร้างงานแอนิเมชันการ์ตูน +CD. กรุงเทพฯ: ซิมพลิฟาย; 2556.
8. รัตนะ บัวสนธ์. วิจัยเชิงคุณภาพทางการศึกษา. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2556.
9. สนั่น สระแก้ว, ปรัชญา เฉลิมวัฒน์ และอภิชญ์ บุศยศิริ. แอนิเมชัน. สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ. 2561; 36:227-251.
10. อนุชา เสรีสุชาติ. การบริหารการผลิตภาพยนตร์อนิเมชัน. [รายงานโครงการเฉพาะบุคคลปริญญามหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2548.

[IT-O13] ระบบฐานข้อมูลทดสอบสมรรถภาพทางกายสำหรับห้องฟิตเนส คณะวิทยาการจัดการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยนครพนม

Fitness Database System for Fitness Room at Faculty of Management Science and Information Technology Nakhon Phanom University

ณัฐชัย จิรนันทิไชย, ศราวุธ ราชมณี*, ศักดิ์ชัย ศรีสุข, และ รสสุคนธ์ สุวรรณกูฎ
Nattachai Jiranuntichai, Saravut Rachamanee, Sakchai Srisuk, and Rossukon Suwunakood
สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยนครพนม
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: saravut_r@npu.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบฐานข้อมูลทดสอบสมรรถภาพทางกาย โดยใช้เครื่องมือพัฒนาได้แก่ Laravel PHP Framework สำหรับสร้างเว็บขึ้น และ Visual Studio Code ในการเขียนโค้ดเว็บ ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน และผู้ใช้งาน จำนวน 20 คน ด้านความสามารถของระบบได้ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.2 และ 0.6 ด้านการใช้งานได้ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.7 และ 0.62 ผลจากการประเมินสรุปได้ว่า ระบบฐานข้อมูลทดสอบสมรรถภาพทางกายสำหรับห้องฟิตเนส คณะวิทยาการจัดการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยนครพนม มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับมาก งานวิจัยนี้นำมาแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับการจัดการข้อมูลการทดสอบสมรรถภาพทางกาย เนื่องจากในปัจจุบันการทดสอบสมรรถภาพทางของทางมหาวิทยาลัยนครพนมยังใช้แบบบันทึกเป็นเอกสารซึ่งสิ้นเปลืองการจัดการและมีจำนวนมาก การนำเว็บแอพพลิเคชั่นเข้ามาใช้เพื่อให้การใช้งานระบบนี้สามารถเข้าใช้งานได้ทุกที่และทุกแพลตฟอร์มและสามารถจัดเก็บข้อมูลผ่านฐานข้อมูล

คำสำคัญ: *ระบบฐานข้อมูล, ฟิตเนส, เว็บแอพลิเคชั่น*

Abstract

This research was to develop the Fitness Database System by using the Laravel PHP Framework for Web Development and Visual Studio Code. The result from the evaluation by 3 experts and 20 users showed that mean and standard deviation of Fitness Database Test Application according to the capability and function were at 4.2, S.D. 0.6, and 3.7, S.D. 0.62 respectively. To summarize, Fitness Database System for Fitness Room at Faculty of Management Science and Information Technology, Nakhon Phanom University had a high performance.This research aims to solve the problems of managing physical fitness database due to the current performance testing of Nakhon Phanom University is recorded by paper-based which wasting lot of management. Bringing the web application is to access the database anytime and anywhere and able to manage data through it.

Keywords: *Database System, Fitness, Web Application*

บทนำ

สมรรถภาพทางกายมีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการมีคุณภาพชีวิตที่ดี เพราะมีเพียงจะบ่งบอกถึงความสามารถของแต่ละคนว่าจะใช้แรงกายในชีวิตประจำวัน ในการเล่นกีฬาหรือในยามฉุกเฉินได้อย่างมีประสิทธิภาพเพียงใดแล้ว ยังเป็นเครื่องมือสำคัญที่แสดงถึงการมีคุณภาพที่ดีหรือไม่ดีด้วย การทดสอบสมรรถภาพทางกายเป็นกิจกรรมหนึ่งที่ช่วยในการส่งเสริมการออกกำลังกายหรือเล่นกีฬา เพราะจะช่วยเป็นแนวทางแก้ไขในการบกพร่องของร่างกายให้แข็งแรงสมบูรณ์ยิ่งขึ้นเป็นแรงจูงใจที่สำคัญของคน

ปกติทั่วไปจะประกอบด้วย การมีขนาดร่างกายที่เหมาะสม การมีความอ่อนตัวยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อดี การมีความแข็งแรงทนทานของกล้ามเนื้อ และมีความอดทนของระบบหายใจและไหลเวียนเลือด[1]

ความรู้ ความเข้าใจ หลักการ ตลอดจนวิธีการออกำลังกายที่ถูกต้องจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องอธิบายให้เข้าใจได้ง่ายและสะดวกต่อการนำไปใช้ สามารถรับรู้ถึงสภาวะของร่างกายตัวเองที่แท้จริงในแต่ละช่วงซึ่งการออกกำลังกายมีเกณฑ์มาตรฐานในการทดสอบแล้วการที่จะนำมาเปรียบเทียบจำเป็นต้องทำการทดสอบสมรรถภาพทางกายว่าร่างกายอยู่ในเกณฑ์ระดับใด[2] แต่ปัจจุบันการทดสอบสมรรถภาพทางกายของมหาวิทยาลัยนครพนมนั้นต้องบันทึกลงในกระดาษทำให้เกิดปัญหาข้อมูลผิดพลาดและจัดเก็บได้ยาก จากการศึกษาระบบเกี่ยวกับการเก็บข้อมูลสุขภาพต่างๆ เพื่อนำมาศึกษาและปรับปรุงใช้งานโดยสร้างระบบบนแพลตฟอร์มเพื่อให้ใช้งานได้สะดวกมากขึ้นไม่จำเป็นต้องพกอุปกรณ์คำนวณหรือทำเฉพาะในคอมพิวเตอร์

ดังนั้นผู้พัฒนาจึงได้เล็งเห็นปัญหานี้แล้วมีความสนใจที่จะพัฒนาระบบฐานข้อมูลทดสอบสมรรถภาพทางกายเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวให้ดียิ่งขึ้นโดยปรับปรุงให้การวัดผลทดสอบสมรรถภาพทางกายนั้นไปใช้บนแพลตฟอร์มแทนจากการใช้วิธีแบบเดิมเพื่อลดการใช้กระดาษ การจัดเก็บ และสะดวกต่อการใช้งาน

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้ใช้วงจรชีวิตของการพัฒนาซอฟต์แวร์ (Software Development Life Cycle :SDLC)

1. วิเคราะห์ความต้องการ[3]

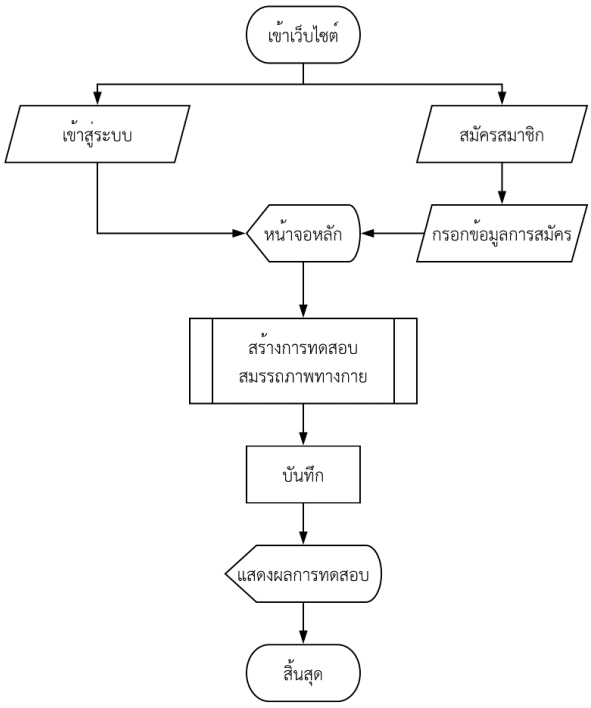
การพัฒนาระบบฐานข้อมูลวิเคราะห์สมรรถภาพทางกาย ผู้พัฒนาระบบได้ทำการศึกษาถึงการวิเคราะห์สมรรถภาพทางกายพบปัญหาดังนี้ คือ การวิเคราะห์สมรรถภาพทางกายในปัจจุบันยังเป็นการใช้คนเป็นผู้ดำเนินการคำนวณไม่มีการนำตัวช่วยในการคำนวณและเก็บข้อมูลเข้ามาช่วยทำให้เกิดการผิดพลาดในการวิเคราะห์ข้อมูล

2. การออกแบบระบบ[4]

ผู้พัฒนาได้ออกแบบส่วนของผู้ดูแลระบบและผู้ใช้งาน ประกอบด้วย (1) ส่วนผู้ดูแลระบบ มีขอบเขตในการจัดการระบบดังนี้ เพิ่ม ลบ ผู้ควบคุมการทดสอบสมรรถภาพทางกาย ลบข้อมูลผู้ทดสอบสมรรถภาพทางกาย แสดงข้อมูลผู้ทำการทดสอบสมรรถภาพทางกาย (2) ส่วนของอาจารย์ผู้ทำการทดสอบ มีขอบเขตในการจัดการระบบ ดังนี้ สร้างข้อมูลผู้ทดสอบสมรรถภาพทางกาย ค้นหาข้อมูลของผู้ทดสอบสมรรถภาพทางกาย แสดงข้อมูลผู้ทำการทดสอบสมรรถภาพทางกาย

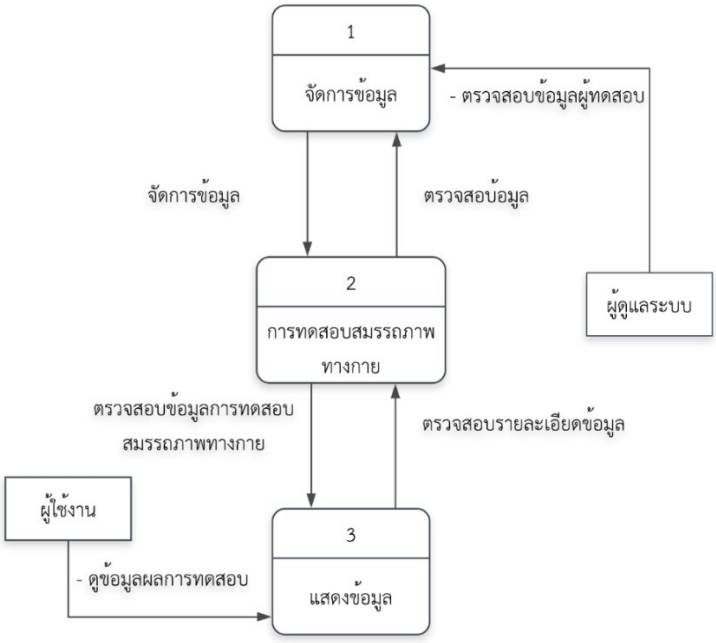
ขั้นตอนสร้างเว็บเพจกำหนดการเชื่อมโยงในแต่ละหน้าเว็บเพจให้สามารถเชื่อมโยงกลับไปกลับมาระหว่างหน้าเว็บเพจต่างๆ ได้ และ แต่ละหน้าก็สามารถเชื่อมโยงกลับมายังหน้าหลักได้ออกแบบโครงสร้างหน้าเว็บเพจในแต่ละหน้าเพื่อจะได้รู้ว่าในเว็บเพจแต่ละหน้ามีรายละเอียดอะไรบ้าง ไม่ว่าจะเป็น ข้อมูล ตารางจากนั้นทำการออกแบบหน้าเว็บเพจหน้าต่อไป

Flowchart ระบบทดสอบสมรรถภาพทางกาย มีการทำงานโดยเข้าใช้ผ่านเว็บไซต์จากนั้นทำการสมัครสมาชิก หรือเข้าสู่ระบบเพื่อใช้งาน เพื่อสร้างผลการทดสอบสมรรถภาพทางกาย หลังจากสร้างผลการทดสอบแล้วระบบก็จะทำการคำนวณให้แล้วนำไปจัดเก็บในระบบฐานข้อมูลแล้วนำมาแสดงผล



รูปที่ 1 Flowchart ของระบบทดสอบสมรรถภาพทางกาย

Data Flow Diagram



รูปที่ 2 Data flow Diagram ของระบบทดสอบสมรรถภาพทางกาย

3.การทดสอบการพัฒนาระบบทดสอบ และจัดเตรียมคู่มือการใช้งานเป็นขั้นตอนของการทดสอบเว็บไซต์ก่อนที่จะนำไปปฏิบัติการใช้งานจริง โดยจะทำการทดสอบเพื่อตรวจสอบการทำงานของเว็บไซต์ หากมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นก็ย้อนกลับไปในขั้นตอนการพัฒนาเว็บไซต์ใหม่

4.การติดตั้งระบบ ทำการตั้งชื่อเว็บไซต์ คือการจดโดเมน ให้พื้นที่ฝากเว็บไซต์ http://www.z.com วิธีการให้ทำการสมัครตามขั้นตอนต่าง ๆ บนหน้าเว็บเพจเท่านี้เราก็จะมีชื่อเว็บไซต์และพื้นที่ฝากเว็บไซต์แล้วการอัพโหลดเว็บไซต์หลังจากสมัครบริการพื้นที่ฝากเว็บไซต์แล้ว ขั้นตอนต่อไป คือ การอัพโหลดไฟล์เว็บไซต์ของเราไปยังเว็บไซต์ที่ให้บริการพื้นที่ฝากเว็บไซต์ผ่าน https://www.fitness-mit-npu.com ก็จะสามารถเปิดดูเว็บไซต์ผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้

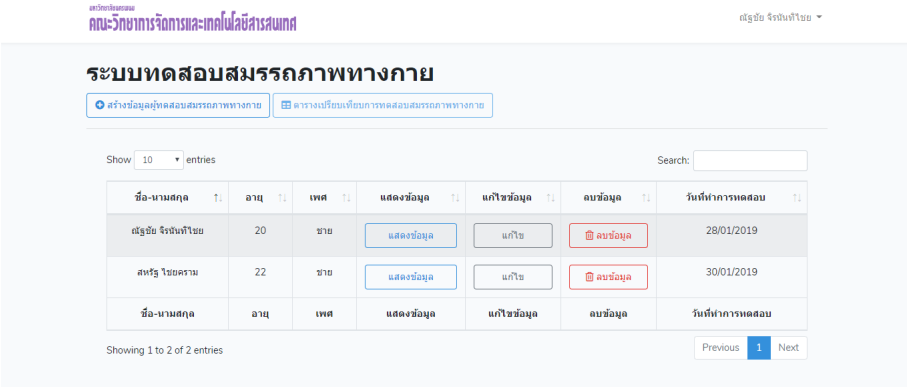
5.การบำรุงรักษา เป็นขั้นตอนของการปรับปรุงแก้ไขระบบหลังจากที่ได้มีการติดตั้งและใช้งาน

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการพัฒนาระบบฐานข้อมูลทดสอบสมรรถภาพทางกายสำหรับห้องฟิตเนส

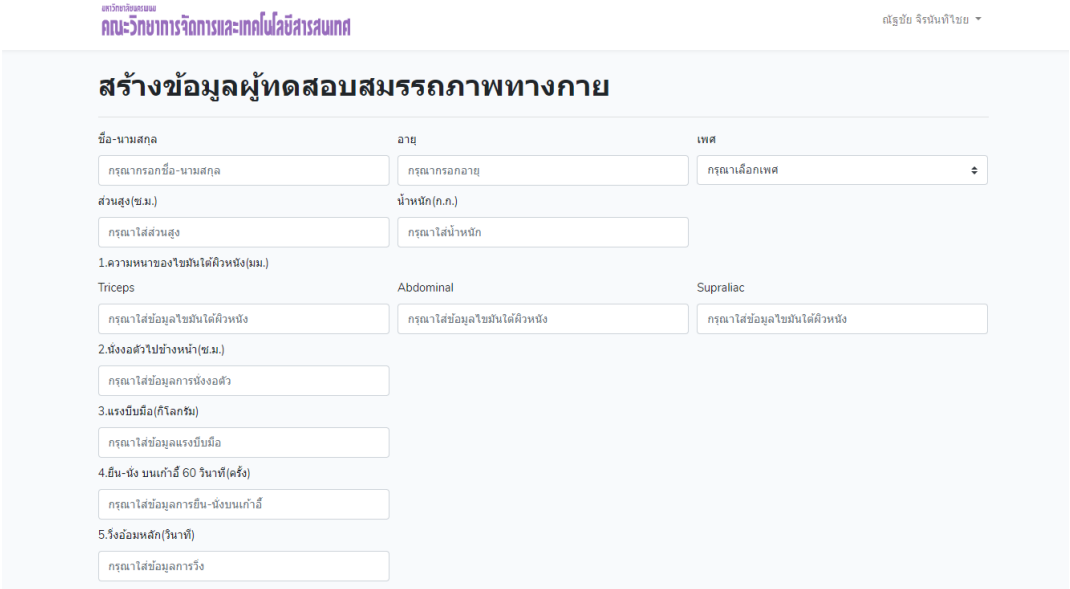
1.1 ผลการพัฒนาหน้าจอหลักของผู้ดูแลระบบ

ประกอบด้วย การสร้างข้อมูลผู้ทดสอบสมรรถภาพทางกายและแสดงข้อมูลผู้ทำการทดสอบสมรรถภาพทางกายโดยมีชื่อ นามสกุล ,อายุ ,เพศ และวันที่ทำการทดสอบ ซึ่งผู้ดูแลมีสิทธิ์สามารถแก้ไขและลบข้อมูลได้ ดังรูปที่ 1



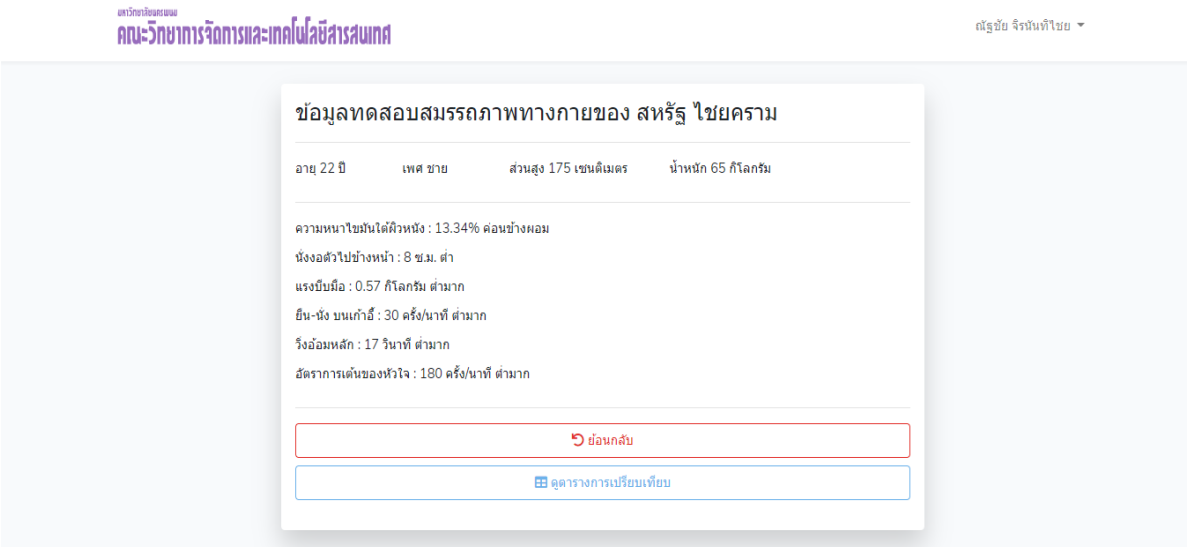
รูปที่ 3 หน้าจอหลักสำหรับผู้ดูแล

1.2 ผลการพัฒนาหน้าจอสร้างข้อมูลผู้ทดสอบสมรรถภาพทางกาย สำหรับกรอกข้อมูลของผู้ทำการทดสอบสมรรถภาพทางกาย ดังรูปที่ 2



รูปที่ 4 หน้าจอสร้างข้อมูลผู้ทดสอบสมรรถภาพทางกาย

1.3 ผลการพัฒนาหน้าจอแสดงผลการทดสอบสำหรับแสดงผลการทดสอบสมรรถภาพทางกาย ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 หน้าจอแสดงผลการทดสอบ

2. ผลการประเมินจากผู้ใช้งาน

2.1 ผลการประเมินด้านความสามารถของระบบฐานข้อมูลทดสอบสมรรถภาพทางกาย ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินด้านความสามารถของระบบฐานข้อมูลทดสอบสมรรถภาพทางกาย

รายการประเมิน	ประสิทธิภาพ		
	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับ
1. เว็บสามารถนำมาใช้งานได้จริงในการวิเคราะห์สมรรถภาพทางกาย	4.20	.40	มาก
2. เว็บมีคำแนะนำการใช้งานที่ชัดเจน	4.20	.40	มาก
3. เรียนรู้การใช้งานของเว็บได้ด้วยตนเอง	4.00	.64	ดีมาก
4. ความง่ายในการใช้งานของเว็บตามรายการต่างๆ	4.40	.80	ดีมาก
5. เว็บมีความรวดเร็วในการทำงาน	4.20	.78	ดีมาก
6. ความถูกต้องในการแสดงผล	4.20	.78	ดีมาก
7. อำนวยความสะดวกในการวิเคราะห์สมรรถภาพทางกาย	4.40	.40	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.23	.60	มาก

ผลการประเมินระบบด้านความสามารถของระบบ พบว่าค่าเฉลี่ยที่ได้อยู่ที่ 4.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.6 ดังนั้น ระบบฐานข้อมูลทดสอบสมรรถภาพทางกายสำหรับห้องฟิตเนส คณะวิทยาการจัดการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยนครพนม ที่ได้พัฒนาขึ้นมานี้มีประสิทธิภาพด้านความสามารถของระบบโดยรวมอยู่ในระดับมาก

2.2 ผลการประเมินด้านการใช้งานของระบบฐานข้อมูลทดสอบสมรรถภาพทางกาย ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินด้านความสามารถของระบบฐานข้อมูลทดสอบสมรรถภาพทางกาย

รายการประเมิน	ประสิทธิภาพ		
	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับ
1.การจัดวางตำแหน่ง และส่วนประกอบมีความเหมาะสม	3.80	.83	มาก
2.ขนาดและสีของตัวอักษรมีความเหมาะสม	3.20	.44	มาก
3.การใช้ส่วนประกอบของสี พื้นหลังและภาพมีความเหมาะสม	4.00	.70	มาก
4.ความชัดเจนของข้อความที่แสดง	3.60	.54	มาก
5.ความเหมาะสมของข้อมูลที่นำเสนอ	4.20	.83	มาก
6.การจัดตำแหน่งโดยรวมมีความเหมาะสม	3.40	.54	มาก
7.ขนาดของช่องกรอกข้อความมีความเหมาะสม	4.20	.48	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	3.77	.62	มาก

ผลการประเมินระบบความสามารถด้านการใช้งาน เมื่อนำคะแนนเฉลี่ยของแต่ละหัวข้อมาผ่านระเบียบวิธีการทางสถิติเพื่อหาค่าเฉลี่ย พบว่าค่าเฉลี่ยที่ได้อยู่ที่ 3.77 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.62 ดังนั้นระบบฐานข้อมูลทดสอบสมรรถภาพทางกายสำหรับห้องฟิตเนส คณะวิทยาการจัดการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยนครพนมที่ได้พัฒนาขึ้นมานี้มีประสิทธิภาพด้านความสามารถของระบบโดยรวมอยู่ในระดับมาก

สรุป

การระบบฐานข้อมูลทดสอบสมรรถภาพทางกายสำหรับห้องฟิตเนส คณะวิทยาการจัดการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยนครพนม มีวัตถุประสงค์ 1) ลดระยะเวลาในการคำนวณผลการทดสอบสมรรถภาพทางกาย 2) เพื่อสร้างความสะดวกให้แก่ผู้ทำการทดสอบสมรรถภาพทางกาย 3) จัดเก็บประวัติของผู้เข้าร่วมทดสอบ เพื่อติดตามการพัฒนาสมรรถทางกายของผู้เข้ารับการทดสอบได้ ขั้นตอนการดำเนินงานโครงงาน สำหรับการพัฒนาระบบฐานข้อมูลทดสอบสมรรถภาพทางกายสำหรับห้องฟิตเนส คณะวิทยาการจัดการและเทคโนโลยีสารสนเทศใช้เครื่องมือพัฒนาได้แก่ Laravel PHP Framework สำหรับสร้างเว็บขึ้นมา และ Visual Studio Code ในการเขียนโค้ดเว็บ ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งานทั่วไป ด้านความสามารถของระบบได้ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.2 และ 0.6 ด้านการใช้งานได้ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.7 และ 0.62 จากผลการประเมินสรุปได้ว่า ระบบฐานข้อมูลทดสอบสมรรถภาพทางกายสำหรับห้องฟิตเนส คณะวิทยาการจัดการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยนครพนม มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับที่มาก

เอกสารอ้างอิง

1. คมกริช เชาว์พานิช ศิริชัย ศรีพรหม พรเพ็ญ ลาโพธิ์ และวาสิฏฐี เทียมเท่าเกิด. แบบทดสอบและเกณฑ์สมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพสำหรับนิสิตชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน. [อินเตอร์เน็ท]. 2556. [เข้าถึงเมื่อ 12 มีนาคม 2562] เข้าถึงได้จาก http://www.edu.kps.ku.ac.th/DBresearch/document/DB_RESEARCH/Research40.pdf
2. ถาวร กมุทศรี อารมย์ ตรีราช ฉัตรชัย ศรีวิไล จิระ แนบสนิท และศุภวรรณ บุญระเทพ. เกณฑ์มาตรฐานสมรรถภาพทางกายนักกีฬามหาวิทยาลัยแห่งประเทศไทย. [อินเตอร์เน็ท]. 2556. [เข้าถึงเมื่อ 12 มีนาคม 2562] เข้าถึงได้จาก http://www.mucomplex.ss.mahidol.ac.th/fitnesstest/help_page.jsp
3. นภัทร รัตนนาคินทร์. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ.[อินเตอร์เน็ท]. 2558. [เข้าถึงเมื่อ 12 มีนาคม 2562] เข้าถึงได้จาก http://www.macare.net/analysis/

4. มานพ กองอุ่น : การติดตั้ง Laravel. [อินเตอร์เน็ท]. 2561. [เข้าถึงเมื่อ 12 มีนาคม 2562] เข้าถึงได้จาก https://www.programmerthailand.com/tutorial/

5. วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. การติดตั้ง Composer. [อินเตอร์เน็ท]. 2561. [เข้าถึงเมื่อ 12 มีนาคม 2562] เข้าถึงได้จาก https://www.thaicreate.com/community/php-composer.html

[IT-O14] ระบบแนะนำบทความข่าวรายบุคคลโดยใช้ประวัติและพฤติกรรมผู้อ่าน

Personalized News Recommendation System Based on User Profile and Behavior.

อรุณรัตน์ หวลถนอม*[1] และ สิรินดา พละหาญ[2]
Arunrat Huanthanom*[1], and Sirinda Palahan[2]
[1]หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
[2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: arunrat.ar@gmail.com*

บทคัดย่อ

ปัจจุบัน สื่อสิ่งพิมพ์ในประเทศไทยหันมาจริงจังกับการทำข่าวออนไลน์ผ่านเว็บไซต์และโซเชียลมีเดียเพื่อหวังแย่งชิงกลุ่มผู้อ่านข่าว ซึ่งการเติบโตของโซเชียลมีเดียทำให้ผู้อ่านมีทางเลือกมากขึ้น ข่าวสารมีให้อ่านมากมายมหาศาล นำไปสู่การเกิดวิกฤตสื่อเมื่อผู้อ่านจำนวนมากที่เข้ามาในเว็บไซต์ข่าวแล้วไม่คลิกอ่านข่าวต่อไป และอยู่ในเว็บไซต์เป็นระยะเวลาที่สั้นลง ดังนั้นเพื่อกระตุ้นให้ผู้อ่านอยู่ในเว็บไซต์ข่าวนานขึ้น ผู้วิจัยจึงพัฒนาระบบช่วยแนะนำบทความข่าวที่เหมาะสมกับพฤติกรรมและประวัติของผู้อ่าน โดยเก็บข้อมูลจากกลุ่มผู้อ่านที่เข้ามาอ่านเนื้อหาบนเว็บไซต์ด้วย User Login จากนั้นนำข้อมูลเข้าสู่กระบวนการประมวลข้อมูลเบื้องต้นและนำข้อมูลมาสร้างโมเดลพยากรณ์ โดยใช้วิธีการกรองแบบผสมร่วมกับวิธีการจำแนกข้อมูล ผลการทดลองเมื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบด้วยการนำไปใช้งานจริงบนเว็บไซต์ โดยนำผลลัพธ์ของโมเดลจากการพยากรณ์หัวข้อข่าวที่ดีที่สุดมาเข้าสู่กระบวนการฟังก์ชันการเลือกข่าว โดยเลือกข่าวล่าสุด จากนั้นทำการวัดผลด้วยอัตราการคลิก ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าระบบแนะนำบทความข่าวรายบุคคล ที่สร้างด้วยโมเดลโครงข่ายประสาทเทียม มีอัตราการคลิก 6.32% ซึ่งสูงกว่าระบบเชิงพาณิชย์ที่มีอัตราการคลิก 5.48% อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากผลการทดสอบดังกล่าว ผู้วิจัยเชื่อว่าระบบแนะนำบทความข่าวรายบุคคลโดยใช้ประวัติและพฤติกรรมผู้อ่านสามารถช่วยพัฒนาการนำเสนอข่าวสารบนเว็บไซต์ได้ตรงตามพฤติกรรมของผู้อ่านมากขึ้น และส่งผลให้อัตราการคลิกอ่านบทความข่าวที่สูงขึ้นได้

คำสำคัญ: *ระบบแนะนำ, ข่าวออนไลน์, ระบบแนะนำข่าว*

Abstract

Currently, print media in Thailand is paying more attention on online news and social media platforms with the hope to improve reader engagement. The growth of social media gives readers more choices in news providers leading to the media crisis where readers stay on the news website for a shorter period of time. In order to encourage readers to stay on the website longer, we introduce a news recommendation system based on users' behavior and history. We collected data from a group of readers who came to the website by user login. After that we performed a series of data processing process. Then we created various classification models. The result from the best classification model, which is the next news topic, is fed into a news selection function to recommend K articles under the given topic to a user. We integrated our system into the actual news website and performed an a/b testing to compare a click through rate of our system and another commercial system. The result from a/b testing showed that our system created with the Neural Network model had a click through rate of 6.32% within 24 hours which is statistically higher than the other commercial system which has a click through rate of 5.48% with 95% confidence level.

From the result, we believe that our system could help a news provider recommends suitable articles to users based on their behaviors which ultimately increase a click through rate of the website.

Keywords: *news recommendation, recommendation System, online news*

บทนำ

ในยุคปัจจุบันผู้รับสารมีความต้องการที่หลากหลายมากขึ้น ทำให้เกิดการแข่งขันทำให้ผู้ผลิตสารจะต้องปรับเปลี่ยนการนำเสนอให้มีความหลากหลายตอบสนองต่อผู้รับสารที่มีความต้องการที่แตกต่างไป และจุดเปลี่ยนที่สำคัญที่กระทบต่อวงการสื่อสารมวลชนโดยตรงก็คือการมาถึงของโลก “อินเทอร์เน็ต” (Internet) ผู้คนต่างหันไปใช้สื่อออนไลน์ จนเกิดเป็นสังคมเครือข่ายออนไลน์เกิดขึ้น และใช้โซเชียลมีเดียในการรับข้อมูลมากขึ้น ปรากฏการณ์เช่นนี้เกิดขึ้นทั่วโลก ผู้คนหันมาอ่านเนื้อหาผ่านเว็บไซต์หรือสื่อโซเชียล เช่น Facebook, Twitter หรือ YouTube มากขึ้น

การเปลี่ยนผ่านของเทคโนโลยีไปสู่โลกดิจิตอล ทำให้องค์กรสื่อสิ่งพิมพ์หลาย ๆ แห่งเสี่ยงต้องปิดตัวลง[1] การทำข่าวแบบเดิมตอบสนองต่อผู้อ่านหนังสือพิมพ์และนิตยสารน้อยลง และหันไปให้ความสนใจกับสื่อในช่องทางออนไลน์มากขึ้น แต่ผู้ผลิตคอนเทนต์สื่อออนไลน์ยังไม่สามารถที่จะทำให้ผู้อ่านอยู่ในเว็บไซต์ได้นานขึ้น ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการแนะนำเนื้อหาที่ยังไม่เหมาะสมกับพฤติกรรมของผู้อ่าน โดยระบบแนะนำข้อมูล (Recommendation System) ที่สามารถนำมาปรับใช้เพื่อแนะนำข่าวสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทด้วยกันคือ การกรองด้วยเนื้อหา (Content Filtering)) เป็นวิธีการแนะนำข่าวโดยการจับคู่จากความคล้ายคลึงกันระหว่างเนื้อหาข่าวใหม่กับประวัติการอ่านข่าวที่ผ่านมาของผู้อ่านว่าตรงกันหรือไม่ ถ้าใช่จะแนะนำข่าวนั้นทันที[2] และอีกวิธีคือการกรองแบบร่วมมือ (Collaborative Filtering) วิธีนี้ระบบจะวิเคราะห์ข้อมูลจากประวัติการของผู้อ่านที่ผ่านมาโดยใช้ข้อมูลของกลุ่มผู้อ่านที่มีพฤติกรรมคล้ายกัน เพื่อนำมาคาดการณ์เหตุการณ์ในอนาคต หรือสร้างตัวแบบความน่าจะเป็นในการแนะนำข่าวใหม่ที่เหมาะสมต่อไป[3]

ในงานวิจัยฉบับนี้มุ่งเน้นที่จะพัฒนาโมเดลแนะนำหัวข้อข่าวที่เหมาะสมกับพฤติกรรมและประวัติของผู้อ่าน โดยใช้วิธีการกรองด้วยเนื้อหาผสมผสานกับวิธีการจำแนกประเภท เพื่อแนะนำหัวข้อข่าวที่มีความสัมพันธ์กับหัวข้อข่าวเดิมที่ผู้อ่านได้อ่านมาแล้ว และนำเอาประวัติของผู้อ่านเช่น เพศ และ อายุ มาใช้ร่วมด้วย เพื่อให้หัวข้อข่าวที่แนะนำมีความเหมาะสมกับผู้อ่านแต่ละประเภท

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาระบบแนะนำข่าวที่เหมาะสมกับประวัติและพฤติกรรมของผู้อ่าน
2. เพื่อพัฒนาการนำเสนอข่าวสารบนเว็บไซต์เพื่อให้อัตราการคลิกอ่านข่าวที่แนะนำสูงขึ้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Chen Li และคณะ[4] ได้ทำการวิจัยเรื่อง A Hybrid News Recommendation Algorithm based on User’s Browsing Path เป็นการออกแบบอัลกอริธึมของระบบแนะนำข่าวด้วยข้อมูล browsing path ของผู้ใช้ ซึ่งเป็นการนำอัลกอริทึมมาวิเคราะห์และเลียนแบบพฤติกรรมผู้ใช้เป็นรายบุคคล จากนั้นนำหลักการเดียวกันไปทำนายพฤติกรรมผู้ใช้งานใหม่ และประเมินผลว่าระบบแนะนำนั้นสอดคล้องกับลักษณะของผู้ใช้งานคนนั้น ๆ หรือไม่ โดยเก็บข้อมูล ID ผู้ใช้ ,ID ข่าว และระยะเวลาที่ผู้ใช้คลิก จากการทดลองพบว่า การแนะนำโดยใช้เนื้อหาเป็นเกณฑ์ (Recommendation based on content) ไม่ใช่อัลกอริทึมที่ดีที่สุด เนื่องจากใช้เวลาในการประมวลผลนานเกินไป ส่วนผลการทดลองที่ออกมาดีคือการใช้อัลกอริทึมแบบผสม (Hybrid recommend algorithm) คือการรวมกันระหว่างการกรองด้วยเนื้อหา (Content filtering) และการกรองแบบร่วมมือ (Collaborative filtering) งานวิจัยนี้แตกต่างจากงานวิจัยของผู้วิจัยในแง่ที่ว่า ผู้วิจัยใช้การกรองด้วยเนื้อหา (Content filtering)

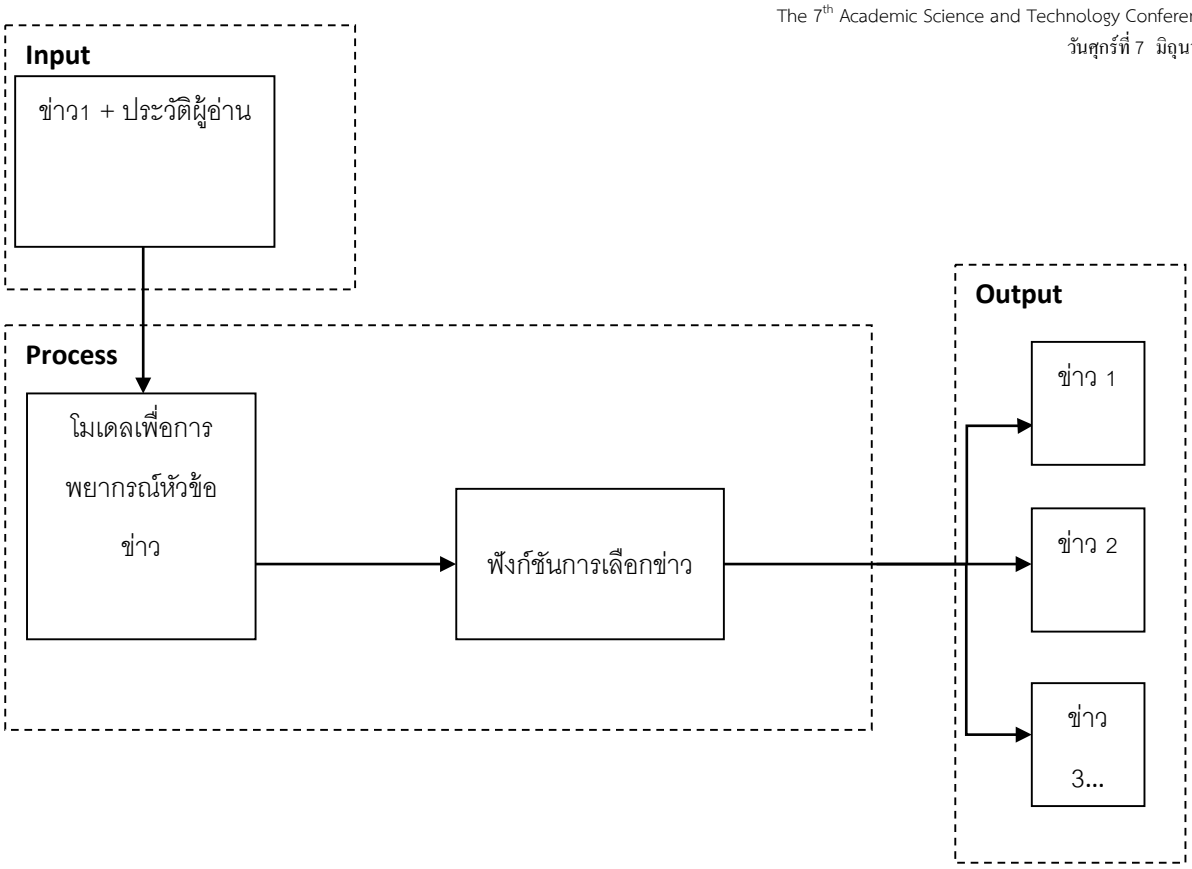
ร่วมกับการจำแนกประเภท (Classification) โดยการกรองด้วยเนื้อหานั้นจะแนะนำข่าวที่มีคุณลักษณะคล้ายกัน อยู่ในหมวดหมู่เดียวกันกับข่าวที่ผู้อ่านอ่านก่อนหน้า เพื่อแนะนำข่าวถัดไปให้กับผู้อ่าน ส่วนการจำแนกประเภท (Classification) จะหาโมเดลที่ดีที่สุดในการจำแนกหัวข้อข่าวที่เหมาะสมกับพฤติกรรมของผู้อ่านที่คลิกอ่านข่าวนั้น

Wei Chu และคณะ[5] ได้ทำงานวิจัยเรื่อง Personalized Recommendation on Dynamic Content Using Predictive Bilinear Models โดยนำเสนอรูปแบบการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นคู่ สำหรับระบบแนะนำข่าวรายบุคคลที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื้อหาอยู่เสมอ โดยใช้คุณสมบัติเป็นเกณฑ์ในการวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์คุณลักษณะของผู้อ่านและคุณลักษณะของเนื้อหา คำนวณด้วย Bilinear Regression กับผลตอบรับของผู้อ่าน ซึ่งในการทดลองนี้เพื่อทำการค้นหากรอบการทำงาน (Framework) ที่มีความยืดหยุ่นกับการแนะนำข่าวรายบุคคล ซึ่งได้ผลดีสามารถแนะนำข่าวใหม่ได้แม่นยำเมื่อทดลองในระบบปิด (Offline) กับเนื้อหาข่าวที่มีคุณสมบัติแปรผัน (Dynamic Feature) การทดลองนี้แตกต่างจากงานของผู้วิจัยคือผู้วิจัยใช้การกรองด้วยเนื้อหาผสมกับวิธีการจำแนกประเภทของเพื่อหารูปแบบของประวัติและพฤติกรรมผู้อ่าน และใช้ 4 โมเดลในการทดสอบ คือ Decision Tree , Random Forest , Naïve Bays และ Neural Network เพื่อหาเอาท์พุตของโมเดลซึ่งคือผลการพยากรณ์หัวข้อข่าวถัดไป

นิเวศ จิระวิชิตชัย และคณะ[6] ได้ทำการวิจัยวิจัยเรื่อง การพัฒนาประสิทธิภาพการจัดหมวดหมู่เอกสารภาษาไทยแบบอัตโนมัติ โดยในการทดลองใช้โมเดลการพัฒนาประสิทธิภาพการจัดหมวดหมู่เอกสารภาษาไทยแบบอัตโนมัติ โดยทำการทดสอบด้วยวิธี 10-fold cross validation โดยจะตัดคำแบบวิธีการตัดคำ แล้วจึงส่งข้อมูลเข้าทดสอบกับอัลกอลิทึมการจำแนกข้อมูล เปรียบเทียบค่าความถูกต้อง (Precision) ความแม่นยำ (Recall) และนำค่าที่ได้เข้าโมเดล classifier โดยผลการทดลองในการลดทรัพยากรระบบและระยะเวลาในการประมวลผล อัลกอลิทึม SVM ลดได้สูงสุด 94.3% งานวิจัยฉบับนี้ทำการทดลองกับเว็บไซต์ข่าวเดียวกันกับผู้วิจัยมาก่อน โดยทำการทดลองการจัดระบบหมวดหมู่ข่าวเพื่อให้ระบบการแนะนำข่าวบนเว็บไซต์เป็นอัตโนมัติมากขึ้น และช่วยลดอัตราการผิดพลาดของผู้ดูแลเว็บไซต์ งานวิจัยนี้ได้ทำขึ้นก่อนงานของผู้วิจัย ซึ่งข้อดีคือจะช่วยให้หัวข้อข่าวที่แนะนำมีความเป็นอัตโนมัติ

วิธีดำเนินการวิจัย

จากการศึกษาการทำงานของระบบเดิมของเว็บไซต์ข่าวแห่งหนึ่งในส่วนของข่าวนั้นพบว่าผู้อ่านส่วนใหญ่หลังจากที่มาเข้ามาอ่านเนื้อหาบนเว็บไซต์ แล้วมีผู้อ่านจำนวนมากออกจากเว็บไซต์ไปโดยที่ไม่คลิกอ่านเนื้อหาอื่นต่อ โดยจากสถิติการเก็บข้อมูลจาก Truehits ในปี 2560 เวลาเฉลี่ยของผู้อ่านที่เข้ามาดูเว็บไซต์ซึ่งใช้เวลาเฉลี่ยที่ไม่เกิน 1 นาที คิดเป็น 54.69% เมื่อผู้วิจัยสำรวจและวิเคราะห์องค์ประกอบของเว็บไซต์พบว่า เว็บไซต์ใช้ระบบแนะข่าวเชิงพาณิชย์ที่ชื่อ “C” แต่บทความข่าวที่แนะนำคละกันไปมีบทความข่าวจากหลายหัวข้อข่าว และมีผู้อ่านจำนวนมากไม่คลิกอ่านข่าวในหน้าอื่นต่อ ผู้วิจัยจึงอยากเปรียบเทียบระบบแนะนำข่าวที่ใช้ระบบแนะนำข่าวรายบุคคลของผู้วิจัยเปรียบเทียบกับระบบแนะข่าวเชิงพาณิชย์ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 สถาปัตยกรรมระบบ

จากภาพที่1 อินพุตของระบบคือข่าวแรกที่ผู้อ่าน Login และคลิกเข้ามาอ่านข่าวในเว็บไซต์ ภายในระยะเวลา 30 นาที เมื่อระบบรับอินพุตเข้ามาและโมเดลพยากรณ์หัวข้อข่าวที่ดีที่สุด จากนั้นจึงเข้าสู่ฟังก์ชันการเลือกข่าว ทำการคัดเลือกบทความข่าวตามฟังก์ชันที่กำหนด และส่งออกเป็นเอาท์พุตของระบบ

การพัฒนาระบบ

1) การเก็บข้อมูลจริงและลักษณะข้อมูล

ข้อมูลที่นำมาศึกษาเป็นข้อมูลจากผู้อ่านที่ลงทะเบียนเข้าใช้งานระบบเว็บไซต์ข่าวแห่งหนึ่ง ซึ่งข้อมูลที่เก็บนั้นประกอบด้วยประวัติของผู้อ่านซึ่งจะเป็นตัวบอกคุณลักษณะของผู้อ่าน และพฤติกรรมการคลิกอ่านข่าวของผู้อ่านคนนั้นๆ โดยกลุ่มข้อมูลที่ศึกษาจะอยู่ในช่วงเดือนสิงหาคม 2561

2) การเตรียมข้อมูล

การทำความสะอาดข้อมูล เป็นขั้นตอนในการตรวจสอบและแก้ไขความถูกต้องของข้อมูล เพื่อคัดข้อมูลที่ผิดพลาด, ไม่ครบถ้วน และส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องออกไป เช่น browser Id เป็นข้อมูลที่ไม่มีความจำเป็นในการสร้างโมเดล จึงตัดออกไม่นำมาใช้ในการทดลอง หรือ การตัดข้อมูลผู้อ่านที่มีอายุต่ำกว่า 15 ปี และสูงกว่า 80 ปีออกไป เนื่องจากเป็นกลุ่มผู้อ่านที่มีเป็นจำนวนน้อยมาก และอาจมีความเป็นไปได้ว่าจะไม่ได้เป็นผู้ลงทะเบียนด้วยการ Login ด้วยตัวเอง เป็น

ต้น เมื่อผ่านขั้นตอนการทำความสะอาดข้อมูล และกำจัดข้อมูลสูญหายแล้ว หลังจากนั้นจึงได้ทำการวิเคราะห์ความเกี่ยวข้องของข้อมูล พบว่ามีข้อมูลจำนวนมากที่มาจากพฤติกรรมของผู้อ่านไม่คลิกอ่านข่าวอย่างต่อเนื่องในช่วงเวลา 1 session ทำให้ความต่อเนื่องของข้อมูลขาดหาย ไม่สามารถนำมาทำการทดลองได้ จึงจำเป็นต้องตัดข้อมูลเหล่านั้นไป

การแปลงข้อมูลให้เหมาะสมสำหรับการใช้งาน เมื่อได้ข้อมูลที่ผ่านการทำความสะอาดแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการสร้างโมเดลพยากรณ์ เช่น การแปลงข้อมูลวันที่ ซึ่งอยู่ในรูปข้อความให้เป็นตัวเลข เช่น วันอาทิตย์ แทนด้วย 1 วันจันทร์ แทนด้วย 2 เป็นต้น

การจัดการกับข้อมูลสูญหาย ข้อมูลสูญหายเป็นปัญหาในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฐานข้อมูลที่มีข้อมูลจำนวนมาก ในการทดลองนี้ผู้วิจัยเลือกวิธีการจัดการกับข้อมูลสูญหาย ด้วยวิธีการตัดระเบียนหรือขอบเขตข้อมูลที่มีการสูญหายออกจากการวิเคราะห์ ซึ่งหลังจากตัดข้อมูลสูญหายแล้ว พบว่ามีหลายหัวข้อข่าว ที่มีจำนวนข้อมูลน้อยเกินไป ผู้วิจัยจึงเลือกใช้หัวข้อข่าวที่มีจำนวนผู้อ่านมากที่สุดบนเว็บไซต์ 5 หัวข้อ ได้แก่ ต่างประเทศ, การเมือง, สังคม, อาชญากรรม และบันเทิง ในการทดลอง

เมื่อสิ้นสุดกระบวนการทำความสะอาดข้อมูล และกำจัดข้อมูลสูญหายแล้ว ได้ข้อมูลสำหรับนำไปทำการวิจัยทั้งสิ้น เป็นจำนวน 91,234 แถว ชุดข้อมูลหลังผ่านกระบวนการเตรียมข้อมูลแล้ว มีลักษณะดังนี้

- ผู้ลงทะเบียนเข้าเว็บไซต์ เก็บข้อมูลเป็นรหัสแยกตามรายบุคคล (memberId)

- เพศ เก็บข้อมูลแยกเป็น เพศชาย (male) และเพศหญิง (female)

- กลุ่มผู้อ่านแยกตามภูมิภาค ได้แก่ ภาคเหนือ, ภาคใต้, ภาคกลาง, ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออก

- ระบบปฏิบัติการและอุปกรณ์สำหรับการลงทะเบียนเข้าเว็บไซต์ เก็บข้อมูลแยกเป็นประเภท (OS Type) มี 8 ประเภทคือ Android, Windows, iPhone, iPad, Mac OS, Linux, Ubuntu และ Chrome OS

- วันในสัปดาห์ที่ผู้อ่านข่าวเข้าเว็บไซต์ ตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันอาทิตย์

- ช่วงเวลาที่ผู้อ่านข่าวเข้าเว็บไซต์ โดยแบ่งออกเป็น 4 ช่วงเวลา คือ 00:00 – 05:59 น., 06:00 – 11:59 น., 12:00 – 17:59 น. และ18:00 – 23:59 น.

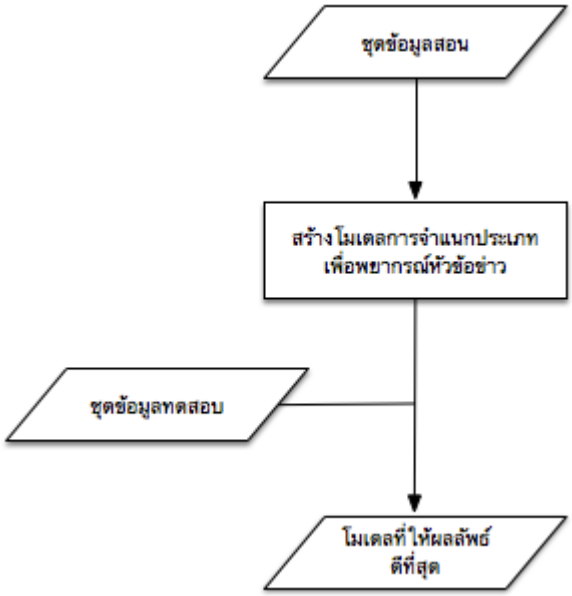
- หน้าเว็บไซต์ก่อนที่มาก่อนจะเข้าในเว็บไซต์ (Referer) เช่น www.google.com, www.facebook.com หรือผู้ที่อ่านข่าวอยู่ในเว็บไซต์ข่าวอยู่แล้ว www.thaiarath.co.th เป็นต้น

- หัวข้อข่าวจำนวน 5 หัวข้อ คือ ต่างประเทศ, การเมือง, สังคม, อาชญากรรม และบันเทิง

3) การสร้างโมเดลพยากรณ์หัวข้อข่าว

ข้อมูลที่ลงทะเบียนเข้ามาในระบบคือข่าวที่ผู้อ่านข่าวในขณะนั้น (หัวข้อข่าว 1) และประวัติของผู้อ่าน ข้อมูลจะถูกแยกออกเป็น 2 ชุด คือชุดข้อมูลสอน (Training Data) และชุดข้อมูลทดสอบ (Testing Data)

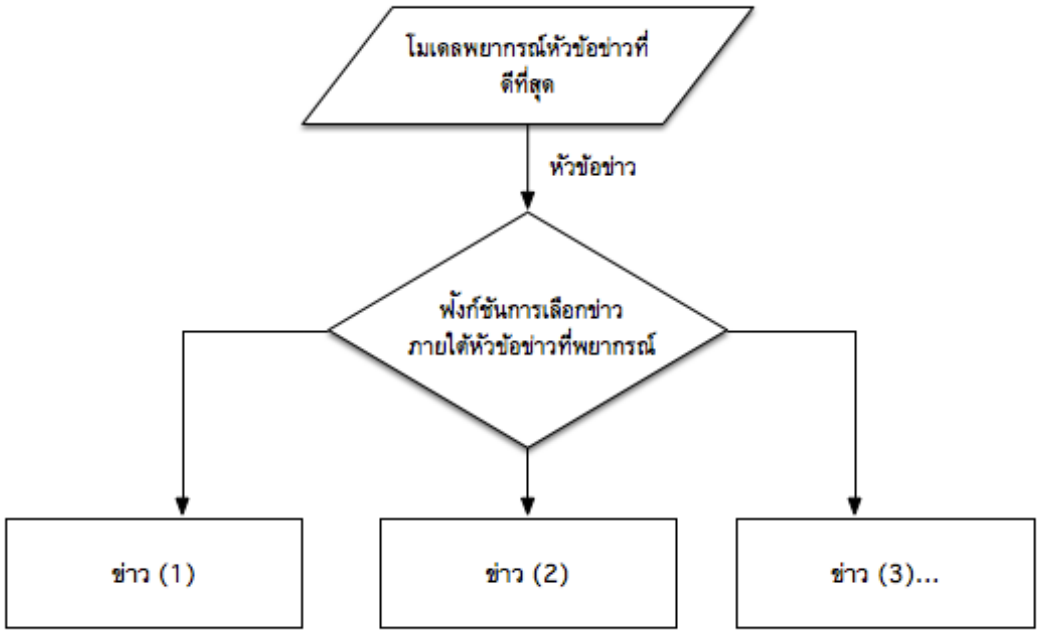
วิธีการสร้างโมเดลเริ่มต้นด้วยการนำชุดข้อมูลสอน (Training Data) มาทำการสร้างโมเดลพยากรณ์หัวข้อข่าว โดยจะทำการสร้างหลาย ๆ โมเดล โดยใช้ภาษาไพทอน และวัดความถูกต้องของแต่ละโมเดลด้วยการป้อนข้อมูลชุดข้อมูลทดสอบ (Testing Data) เข้าไปทดสอบแต่ละโมเดล เพื่อเลือกโมเดลที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด โดยผลการทดลองพบว่าโครงข่ายประสาทเทียมให้ค่าความถูกต้องสูงสุด จึงนำโครงข่ายประสาทเทียมเป็นโมเดลพยากรณ์หัวข้อข่าวของระบบต่อไป



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการสร้างโมเดลพยากรณ์หัวข้อข่าว

4) สร้างฟังก์ชันการเลือกข่าว (News Selection Function) ตามหัวข้อข่าวที่โมเดลพยากรณ์ให้

ระบบจะนำผลลัพธ์ของโมเดลจากการพยากรณ์หัวข้อข่าวที่ดีที่สุด ดังภาพที่ 3 ส่งต่อให้กับฟังก์ชันเพื่อเลือกบทความข่าวล่าสุด เมื่อผ่านกระบวนการฟังก์ชันการเลือกข่าวแล้วจะได้บทความข่าวจำนวนหนึ่งแนะนำให้แก่ผู้อ่าน โดยผลการทดลองพบว่าการเลือกข่าว



ภาพที่ 3 ฟังก์ชันการเลือกข่าว

4) การวัดประสิทธิภาพของโมเดล

ในการตรวจสอบประสิทธิภาพการพยากรณ์ของโมเดล จากการเรียนรู้ด้วยชุดการเรียนรู้ (Training set) แล้วนำไปทดสอบด้วยชุดทดสอบ (Test data) โดยใช้วิธีการตรวจสอบไขว้ (K-fold cross-validation) K ครั้ง เริ่มจากแบ่งชุดข้อมูลออกเป็น K ส่วน แล้วนำข้อมูล K-1 ส่วนไปสร้างโมเดล และนำข้อมูลอีก 1 ส่วน ไปทดสอบโมเดล และวัดค่าความถูกต้อง ทำซ้ำ K ครั้ง โดยแต่ละครั้งใช้ข้อมูลสำหรับทดสอบต่างกัน แล้วนำค่าความถูกต้อง ทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ย โดยค่าความถูกต้องคือสัดส่วนของจำนวนข้อมูลที่โมเดลพยากรณ์ถูกต่อจำนวนข้อมูลทั้งหมดในชุดข้อมูลทดสอบ และหลังจากที่มีการวัดประสิทธิภาพของโมเดลจนได้ผลเป็นที่น่าเชื่อถือหรือได้ผลเป็นที่น่าพอใจแล้ว จึงนำโมเดลที่สร้างได้นี้ไปทำนายข้อมูลชุดใหม่

การวัดค่าความถูกต้องของโมเดล (Accuracy) ได้ดังนี้

$$\text{ความถูกต้องของโมเดล } (Accuracy) = \frac{\text{จำนวน } Session \text{ ที่พยากรณ์หัวข้อข่าวถัดไปถูก}}{\text{จำนวน } Session \text{ ทั้งหมด}}$$

5) การนำระบบไปทดสอบจริง

เมื่อผู้วิจัยนำระบบซึ่งประกอบด้วยโมเดลพยากรณ์ข่าวที่สร้างด้วยโมเดลโครงข่ายประสาทเทียม โดยใช้ชุดข้อมูลที่ผ่านการประมวลแล้ว และใช้ฟังก์ชันการเลือกข่าวล่าสุดแสดงผล 8 บทความ ไปทดสอบบนเว็บไซต์ ด้วยวิธีการเปรียบเทียบเว็บไซต์ข่าวเดิมซึ่งแนะนำบทความข่าวโดยระบบเชิงพาณิชย์ กับหน้าเว็บไซต์ที่แสดงผลแบบเดียวกันแต่ใช้

ระบบแนะนำบทความข่าวรายบุคคล โดยทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างเป็นจำนวน 20% และใช้หัวข้อข่าวที่มีจำนวนผู้อ่านมากที่สุดในเว็บไซต์ 5 หัวข้อ ได้แก่ ต่างประเทศ, การเมือง, สังคม, อาชญากรรม และบันเทิง ในการทดลอง

ผู้วิจัยเริ่มทดสอบในวันที่ 8 มกราคม 2562 ช่วงเวลาตั้งแต่ 18:00 น. และสิ้นสุดที่เวลา 17.59 น. ของวันถัดไป เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และเปรียบเทียบอัตราการคลิก ดังสมการ (1)

$$\mathrm{CTR}(\text{อัตราการคลิก}) = \frac{\text{Number of Click Through Rate}}{\text{Number of Impressions}} \times 100 \qquad (1)$$

ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 แสดงผลการเปรียบเทียบอัตราการคลิกระหว่างระบบแนะนำบทความข่าวรายบุคคลกับระบบเชิงพาณิชย์

	ระบบแนะนำบทความข่าวรายบุคคล	ระบบเชิงพาณิชย์
การมองเห็น (Impressions)	877,678	877678
จำนวนการคลิก (Click Through Numbers)	55,542	48,131
อัตราการคลิก (Click Through Rate)	***6.32%***	***5.48%***

จากตารางที่ 1 เปรียบเทียบผลลัพธ์อัตราการคลิกระหว่างระบบแนะนำบทความข่าวรายบุคคล กับระบบเชิงพาณิชย์ พบว่า ระบบแนะนำบทความข่าวรายบุคคลให้ผลลัพธ์อัตราการคลิก 6.32% ส่วนระบบเชิงพาณิชย์ให้ผลลัพธ์อัตราการคลิก 5.48%

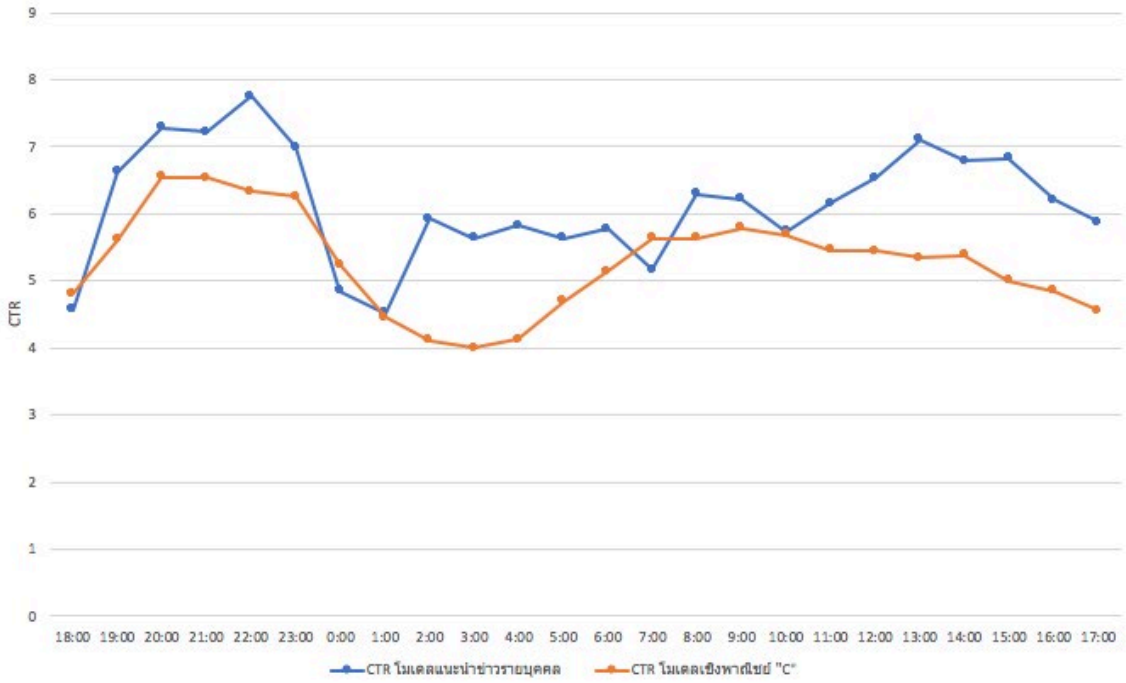
ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การคลิกบทความข่าวจาก หัวข้อข่าว 1 ไป หัวข้อข่าว 2 แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปอร์เซ็นต์การคลิกบทความข่าวจาก หัวข้อข่าว 1 ไป หัวข้อข่าว 2

หัวข้อข่าว2 / หัวข้อข่าว1	บันเทิง	สังคม	อาชญากรรม	การเมือง	ต่างประเทศ
บันเทิง	62.73	0	0	1.01	36.26
สังคม	26.05	0	0	9.76	64.20
อาชญากรรม	0.11	0	49.66	0	50.22
การเมือง	0	0	0	30.22	69.78
ต่างประเทศ	1.29	0	0	1.7	97.01

จากตาราง 2 พบว่าพฤติกรรมการคลิกอ่านบทความข่าวจากบทความที่ 1 ไปยังบทความถัดไปได้นั้น มีความหลากหลาย โดยผู้อ่านข่าวมีแนวโน้มที่จะคลิกอ่านข่าวถัดไปในกลุ่มหัวข้อข่าวที่ต่างจากเดิม เช่น จากข่าวสังคมไปข่าวต่างประเทศที่มีเป็นจำนวน 64.20% เป็นต้น

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบอัตราการคลิกรายชั่วโมงเพื่อวิเคราะห์ CTR รายชั่วโมงระหว่างสองระบบ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 กราฟวิเคราะห์แนวโน้ม CTR ระหว่างระบบแนะนำบทความข่าวรายบุคคลกับระบบเชิงพาณิชย์

จากภาพที่ 4 เป็นการเปรียบเทียบอัตราการคลิกอ่านบทความข่าวโดยเทียบระหว่างระบบแนะนำบทความข่าวรายบุคคลกับระบบเชิงพาณิชย์เป็นรายชั่วโมง พบว่า มีช่วงเวลาที่ระบบแนะนำบทความข่าวรายบุคคล มีอัตราการคลิกอ่านบทความข่าวที่แนะนำสูงกว่าระบบเชิงพาณิชย์ มีด้วยกัน 4 ช่วงเวลา คือ 19:00 – 23:00 น., 02:00 – 06:00 น., 08:00 – 09:00 น., 11:00 – 17:00 น. ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบแนะนำบทความข่าวรายบุคคลมีอัตราการคลิกอ่านสูงกว่าระบบเชิงพาณิชย์เกือบทุกชั่วโมงตลอดช่วงเวลา 24 ชั่วโมงที่ได้ทำการทดสอบ

นอกจากนี้ เพื่อเป็นการทดสอบว่าอัตราการคลิกรายชั่วโมงของระบบแนะนำบทความข่าวรายบุคคลมากกว่าระบบเชิงพาณิชย์ “C” อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผู้วิจัยจึงได้ทำการทดสอบสมมติฐานทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบอัตราการคลิกระหว่างสองระบบ โดยให้

กลุ่ม 1 คือชุดข้อมูลอัตราการคลิกจากระบบแนะนำบทความข่าวรายบุคคล

กลุ่ม 2 คือชุดข้อมูลอัตราการคลิกจากระบบเชิงพาณิชย์ “C”

เพื่อทำการทดสอบสมมติฐานว่าระบบแนะนำบทความข่าวรายบุคคล มีอัตราการคลิกเฉลี่ยที่สูงกว่าระบบเชิงพาณิชย์ “C” ผู้วิจัยได้สมมติฐานว่างและสมมติฐานแย้ง ดังนี้

$$H_0: \mu_1 \leq \mu_2 \qquad H_1: \mu_1 > \mu_2$$

และใช้สถิติทดสอบ t ดังนี้

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)_0}{\sqrt{s_p^2 / n_1 + s_p^2 / n_2}}$$

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances	**โมเดลแนะนำข่าวรายบุคคล**	**โมเดลเชิงพาณิชย์ "C"**
Mean	6.214782609	5.295652174
Variance	0.643680632	0.555680237
Observations	23	23
Hypothesized Mean Difference	0	
df	44	
t Stat	4.025002248	
P(T<=t) one-tail	**0.000110594**	
t Critical one-tail	1.680229977	
P(T<=t) two-tail	0.000221187	
t Critical two-tail	2.015367574	

จากผลการทดสอบ ได้ค่า P - Value = 0.0001 < 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 และ ยอมรับ H_1 สรุปได้ว่า อัตราการคลิกเฉลี่ยของระบบแนะนำบทความข่าวรายบุคคลมากกว่าของระบบเชิงพาณิชย์ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

อภิปรายผล

1. ระบบแนะนำบทความข่าวรายบุคคล ที่สร้างด้วยโครงข่ายประสาทเทียม เมื่อนำไปทดสอบใช้งานจริงเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง มีอัตราการคลิก 6.32% ซึ่งสูงกว่าระบบเชิงพาณิชย์ “C” ที่มีอัตราการคลิก 5.48% และผลการทดสอบสมมติฐานทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบอัตราการคลิกระหว่างระบบแนะนำบทความข่าวรายบุคคลและระบบเชิงพาณิชย์ “C” พบว่า ได้ค่า P - Value = 0.0001 < 0.05 สรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยอัตราการคลิกรายชั่วโมง ของระบบแนะนำบทความข่าวรายบุคคลมากกว่าระบบเชิง

พาณิชย์ “C” อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงให้เห็นว่าระบบแนะนำบทความข่าวรายบุคคลจากประวัติและพฤติกรรมของผู้อ่านข่าว สามารถช่วยให้มีอัตราการคลิกอ่านบทความข่าวที่สูงขึ้น

2. ระบบแนะนำข่าวรายบุคคล สามารถช่วยแนะนำข่าวที่อาจอยู่ต่างหัวข้อข่าวกันได้อย่างถูกต้องแม่นยำ และข้อมูลจากการคลิกอ่านข่าวที่ 2 พบว่าผู้ใช้ส่วนใหญ่คลิกอ่านข่าวในหัวข้อที่ต่างจากเดิม เช่น ผู้อ่านที่อ่านบทความแรกใน หัวข้อข่าวการเมืองหรือสังคม และบทความถัดไปที่คลิกอ่านคือ หัวข้อข่าว ต่างประเทศมีผู้คลิกอ่านถึง 69.78% และ 64.20% ตามลำดับ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้ระบบฯ เพื่อช่วยให้แนะนำบทความข่าวถัดไปได้อย่างเหมาะสม

ข้อเสนอแนะสำหรับงานในอนาคต

ข้อแนะนำในการระบบแนะนำบทความข่าวรายบุคคลโดยใช้ประวัติและพฤติกรรมผู้อ่านไปประยุกต์ใช้ หรือพัฒนาต่อยอดระบบฯ ให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น มีดังนี้

1. การวิจัยนี้เป็นการสร้างระบบเพื่อแนะนำบทความข่าวบทของเว็บไซต์ข่าวเพียงเว็บไซต์เดียวเท่านั้น หากต้องการนำระบบนี้ไปทดสอบกับเว็บไซต์อื่น ค่าความถูกต้องอาจเปลี่ยนแปลง ขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ใช้ในการสร้างระบบ อาจต้องปรับแต่งระบบใหม่เพื่อให้เหมาะสมกับพฤติกรรมผู้ใช้งานเว็บไซต์ดังกล่าว

2. เนื่องจากการวิจัยนี้ถูกทำในเวลาจำกัด จึงทำให้ผู้วิจัยต้องเลือกโมเดลพยากรณ์ที่ได้รับความนิยมในการทำการวิจัยมาทดสอบ ซึ่งผู้วิจัยเลือกมาเพียง 4 โมเดล หากต้องการนำไปทดสอบเพิ่มควรทดสอบระบบกับโมเดลอื่นๆ เพื่อความหลากหลายเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจทำให้ค่าความถูกต้องของโมเดลมีค่าสูงขึ้น

3. ระบบแนะนำบทความข่าวรายบุคคลของผู้วิจัยสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการแนะนำข่าวแบบกรองด้วยเนื้อหาได้ ซึ่งเป็นการแนะนำข่าวกรณีที่ไม่มีข้อมูลประวัติ (Anonymous) ของผู้อ่าน ได้ เช่น ไม่มีข้อมูล ชื่อ เพศ อายุ เป็นต้น โดยจะแนะนำบทความข่าวโดยใช้พฤติกรรมผู้อ่านเพียงอย่างเดียว และนำข้อมูลส่วนอื่น ๆ ในบทความข่าว มาพิจารณาเพิ่มเติม เช่น คำสำคัญในข่าว (keyword , tag) , การนำข้อความแสดงความคิดเห็นต่อบทความข่าวในโซเชียลมีเดียมาวิเคราะห์ เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

1. มานะ ตรีรยาภิวัฒน์. **สิ่งพิมพ์ไทยยุค 4.0 ยังซบเซา นักข่าวเสี่ยงตกงานเพิ่ม.** [อินเทอร์เน็ต]. 2560 [เข้าถึงเมื่อ 2560 ธันวาคม 15]. เข้าถึงได้จาก http://www.bbc.com/thai/thailand-39176803
2. นลินี โสพัศสถิต. **การใช้ระบบแนะนำสนับสนุนการตัดสินใจ.** มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา. กรุงเทพมหานคร; 2555.
3. Lei Li, Ding-Ding Wang, Shun-Zhi Zhu and Tao Li. **Personalized News Recommendation: A Review and an Experimental Investigation.** U.S.A; 2011.
4. Chen Li, Zhengtao Jiang. **A Hybrid News Recommendation Algorithm Based on User’s Browsing Path.** Okayama, Japan; 2016.

5. Wei Chu, Seung-Taek Park. **Personalized Recommendation on Dynamic Content Using Predictive Bilinear Models.** Madrid, Spain; 2009.
6. นิเวศ จิระวิชิตชัย, ปริญญา สงวนสัตย์, พยุง มีสัจ. **การพัฒนาประสิทธิภาพการจัดหมวดหมู่ เอกสารภาษาไทยแบบอัตโนมัติ.** NIDA Development Journal . กรุงเทพฯ; 2553.
7. ประชาธรรม. **ความท้าทายกลายเป็น "สื่อใหม่" ที่มากกว่า "New Platform"** [อินเทอร์เน็ต]. 2560 [เข้าถึงเมื่อ 2560 ธันวาคม 20]. เข้าถึงได้จาก http://www.prachatham.com/article_detail.php?id=485

[IT-O15] ระบบการจัดการคลังสินค้าวัสดุไฟฟ้าออนไลน์ กรณีศึกษา บริษัท แปซิฟิคอุตสาหกรรมกระสอบพลาสติก จำกัด

Electrical Materials Inventory Management Online System : A Case Study of Pacific Polysack Industry Co., Ltd

อรรถพร ธนูเพ็ชร์ และ ศิริทิพย์ สุขสมัคร
Athaporn Thanupetch* and Siritip Suksamak
หลักสูตรนวัตกรรมดิจิทัลและวิศวกรรมซอฟต์แวร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: Athaporn@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการจัดการคลังสินค้าวัสดุไฟฟ้าออนไลน์ กรณีศึกษา บริษัทแปซิฟิคอุตสาหกรรมกระสอบพลาสติก จำกัด เพื่อแก้ปัญหาการเบิก – จ่ายวัสดุไฟฟ้า จากการใช้การ์ดการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบเอกสารบัญชี ซึ่งยากต่อการตรวจสอบข้อมูลยอดคงเหลือ และเพื่ออำนวยความสะดวกในการดำเนินงานของ บริษัท แปซิฟิคอุตสาหกรรมกระสอบพลาสติก จำกัด ด้านการเบิก – จ่ายวัสดุไฟฟ้า ซึ่งในแต่ละครั้งมีการตรวจสอบเอกสารค่อนข้างนานและยุ่งยาก ผู้วิจัยจึงคิดพัฒนาโดยผ่านระบบ ศึกษาการวิเคราะห์ระบบ การออกแบบระบบ และการพัฒนาระบบให้ผู้ใช้งานประกอบด้วยกัน 3 ส่วน คือ 1. ผู้ดูแลระบบ (Administrator) เป็นเจ้าหน้าที่คอมพิวเตอร์ของบริษัท 2. ผู้ใช้งานทั่วไป (User) 3. ผู้บริหาร (Manager) เพื่อให้องค์กรสามารถรู้ถึงยอดคงเหลือ และออกรายงานข้อมูลยอดเบิก – จ่ายวัสดุไฟฟ้า และสนับสนุนการวางแผนการตัดสินใจของผู้บริหาร ลดข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้ ระบบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในรูปแบบ Web Application เครื่องมือที่ใช้พัฒนาระบบประกอบไปด้วย ชุดโปรแกรม AppServ 2.5.10 โดยใช้ โปรแกรม Apache HTTP Server เป็นซอฟต์แวร์ให้บริการ Web Server ใช้ภาษา PHP ในการพัฒนาใช้โปรแกรม MySQL จัดการฐานข้อมูลผ่าน Web Browser เมื่อนำระบบไปติดตั้งเพื่อทดสอบใช้งานจริง พบว่าระบบสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ขององค์กร จากการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งาน พบว่าระบบใช้งานง่าย ทำงานได้สะดวกรวดเร็ว และยังช่วยสนับสนุนการทำงานขององค์กรได้เป็นอย่างดี ทำให้เกิดประโยชน์และอำนวยความสะดวกต่อองค์กรเป็นอย่างมาก

คำสำคัญ: ระบบการจัดการคลังสินค้าวัสดุไฟฟ้าออนไลน์ ซอฟต์แวร์ให้บริการ

Abstract

This research aimed to develop the electrical materials inventory management online system, a Case Study of Pacific Polysack Industry Co, Ltd. in order to solve previously inventory system by using accounting data collection card which seems to be difficult and complicated for items investigation as well as to facilitate electrical materials inventory which was taken long term and complicated for checking documents. The researcher has recently set up system analysis, system design and developed such above mentioned system for the company users. In this regard, this system can be monitored and determined for any entitled data access which consisted of 3 parts of users; 1) Administrators 2) Users 3) Manager so that those users were able to know inventory balance and electrical materials inventory reports. The system also supported management plans and reduce some mistake decisions. In this matter, the researcher developed information technology which is called Web Application. Moreover, AppServ 2.5.10 program in which Apache HTTP Server is applied for its software for web server service which will be developed with PHP language. In addition, database management

system of MySQL is used as a tool in administering system via Web Browser. As a result, the research found that the online system worked efficiently to fulfill organization purposes. According to the users' satisfactions, the system was easy to access, convenient, highly useful to facilitate its organization workflow.

Keywords: The electrical materials inventory management online system, software for web server service

บทนำ

การพัฒนาระบบการจัดการคลังสินค้าวัสดุไฟฟ้าออนไลน์ กรณีศึกษา บริษัท แปซิฟิคอุตสาหกรรมกระสอบพลาสติก จำกัด เพื่อแก้ไขปัญหาการเบิก – จ่ายวัสดุไฟฟ้า จากการใช้การ์ดในการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบบัญชีเอกสาร ซึ่งยากต่อการตรวจสอบข้อมูลยอดคงเหลือ และเพื่ออำนวยความสะดวกในการดำเนินงานของ บริษัท แปซิฟิคอุตสาหกรรมกระสอบพลาสติก จำกัด ด้านการเบิก – จ่ายวัสดุไฟฟ้า นอกจากนี้ระบบที่พัฒนาขึ้นยังช่วยอำนวยความสะดวกในการแจ้งปัญหาการใช้งานโดยผ่านระบบ ทำให้ประหยัดเวลาและกระดาษในการปฏิบัติงาน เพื่อให้ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน

ระบบการจัดการคลังสินค้าวัสดุไฟฟ้าออนไลน์ กรณีศึกษา บริษัท แปซิฟิคอุตสาหกรรมกระสอบพลาสติก จำกัด ที่พัฒนาขึ้นเพื่อให้ระบบสามารถอำนวยความสะดวกในการจัดเก็บข้อมูล การเรียกค้นข้อมูล และการจัดทำรายงานต่างๆ เกี่ยวกับยอดคงเหลือวัสดุไฟฟ้า ทั้งนี้ระบบการจัดการคลังสินค้าวัสดุไฟฟ้า หลังจากที่ถูกติดตั้งระบบและทดสอบการใช้งานไปแล้วนั้น จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานแก่ผู้ปฏิบัติงาน ทำให้การดำเนินงานมีความถูกต้อง และรวดเร็ว ระบบสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดมีความสามารถดังนี้ ระบบมีการควบคุมและกำหนดสิทธิการเข้าถึงข้อมูลต่างๆ ของระบบได้โดยกำหนดให้ลงทะเบียนสมัครสมาชิกก่อนทำการเข้าสู่ระบบ เพื่อใช้งานตามสิทธิ์ผู้ใช้ระบบสามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลตามสิทธิ์ได้กำหนดให้ผู้ใช้ระบบสามารถค้นหา รายงานการเบิก-จ่ายวัสดุไฟฟ้า และรายการที่ต้องการได้ระบบสามารถประมวลผลข้อมูลเพื่อออกรายงานข้อมูลยอดเบิก-จ่ายวัสดุไฟฟ้าทั้งหมดได้ อย่างถูกต้อง รวดเร็ว ข้อมูลมีความเป็นปัจจุบัน ระบบสามารถเพิ่มประสิทธิภาพและลดระยะเวลาการปฏิบัติงานของผู้ปฏิบัติงาน ระบบฐานข้อมูลสามารถอำนวยความสะดวกในการจัดเก็บข้อมูล อย่างถูกต้อง รวดเร็ว และข้อมูลมีความเป็นปัจจุบัน

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาพัฒนาระบบการจัดการคลังสินค้าวัสดุไฟฟ้าออนไลน์ กรณีศึกษา บริษัท แปซิฟิคอุตสาหกรรมกระสอบพลาสติก จำกัด โดยระบบที่พัฒนาขึ้นใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในรูปแบบ Web Application

วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบการจัดการคลังสินค้าวัสดุไฟฟ้าออนไลน์
2. เพื่อสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาพัฒนาระบบการจัดการคลังสินค้าวัสดุไฟฟ้าออนไลน์ โดยใช้หลักการพัฒนาแบบ SDLC (System Development Life Cycle : SDLC) โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์ [(2)] โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ศึกษาระบบงานและเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาปัญหาและอุปสรรคของระบบงานเดิม โดยการสัมภาษณ์ผู้ปฏิบัติงาน คือระบบการจัดการคลังสินค้าวัสดุไฟฟ้า ระบบงานที่ทำอยู่ในปัจจุบันการทำงานโดยแผนกที่มีความรับผิดชอบเกี่ยวกับด้านเบิก-จ่าย วัสดุไฟฟ้า ซึ่งประกอบไปด้วยงานบันทึกจัดเก็บข้อมูลรับเข้าสต๊อกสินค้าลงสต๊อกการ์ด งานบันทึกข้อมูลรับเข้าสินค้าตามจำนวนสินค้าและราคาสินค้าเข้าโรงงาน งานบันทึกข้อมูลการเบิก-จ่าย วัสดุไฟฟ้าผ่านใบเบิกสินค้า งานตัดสต๊อกสินค้าผ่านใบเบิกสินค้า ลงในสต๊อกการ์ด งานส่งรายงานข้อมูลการเบิก-จ่าย วัสดุไฟฟ้า ของแต่ละวัน งานการออกรายงานสรุปยอดคงเหลือวัสดุไฟฟ้าประจำเดือน

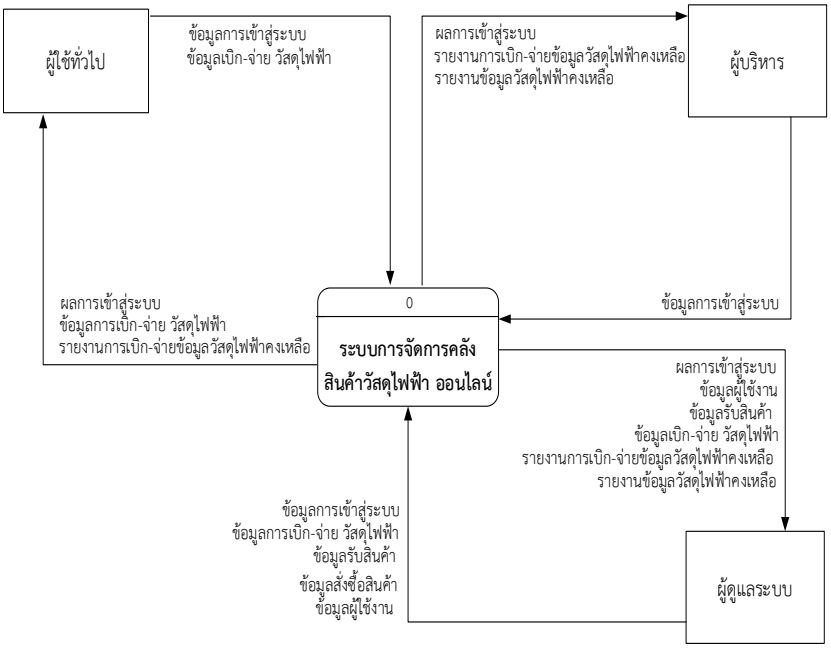
จากปัญหาที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา คือ ระบบการจัดเก็บข้อมูลในปัจจุบันยังไม่สอดคล้องกับความต้องการที่แท้จริงของผู้ใช้ ข้อมูลของการสั่งซื้อมีความคลาดเคลื่อนและไม่เป็นปัจจุบัน การค้นข้อมูลมีความล่าช้าต้องใช้เวลานานมากในการเปิดเอกสาร

ค้นหาข้อมูล การแก้ไขเปลี่ยนแปลงข้อมูลเป็นไปด้วยความไม่สะดวก ซึ่งทำให้เกิดความล่าช้าในการปฏิบัติงาน และมีความเสี่ยงต่อการสูญหายของข้อมูล

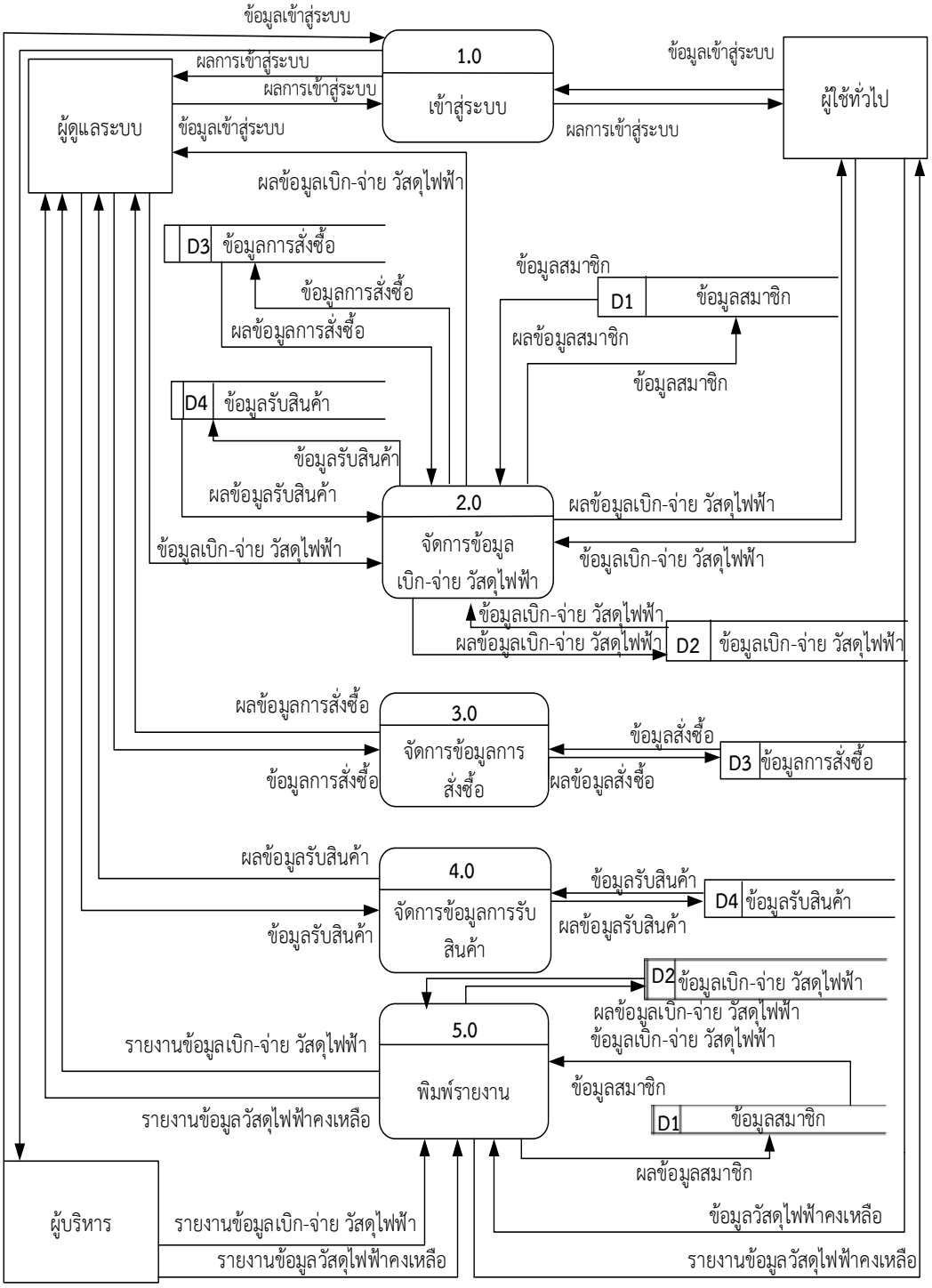
2.วิเคราะห์และออกแบบระบบ

จากการศึกษาระบบงานเดิมและเก็บรวบรวมข้อมูล ทำให้ทราบความต้องการของระบบ ผู้วิจัยได้นำปัญหามาวิเคราะห์และออกแบบระบบ โดยใช้แผนภาพบริบท (Context Diagram) แสดงภาพรวมการทำงานของระบบเพื่อแสดงผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งหมดของระบบ 3 ส่วน คือ

1. ผู้ดูแลระบบ (Administrator)
   - สามารถเข้าสู่ระบบได้ ด้วยการระบุตัวตนโดยใช้ ชื่อผู้ใช้ และรหัสผ่าน
   - จัดการข้อมูล /ค้นหาข้อมูล /พิมพ์รายงาน ข้อมูลสมาชิก ข้อมูลวัสดุไฟฟ้า ข้อมูลรายการเบิก – จ่ายวัสดุไฟฟ้า
   - พิมพ์รายงานข้อมูลการเบิก – จ่ายวัสดุไฟฟ้า และ ข้อมูลวัสดุไฟฟ้าคงเหลือ
2. ผู้บริหาร (Manager)
   - สามารถเข้าสู่ระบบได้ ด้วยการระบุตัวตนโดยใช้ ชื่อผู้ใช้ และรหัสผ่าน
   - ค้นหาประวัติการเบิก – จ่าย วัสดุไฟฟ้า / รายการวัสดุไฟฟ้าคงเหลือ
   - พิมพ์รายงานการเบิก – จ่าย วัสดุไฟฟ้าประจำเดือน / ปี และรายงานวัสดุไฟฟ้าคงเหลือ
3. ผู้ใช้งานทั่วไป (User)
   - สามารถเข้าสู่ระบบได้ ด้วยการระบุตัวตนโดยใช้ ชื่อผู้ใช้ และรหัสผ่าน
   - สมัครสมาชิก เพิ่ม แก้ไขข้อมูลตนเอง เพิ่มแก้ไขข้อมูลการเบิก – จ่ายวัสดุไฟฟ้า ค้นหาข้อมูลการเบิก – จ่ายวัสดุไฟฟ้า พิมพ์รายงานการเบิก – จ่าย วัสดุไฟฟ้าประจำวัน และวัสดุไฟฟ้าคงเหลือบริษัท แปซิฟิคอุตสาหกรรมกระสอบพลาสติก จำกัด



ภาพที่ 1 แผนภาพบริบท (Context Diagram) ของระบบการจัดการคลังสินค้าวัสดุไฟฟ้าออนไลน์ กรณีศึกษาบริษัท แปซิฟิคอุตสาหกรรมกระสอบพลาสติก จำกัด



ภาพที่ 2 แผนภาพกระแสข้อมูลระดับ 1 (Data Flow Diagram: Level 1)

3.การพัฒนาระบบ

ผู้วิจัยทำการพัฒนาระบบ โดยนำรายละเอียดที่ได้จากการวิเคราะห์และออกแบบระบบไว้มาทำการพัฒนา ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในรูปแบบ Web Application ประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบซึ่งจะใช้ชุดโปรแกรมสร้างเว็บเซิร์ฟเวอร์สำเร็จรูป Appserv 2.5.10 โดยใช้ Apache HTTP Server เป็นซอฟต์แวร์ให้บริการ Web Server ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาคือ PHP ใช้ระบบจัดการฐานข้อมูลด้วยโปรแกร MySQL และใช้ PHPMyAdmin เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการจัดการฐานข้อมูล MySQL ผ่าน

Web Browser ใช้โปรแกรม Adobe Dreamweaver CS5 สำหรับสร้างเว็บเพจ และเขียนคำสั่ง ที่มีการออกแบบมาเพื่อที่จะใช้ในการจัดการกับเอกสารสำหรับ การสร้างเว็บเพจ ใช้โปรแกรม Adobe Photoshop CS5 เพื่อสนับสนุนการสร้างงานประเภทสิ่งพิมพ์ งานวิดีทัศน์ งานนำเสนอ งานมัลติมีเดีย ตลอดจนงานออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์

เมื่อพัฒนาเสร็จแล้วผู้วิจัยได้ทดสอบระบบเบื้องต้นด้านประสิทธิภาพของระบบ โดยวัดคุณภาพของระบบจากแบบสอบถามสำหรับผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประเมินในด้านต่างๆ จำนวน 4 ด้าน ได้แก่

1. ด้านความสามารถในการทำงานของระบบ (Functional Requirement Test) เป็นการประเมินเพื่อดูว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีความสามารถทำงานได้ตามหน้าที่ของระบบมากน้อยเพียงใด
2. ด้านความถูกต้องในการทำงานของระบบ (Functional Test) เป็นการประเมินเพื่อดูว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีความถูกต้องมากน้อยเพียงใด
3. ด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานระบบ (Usability Test) เป็นการประเมินเพื่อดูว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีความยากง่ายต่อการใช้งานเพียงใด
4. ด้านการรักษาความปลอดภัยของระบบ (Security Test) เป็นการประเมินว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลหรือไม่

เกณฑ์ระดับคะแนนประสิทธิภาพของระบบ

5	คะแนน	หมายถึง	ระบบสามารถทำงานได้ในระดับมากที่สุด
4	คะแนน	หมายถึง	ระบบสามารถทำงานได้ในระดับมาก
3	คะแนน	หมายถึง	ระบบสามารถทำงานได้ในระดับปานกลาง
2	คะแนน	หมายถึง	ระบบสามารถทำงานได้ในระดับน้อย
1	คะแนน	หมายถึง	ระบบสามารถทำงานได้ในระดับน้อยที่สุด

หลังจากได้ทดสอบระบบเบื้องต้นโดยผ่านผู้เชี่ยวชาญแล้ว ผู้วิจัยได้นำระบบไปติดตั้งบนระบบเครือข่ายและทำการทดสอบระบบโดยให้ผู้ใช้ทดลองใช้ โดยกำหนดกลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้ใช้งานระบบ จำนวน 40 คน วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง โดยขั้นตอนการตรวจสอบ ผู้วิจัยสร้างแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบ เป็นแบบสอบถาม 5 ระดับ (Likert Scale) โดยกำหนดช่วงคะแนนดังนี้

คะแนน	4.50 – 5.00	ผู้ใช้มีความพึงพอใจระดับ	ดีมากที่สุด
คะแนน	4.00 – 4.49	ผู้ใช้มีความพึงพอใจระดับ	ดีมาก
คะแนน	3.50 – 3.99	ผู้ใช้มีความพึงพอใจระดับ	ปานกลาง
คะแนน	2.50 – 3.49	ผู้ใช้มีความพึงพอใจระดับ	น้อย
คะแนน	1.00 – 2.49	ผู้ใช้มีความพึงพอใจระดับ	น้อยที่สุด

ในการกำหนดข้อคำถามการวิจัย ผู้วิจัยได้กำหนดให้การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ แบ่งออกเป็น 4 ด้านได้แก่

ด้านที่ 1 ด้านตรงความต้องการของผู้ใช้ระบบ (Functional Requirement Test)

ด้านที่ 2 ด้านการใช้งานได้ตามฟังก์ชันของระบบ (Functional Test)

ด้านที่ 3 ด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานของระบบ (Usability Test)

ด้านที่ 4 ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ (Security Test) (3)

ผลการประเมินค่าความคิดเห็นของผู้ใช้ที่มีต่อระบบการจัดการคลังสินค้าวัสดุไฟฟ้าออนไลน์ กรณีศึกษาบริษัท แปซิฟิคอุตสาหกรรมกระสอบพลาสติก จำกัดผู้ วิจัยได้แบ่งการประเมินค่าความคิดเห็นของผู้ใช้ที่มีต่อระบบการจัดการคลังสินค้าวัสดุไฟฟ้าออนไลน์ โดยภาพรวม ซึ่งผลการประเมิน แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ใช้ที่มีต่อระบบดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความคิดเห็นต่อระบบการจัดการคลังสินค้าวัสดุไฟฟ้าออนไลน์

รายการประเมิน	จำนวนผู้ประเมิน (คน)	ระดับการประเมิน					$\overline{X}$
		5	4	3	2	1	
ด้านที่ 1 ด้านตรงความต้องการของผู้ใช้							
1. ความสามารถของระบบในการนำเสนอข้อมูล	40	24	9	5	1	-	4.40
2. ความสามารถของระบบในการเปลี่ยนแปลง (เพิ่ม ลบ แก้ไข)	40	17	16	5	2	-	4.20
3. ความสามารถของระบบในการค้นหาข้อมูลตามเมทาเดตา	40	18	14	6	1	1	4.18
4. ความสามารถของระบบในการจัดการฐานข้อมูล	40	14	22	2	1	1	4.18
ด้านที่ 2 ด้านความถูกต้องในการทำงานของระบบ	40	11	19	8	2	-	3.98
1. ความถูกต้องของระบบในการนำเสนอข้อมูล	40	14	11	13	1	1	3.90
2. ความถูกต้องในการเปลี่ยนแปลง (เพิ่ม ลบ แก้ไข) ข้อมูล	40	18	16	3	3	-	4.22
3. ความถูกต้องของระบบในการค้นหาข้อมูลตามเมทาเดตา							
4. ความถูกต้องในการทำงานของระบบโดยภาพรวม	40	9	13	16	1	1	3.70
ด้านที่ 3 ด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานของระบบ							
1. ความง่ายและสะดวกในการใช้งานระบบ	40	19	15	5	1	-	4.30
2. ความเหมาะสมของการใช้โทนสีโดยภาพรวม							
3. ความเหมาะสมของรูปแบบตัวอักษรที่เลือกใช้	40	15	22	2	1	-	4.28
	40	18	12	6	2	2	4.05
4. ความเหมาะสมในการออกแบบหน้าจอโดยภาพรวม	40	20	12	4	3	1	4.18
		ระดับการประเมิน					

รายการประเมิน	จำนวนผู้ประเมิน (คน)	5	4	3	2	1	$\overline{X}$
ด้านที่ 4 ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ							
1. เมื่อผู้ใช้งานป้อนข้อมูลผิดพลาดระบบมีการแจ้งเตือนเพื่อความปลอดภัย	40	26	8	3	2	1	4.40
1. ความปลอดภัยในการเข้าใช้ระบบโดยมีการกำหนดรหัสผู้ใช้และรหัสผ่าน	40	13	15	10	1	1	3.95
2. ความปลอดภัยจากการเข้ามาเปลี่ยนแปลงแก้ไขข้อมูลจากบุคคลภายนอก	40	18	14	6	1	1	4.18
3. ความปลอดภัยข้อมูลของระบบโดยภาพรวม	40	24	12	2	2	-	4.45
รวม	**40**	**278**	**230**	**96**	**25**	**10**	**4.16**

จากตารางที่ 1 พบว่าระดับความคิดเห็นของผู้ใช้ที่มีต่อระบบการจัดการคลังสินค้าวัสดุไฟฟ้าออนไลน์ กรณีศึกษาบริษัท แปซิฟิคอุตสาหกรรมกระสอบพลาสติก จำกัด โดยภาพรวมเป็นดังนี้ ระดับความคิดเห็นโดยภาพรวมจากทุกด้านที่นำมาวิเคราะห์ที่มีค่ามากที่สุด 5 อันดับแรก คือ ความปลอดภัยข้อมูลของระบบโดยภาพรวม (= 4.45) รองลงมาคือ เมื่อผู้ใช้งานป้อนข้อมูลผิดพลาดระบบมีการแจ้งเตือนเพื่อความปลอดภัย (= 4.40) ความง่ายและสะดวกในการใช้งานระบบ (= 4.30) ความเหมาะสมของการใช้โทนสีโดยภาพรวม (= 4.28) และ ความถูกต้องของระบบในการค้นหาข้อมูลตามเมทาเดตา (= 4.22) ตามลำดับ และผลการวิเคราะห์โดยภาพรวมทั้งหมดจะ เห็นได้ว่าอยู่ในระดับดีมาก คือ = 4.16) จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลจะเห็นได้ว่าระบบการจัดการคลังวัสดุไฟฟ้าออนไลน์ ทำให้เกิดประโยชน์และอำนวยความสะดวกต่อองค์กรเป็นอย่างมาก

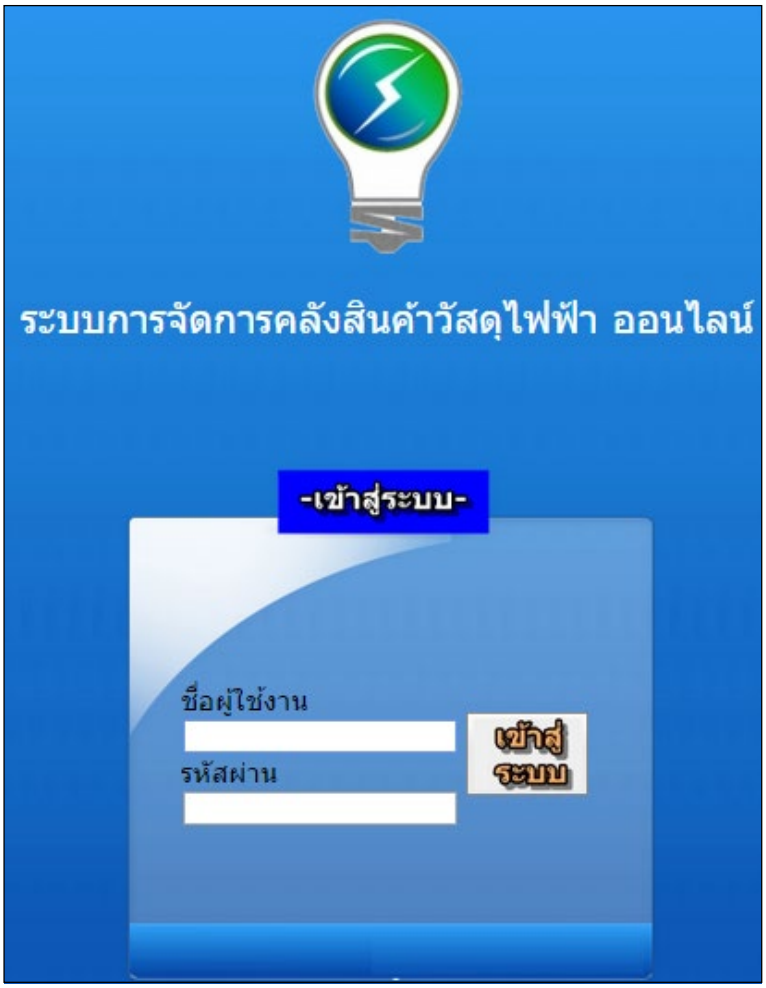
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยเพื่อประเมินผลการพัฒนาระบบการจัดการคลังสินค้าวัสดุไฟฟ้าออนไลน์ กรณีศึกษา บริษัท แปซิฟิคอุตสาหกรรมกระสอบพลาสติก จำกัด มีผลการวิจัยดังนี้ ในการใช้งานระบบประกอบไปด้วยผู้ใช้งาน 3 ส่วน คือ 1. ส่วนที่เป็นผู้ดูแลระบบ (Administrator) จะเป็นเจ้าหน้าที่ฝ่ายคอมพิวเตอร์ของบริษัท 2. ส่วนของผู้ใช้งานทั่วไป (User) 3. ผู้บริหาร (manager) ซึ่งผู้ใช้งานระบบสามารถทำได้ตามขอบเขต ดังนี้

1. ส่วนของผู้ดูแลระบบ (Administrator)
    1) เพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูลสมาชิก
    2) เพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูลวัสดุไฟฟ้า
    3) เพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูลการเบิก – จ่ายวัสดุไฟฟ้า
    4) ค้นหาข้อมูลสมาชิก
    5) ค้นหาข้อมูลวัสดุไฟฟ้า
    6) ค้นหาประวัติการเบิก – จ่ายวัสดุไฟฟ้า
    7) ค้นหารายงานข้อมูลวัสดุไฟฟ้า ประจำวัน/เดือน/ปี ได้
    8) พิมพ์รายงานต่างๆ ดังนี้

- รายงานข้อมูลการเบิก – จ่ายวัสดุไฟฟ้า ประจำวัน/เดือน/ปี ได้
- รายงานข้อมูลวัสดุไฟฟ้าคงเหลือ

2. ส่วนของผู้ใช้งานทั่วไป (User)
   1) เพิ่ม แก้ไขข้อมูลรายการเบิก – จ่ายวัสดุไฟฟ้าได้
   2) ค้นหาข้อมูลการเบิก – จ่ายวัสดุไฟฟ้าได้
   3) พิมพ์รายงานต่างๆ ดังนี้
      - รายงานข้อมูลการเบิก-จ่ายวัสดุไฟฟ้า ประจำวัน
      - รายงานข้อมูลวัสดุไฟฟ้าคงเหลือ
3. ส่วนของผู้บริหาร (Manager)
   1) ค้นหาประวัติการเบิก – จ่ายวัสดุไฟฟ้าได้
   2) ค้นหารายการวัสดุไฟฟ้าคงเหลือได้
   3) พิมพ์รายงานต่างๆ ดังนี้
      - รายงานข้อมูลการเบิก – จ่ายวัสดุไฟฟ้า ประจำ/เดือน/ปี
      - รายงานข้อมูลวัสดุไฟฟ้าคงเหลือ

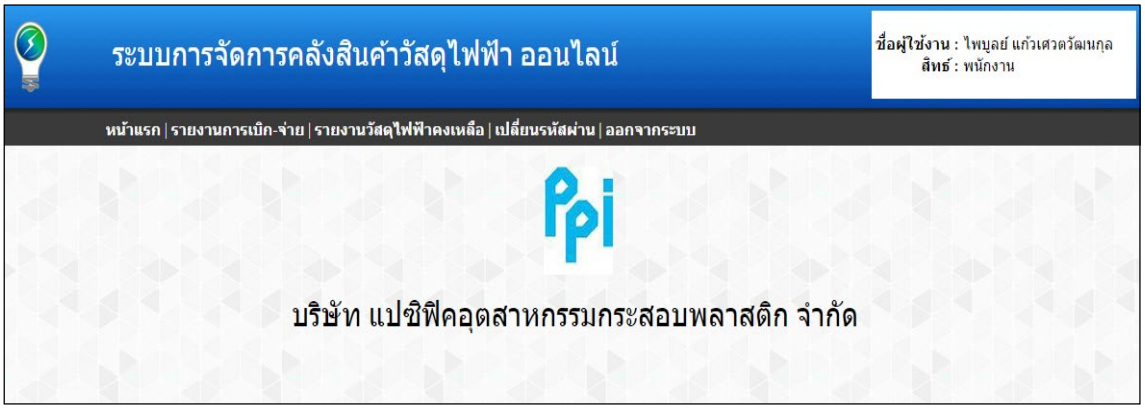


ภาพที่ 3 หน้าจอแรกลงชื่อเข้าใช้งานระบบเพื่อเข้าสู่หน้าจอหลักของโปรแกรม

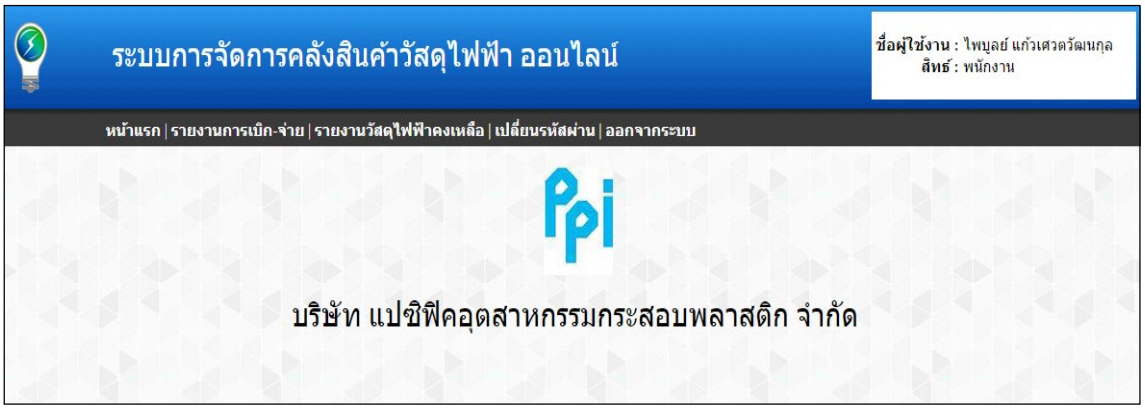
การเข้าใช้งานระบบ มีผู้ใช้งานแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ผู้ดูแลระบบ ผู้ใช้งานทั่วไป และผู้บริหาร ซึ่งผู้ใช้งานจะต้องกรอกชื่อผู้ใช้งาน และรหัสผ่าน แล้วคลิกปุ่ม เพื่อเข้าสู่ระบบ หากใส่ ชื่อผู้ใช้งาน หรือ รหัสผ่านไม่ถูกต้อง ระบบจะแจ้งว่า username หรือ password ไม่ถูกต้อง



ภาพที่ 4 หน้าจอแสดงเมนูจัดการระบบสำหรับผู้ดูแลระบบ



ภาพที่ 5 หน้าจอแสดงเมนูจัดการระบบสำหรับผู้ใช้งาน



ภาพที่ 6 หน้าจอแสดงเมนูจัดการระบบสำหรับผู้บริหาร

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บุรินทร์ทั้งไพศาล [(1)] ทำการศึกษาเรื่องแบบจำลองสถานการณ์เพื่อการจัดการการกระจายสินค้าในคลังสินค้าโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิผลของแนวความคิดในการปรับปรุงระบบคลังสินค้าการศึกษานี้ได้ใช้คลังสินค้าของบริษัทผลิตกระเบื้องมุงหลังคาและ ไม้ฝาสังเคราะห์แห่งหนึ่งเป็นกรณีศึกษาโดยมุ่งเน้นในส่วนงานคลังสินค้าที่เกี่ยวข้อง กับการให้บริการจัดส่งสินค้าแก่ลูกค้าเนื่องจากเป็นส่วนผลกระทบโดยตรงต่อระดับบริการที่ลูกค้าได้รับการพัฒนา 4 แบบจำลองของสถานการณ์ได้ทำการศึกษาขั้นตอนการดำเนินงานภายในคลังสินค้าในส่วนของการให้บริการแก่ลูกค้าและได้แบ่งแบบจำลองออกเป็น 4 ส่วนหลัก คือ 1) ส่วนการเข้ามารับบริการของลูกค้า 2) ส่วนการจัดสินค้าแบบเต็มพาเลต 3) ส่วนการจัดสินค้าแบบไม่เต็มพาเลต 4) ส่วนการจัดเรียงสินค้าขึ้นรถบรรทุกซึ่งแบบจำลองที่สร้างขึ้นได้ถูกพัฒนาบนโปรแกรมที่มีชื่อว่า “Extend” โดยในการสร้างแบบจำลองนี้จะแยกระบบงานที่จะจำลองออกเป็นส่วนย่อยๆแล้วจึงนำมาประกอบกันเป็นแบบจำลองที่สมบูรณ์อีกครั้ง ผลจากการตรวจสอบความถูกต้อง และความน่าเชื่อถือของแบบจำลองที่สร้างขึ้นพบว่าแบบจำลองสามารถสะท้อนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น จริงในคลังสินค้าและสามารถนำไปใช้วิเคราะห์และประเมินความเหมาะสมของแนวทางต่างๆในการปรับปรุงระบบภายในคลังสินค้าโดยผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์จะถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ถึงผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้น จากการนำแนวทางต่างๆ ไปปฏิบัติอันจะส่งผลให้การตัดสินใจปรังปรุงระบบคลังสินค้ามีประสิทธิผลยิ่งขึ้น

สรุป

การวิจัยเพื่อประเมินผลการพัฒนาระบบการจัดการคลังสินค้าวัสดุไฟฟ้าออนไลน์ กรณีศึกษา บริษัท แปซิฟิคอุตสาหกรรมกระสอบพลาสติก จำกัด มีผลการวิจัยดังนี้

1. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ จากการศึกษาระบบงานเดิมและเก็บรวบรวมข้อมูล สัมภาษณ์ผู้ใช้งานที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับระบบ ได้มีการอภิปรายเพื่อพิจารณา ทำให้ทราบความต้องการของระบบ ผู้วิจัยจึงได้นำปัญหามาวิเคราะห์และออกแบบระบบให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งาน ซึ่งมีผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งหมดของระบบ 3 ส่วนคือ 1) ผู้ดูแลระบบ (Administrator) 2) ผู้บริหาร (Manager) 3) ผู้ใช้งานทั่วไป (User)

2. การพัฒนาระบบจัดการข้อมูลครุภัณฑ์ออนไลน์ บริษัท แปซิฟิคอุตสาหกรรมกระสอบพลาสติก จำกัด ผู้วิจัยทำการพัฒนาระบบ โดยนำรายละเอียดที่ได้จากการวิเคราะห์ และออกแบบระบบไว้มาทำการพัฒนา ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในรูปแบบ Web Application เมื่อพัฒนาเสร็จแล้วผู้วิจัยได้ทดสอบระบบเบื้องต้นด้านประสิทธิภาพของระบบ โดยวัดคุณภาพของระบบจากแบบสอบถามสำหรับผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประเมินในด้านต่าง ๆ จำนวน 4 ด้าน ดังนี้

ด้านที่ 1 ด้านตรงความต้องการของผู้ใช้ระบบ (Functional Requirement Test)

ด้านที่ 2 ด้านการใช้งานได้ตามฟังก์ชันของระบบ (Functional Test)

ด้านที่ 3 ด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานของระบบ (Usability Test)

ด้านที่ 4 ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ (Security Test)

3. การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ พบว่าระดับความคิดเห็นของผู้ใช้ที่มีต่อระบบการจัดการคลังสินค้าวัสดุไฟฟ้าออนไลน์ โดยภาพรวมเป็นดังนี้ ระดับความคิดเห็นโดยภาพรวมจากทุกด้านที่นำมาวิเคราะห์ที่มีค่ามากที่สุด 5 อันดับแรก คือ ความปลอดภัยข้อมูลของระบบโดยภาพรวม (= 4.45) รองลงมาคือ เมื่อผู้ใช้งานป้อนข้อมูลผิดพลาดระบบมีการแจ้งเตือนเพื่อความปลอดภัย (= 4.40) ความง่ายและสะดวกในการใช้งานระบบ (= 4.30) ความเหมาะสมของการใช้โทนสีโดยภาพรวม(=4.28) และ ความถูกต้องของระบบในการค้นหาข้อมูลตามเมทาเดตา (= 4.22) ตามลำดับ และผลการวิเคราะห์โดยภาพรวมทั้งหมดจะเห็นได้ว่าอยู่ในระดับดีมาก คือ = 4.16) จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลจะเห็นได้ว่าระบบการจัดการคลังสินค้าวัสดุไฟฟ้าออนไลน์สามารถนำไปสนับสนุนการทำงานขององค์กรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

1. อารดา ลีชุติวัฒน์. วิทยานิพนธ์. 2552; [เข้าถึงเมื่อ 20 เม.ย. 2562]. เข้าถึงได้จาก http://[PDF] psu.ac.th.
2. โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ (ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม). พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น; 2555.
3. อรรถพร ธนูเพ็ชร์, นิชาภา จำปาศรี. ระบบจัดการข้อมูลครุภัณฑ์คอมพิวเตอร์ออนไลน์. ใน: เอกสารประกอบการประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 6 วันที่ 6 มิถุนายน 2561. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ. กรุงเทพฯ; 2561. หน้า IT420-IT428.

[IT-O16] การประยุกต์เทคนิคการทำเหมืองข้อมูลสำหรับประเมินพฤติกรรมเสี่ยงด้านสุขภาพของนักเรียน
Applying Data Mining Technique for Evaluating Student's health Risk Behavior

สุรินทร์ อุ่นแสน *
Surin Aunsan*
สาขาวิชานวัตกรรมดิจิทัลและวิศวกรรมซอฟต์แวร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: surin@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเทคนิคการทำเหมืองข้อมูลเพื่อนำมาประเมินพฤติกรรมเสี่ยงด้านสุขภาพของนักเรียน โดยประยุกต์ใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล พฤติกรรมเสี่ยงด้านสุขภาพแบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ปกติ เสี่ยง และมีปัญหา กลุ่มข้อมูลพฤติกรรมด้านสุขภาพที่บ่งบอกระดับความเสี่ยงหรือข้อมูลทำนายสังเคราะห์จากวิธีการจำแนกข้อมูล ผลการวิจัย พบว่า อัลกอริทึมต้นไม้ตัดสินใจมีค่าความถูกต้องมากที่สุดเท่ากับ 91.14% และอัลกอริทึมประเมินพฤติกรรมเสี่ยงที่สร้างจากต้นไม้ตัดสินใจดังกล่าวจะถูกเปลี่ยนเป็นคำสั่งภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อสร้างแอปพลิเคชันประมวลผลพฤติกรรมเสี่ยงด้านสุขภาพของนักเรียน ซึ่งจะเป็นเครื่องมือด้านดิจิทัลที่สำคัญสำหรับครูที่ปรึกษาและครูแนะแนวในการประเมินพฤติกรรมเสี่ยงของนักเรียนในระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนของโรงเรียนที่มีประสิทธิภาพ นอกจากนั้นการสร้างอัลกอริทึมประเมินพฤติกรรมเสี่ยงด้านสุขภาพจะเป็นแนวในการสร้างอัลกอริทึมพฤติกรรมเสี่ยงของนักเรียนด้านอื่น ๆ เช่น ด้านสุขภาพจิต และ ด้านครอบครัว เศรษฐกิจ เป็นต้น

คำสำคัญ: *พฤติกรรมเสี่ยงด้านสุขภาพ, การจำแนกข้อมูล*

Abstract

This research aims to study data mining technique for evaluating student's health risk behavior by applying classification of data mining technique. Health risk behavior has three levels that included normal, risk and problem. A group of data for specifying risk of health behavior collected by using classification technique. Research result showed that decision tree algorithm represented high accuracy value of 91.14% and algorithm of computer program created by using decision tree model to provide student's health evaluation on the application of filtering student risk behavior. The application is a digital tool for providing teacher and advisor filters student's health risk behavior or the other fields, for example, phycology, family and economy.

Keywords: *health risk behavior, classification*

บทนำ

ปัญหาด้านความรุนแรงเกี่ยวกับเด็กและเยาวชนในปัจจุบันมีอัตราเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากสภาพแวดล้อมในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงในด้านต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง จากรายงานการศึกษาสิทธิเด็กและการวางแผนท้องถิ่นเพื่อเด็กและเยาวชน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย [(1)] ชี้ว่าเด็กและเยาวชนในชุมชนเมืองและท้องถิ่นที่กำลังเติบโตเป็นเมืองใหญ่มี พฤติกรรมเสี่ยงที่จำเป็นต้องแก้ไขอย่างเร่งด่วน ได้แก่ พฤติกรรมก้าวร้าวรุนแรง ปัญหายาเสพติด การใช้เวลาว่างเชิงสร้างสรรค์ลดลง ความรุนแรงในพฤติกรรมและอารมณ์เพิ่มมากขึ้น และ มีการตั้งแก๊งมอเตอร์ไซค์ เป็นต้น นอกจากนั้น รายงานจากศูนย์วิชาการและเครือข่ายวิชาการด้านเด็ก เยาวชน และครอบครัว คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย [(2)] พบว่า เด็กและเยาวชนไทยมี

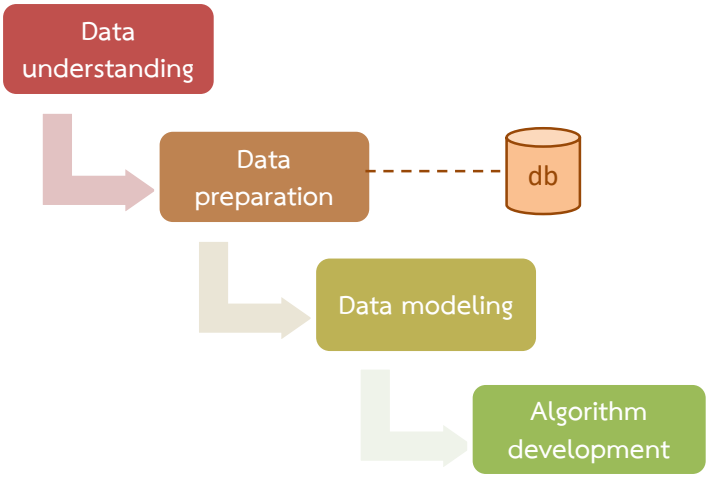
ความเหลื่อมล้ำด้านอาหาร แม้ประเทศไทยจะมีอาหารอุดมสมบูรณ์ จากรายงาน พบว่า เด็กไทยมีปัญหาโรคอ้วนร้อยละ 10 หรือ เด็ก 10 คน จะเป็นโรคอ้วนจำนวน 1 คน เด็กในชนบทกว่า 4 – 6 แสนคนเป็นกลุ่มเด็กขาดสารอาหารหรือเด็กผอม นอกจากปัญหาดังกล่าวเด็กและเยาวชนจำนวนหนึ่งยังต้องเผชิญกับปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพทั้งกายและจิต เช่น โรคภูมิแพ้ โรคประจำตัว และโรคซึมเศร้า เป็นต้น ซึ่งปัญหาภาวะสุขภาพส่งผลต่อการดำเนินชีวิตของเด็กและเยาวชนเป็นอย่างมาก

กระทรวงศึกษาธิการได้กำหนดให้สถานศึกษาดำเนินการระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนซึ่งเป็นกระบวนการดำเนินงานดูแลช่วยเหลือนักเรียนอย่างมีขั้นตอน วิธีการและเครื่องมือการทำงานที่ชัดเจน ขั้นตอนการคัดกรองพฤติกรรมนักเรียนจำแนกนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มปกติ กลุ่มเสี่ยง และกลุ่มมีปัญหา เพื่อเข้าสู่กระบวนการสนับสนุน ส่งเสริม และแก้ไขปัญหาโดยการประสานความร่วมมือกับองค์กรและหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง [3] การดำเนินงานในระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนที่ผ่านมาสถานศึกษาแต่ละแห่งจะกำหนดนโยบายและกรอบการดำเนินงานที่สอดคล้องกับแนวทางในคู่มือระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนของกรมสุขภาพจิต โดยดำเนินการวิเคราะห์และสรุปผลพฤติกรรมของผู้เรียนครอบคลุมข้อมูลพื้นฐานจำนวน 5 ด้าน ได้แก่ ด้านความสามารถทางการเรียน สุขภาพ ครอบครัวและเศรษฐกิจ ยาเสพติด และความปลอดภัยทั้งนี้สถานศึกษากำหนดเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลที่มีความแตกต่างกันออกไปตามบริบทของสถานศึกษา [4]

ผู้วิจัยมีแนวความคิดที่พัฒนาและปรับปรุงซอฟต์แวร์สำหรับครูที่ปรึกษาหรือครูแนะแนวสำหรับประเมินผู้เรียน ซึ่งจะทำให้ทราบระดับพฤติกรรมเสี่ยงในด้านต่าง ๆ ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเทคนิคเหมืองข้อมูลเพื่อนำมาประเมินพฤติกรรมเสี่ยงด้านสุขภาพของนักเรียน โดยใช้เทคนิคการจำแนกข้อมูล (Classification) สร้างโมเดลประเมินพฤติกรรมเสี่ยงด้านสุขภาพ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ปกติ เสี่ยง และมีปัญหา จากนั้นนำไปสังเคราะห์เป็นอัลกอริทึมซึ่งจะถูกนำไปแปลงเป็นคำสั่งภาษาโปรแกรมเพื่อสร้างแอปพลิเคชันประเมินพฤติกรรมเสี่ยงของนักเรียนด้านสุขภาพ ซึ่งจะเป็นแนวทางนำไปสู่การสร้างอัลกอริทึมสำหรับประเมินพฤติกรรมเสี่ยงด้านอื่น ๆ เช่น ด้านการเรียน ครอบครัวและเศรษฐกิจ เป็นต้น เพื่อให้ครอบคลุมประเด็นในการคัดกรองนักเรียน การสร้างแอปพลิเคชันประเมินพฤติกรรมเสี่ยงของนักเรียนจะเป็นเครื่องมืออำนวยความสะดวกให้ครูที่ปรึกษาในการวิเคราะห์และประเมินผู้เรียน ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงเนื่องจากเป็นเครื่องมือหรือโปรแกรมที่สร้างขึ้นจากข้อมูลของผู้เรียนในโรงเรียน

วิธีดำเนินการวิจัย

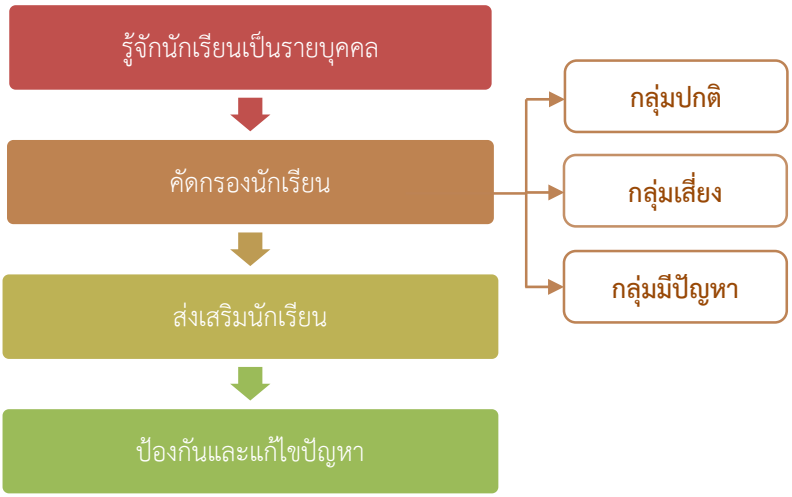
การสร้างอัลกอริทึมประเมินพฤติกรรมเสี่ยงของนักเรียนด้านสุขภาพ ประยุกต์ใช้ขั้นตอนการทำเหมืองข้อมูล (CRISP-DM: Cross Industry Standard Process for Data Mining) [5] ดังนี้



รูปที่ 1 ขั้นตอนการสร้างอัลกอริทึมประเมินพฤติกรรมเสี่ยงด้านสุขภาพ

1. การศึกษาปัญหา (Data understanding)

ผู้วิจัยศึกษา ค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคัดกรองพฤติกรรมนักเรียนในระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน [3] เพื่อจำแนกและระบุรายละเอียดข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการประเมินพฤติกรรมเสี่ยงด้านสุขภาพ จากการศึกษากระบวนการดำเนินงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 กระบวนการดำเนินงานระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน

กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการประเมินพฤติกรรมเสี่ยง คือ การคัดกรองนักเรียน ในขั้นตอนนี้จะจำแนกจำแนกระดับพฤติกรรม ออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับปกติ เสี่ยง และมีปัญหา อ้างอิงการจำแนกด้านและระดับของพฤติกรรมจากคู่มือระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน ของกรมสุขภาพจิต กระทรวงศึกษาธิการ เมื่อพิจารณาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพกายที่จัดเก็บในฐานข้อมูลนักเรียนของโรงเรียนและเอกสารที่เกี่ยวข้อง พบว่า ประกอบด้วย ส่วนสูง น้ำหนัก โรคประจำตัว ความบกพร่องทางกาย การมองเห็น การได้ยิน ความสะอาดของร่างกาย และ อาการแพ้ เป็นต้น [4]

2. การเตรียมข้อมูล

ระบุรายละเอียดของพฤติกรรมสุขภาพที่ได้ศึกษาและรวบรวมจากฐานข้อมูล มาสร้างชุดข้อมูลสำหรับสร้างโมเดล (Data set) สำหรับเทคนิคการแบ่งข้อมูล โดยระบุคลาส (Class) คือ แอทริบิวต์ (Attribute) level รายละเอียดแอทริบิวต์มีดังนี้

ตารางที่ 1 รายละเอียดของแอทริบิวต์ในชุดข้อมูล

Attribute	คำอธิบาย	Domain
1. level	ระดับพฤติกรรม	normal = ปกติ, risk = เสี่ยง, problem = มีปัญหา
2. strong	ความแข็งแรงของร่างกาย	Y = แข็งแรง, N = อ่อนแอ
3. congenital_disease	โรคประจำตัว	Y = มีโรคประจำตัว, N = ไม่มีโรคประจำตัว
4. weight_and_height	ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและส่วนสูง	Y = น้ำหนักส่วนสูงสัมพันธ์กัน, N = น้ำหนักส่วนสูงไม่สัมพันธ์กัน
5. eyesight	การมองเห็น	Y = สายตาปกติ, N = สายตามีปัญหา
6. disabled	ความบกพร่องทางร่างกาย	Y = ไม่พบความบกพร่อง, Y = พบความบกพร่อง
7. allergy	อาการการแพ้	Y = มีอาการแพ้, N = ไม่มีอาการแพ้
8. cleanness	ความสะอาดของร่างกาย	Y = ร่างกายสะอาด, N = ร่างกายไม่สะอาด

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	level	health	congenital_d	weight_and_	eyesight	disabled	allergy	cleanness
2	normal	Y	N	Y	Y	N	N	Y
3	normal	Y	N	Y	Y	N	N	Y
4	normal	Y	N	Y	Y	N	N	Y
5	normal	Y	N	Y	Y	N	N	Y
6	normal	Y	N	Y	Y	N	N	Y
7	normal	Y	N	Y	Y	N	N	Y
8	normal	Y	N	Y	Y	N	N	Y

รูปที่ 3 ชุดข้อมูลสำหรับประมวลผล

การจัดเตรียมชุดข้อมูลจะนำข้อมูลจากแบบบันทึกสุขภาพของนักเรียนและข้อมูลจากฐานข้อมูลระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนด้านสุขภาพกาย ซึ่งเป็นข้อมูลของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) จำนวนทั้งสิ้น 316 คน โดยการแทนค่าของแอทริบิวต์ตามที่กำหนดในตารางที่ 1 และกำหนดคลาสหรือ level ของแต่ละแถว

3. การสร้างโมเดล (Data modeling)

นำชุดข้อมูลมาสร้างโมเดลโดยใช้โปรแกรม Weka โดยกำหนดเทคนิค คือ การจำแนกข้อมูล และอัลกอริทึมที่เลือกใช้ได้แก่ Naïve Bays, OneR, J48 และ RandomTree เลือกอัลกอริทึมที่มีค่าความถูกต้องสูงที่สุดมาใช้ในการสร้างอัลกอรีทึมประเมินพฤติกรรมเสี่ยง

4. การสร้างอัลกอริทึม (Algorithm development)

นำโมเดลที่มีค่าความถูกต้องสูงที่สุดมาสร้างอัลกอริทึมประเมินพฤติกรรมเสี่ยง โดยเขียนให้อยู่ในรูปแบบของรหัสเทียม ซึ่งมีความใกล้เคียงกับภาษาโปรแกรม เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้ และเขียนผังงานเพื่ออธิบายลำดับและเงื่อนไขในการประมวลผลข้อมูลที่รับเข้า

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

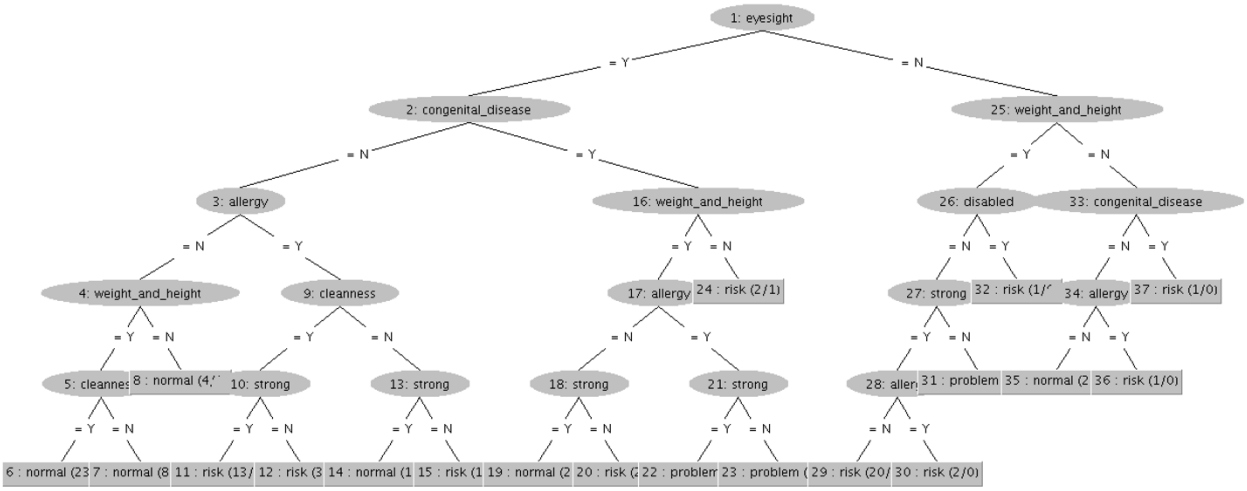
1. ผลการสร้างโมเดลจำแนกพฤติกรรมเสี่ยงด้านสุขภาพ

ค่าความถูกต้องของข้อมูล (Accuracy) ของโมเดลประเมินพฤติกรรมเสี่ยงด้านสุขภาพกาย ที่ประมวลผลในโปรแกรม Weka โดยใช้อัลกอริทึม Naïve Bays, OneR, J48 (Decision tree) และ RandomTree (Decision tree) โดยกำหนดการ Train และ Test ข้อมูลแบบ Cross-validation folds เท่ากับ 10 [6] โดยข้อมูลจะถูกแบ่งออกเป็น 10 ชุด ข้อมูลแต่ละชุดมี 13 แถว ข้อมูลหนึ่งส่วนในแต่ละชุดจะถูกนำไปสร้างเป็นข้อมูลสำหรับทดสอบ (Test set) ข้อมูลที่เหลือจะถูกนำไปสร้างโมเดล (Training set) ทำการประมวลผลจำนวน 10 ครั้ง ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลชุดข้อมูลด้วยอัลกอริทึมจำแนกข้อมูลมีดังนี้

ตารางที่ 2 ผลลัพธ์การประมวลผลชุดข้อมูลด้วยอัลกอริทึมจำแนกข้อมูล

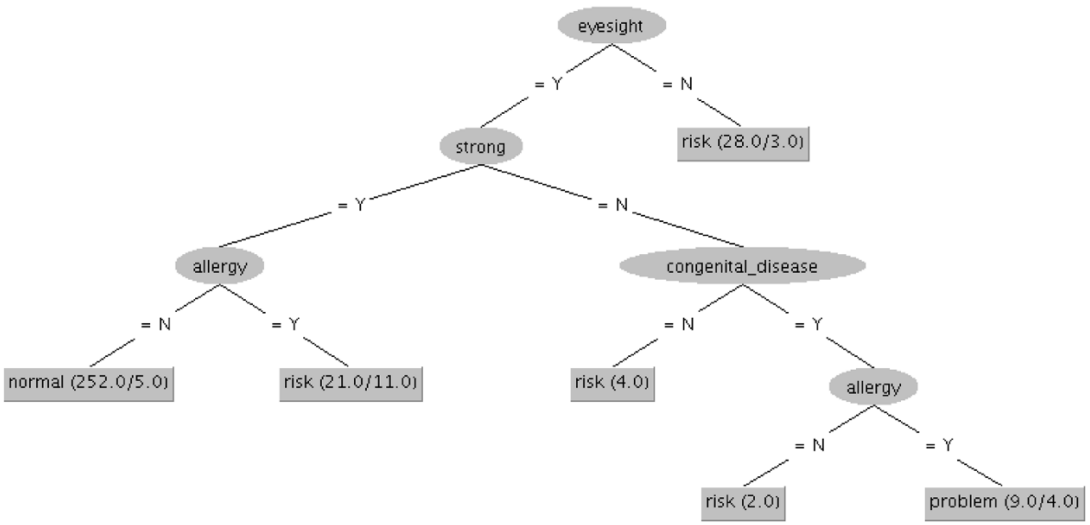
ค่า	Naïve Bays	OneR	J48	RandomTree
Correctly	90.45	88.92	91.14	91.14
Kappa	0.64	0.54	0.72	0.71
TP Rate	0.91	0.89	0.91	0.91
Precision	0.93	0.89	0.91	0.91
F-Measure	0.91	0.79	0.91	0.91

จากตาราง พบว่า ค่าความถูกต้องของอัลกอริทึม J48 และ RandomTree มีค่าเท่ากันและเป็นค่าสูงที่สุด เท่ากับ 91.14% อัลกอริทึม OneR มีค่าความถูกต้องน้อยที่สุด เท่ากับ 88.92% ตามลำดับ เมื่อพิจารณาแผนผังต้นไม้ตัดสินใจ (Decision tree) ที่สร้างจากอัลกอริทึม J48 และ RandomTree พบว่า ต้นไม้ตัดสินใจที่สร้างจากอัลกอริทึม J48 มีความซับซ้อนน้อยกว่าต้นไม้ตัดสินใจที่สร้างจากอัลกอริทึม RandomTree ซึ่งแสดงการเชื่อมโยงของโหนดหรือแอทริบิวต์ทุกค่า เมื่อทดสอบนำข้อมูลไปประเมินด้วยต้นไม้ตัดสินใจที่สร้างจากอัลกอริทึม RandomTree พบว่า ได้คำตอบเหมือนกัน แผนผังต้นไม้ตัดสินใจจากอัลกอริทึม RandomTree มีดังนี้



รูปที่ 4 แผนผังต้นไม้ตัดสินใจที่ได้จากอัลกอริทึม RandomTree

แผนผังต้นไม้ตัดสินใจที่สร้างจากอัลกอริทึม RandomTree ประกอบด้วยโหนดราก คือ eyesight โหนดลูกแต่ละโหนดประกอบด้วย แอทริบิวต์หรือผลลัพธ์หรือคำตอบ ได้แก่ normal, risk และ problem เมื่อทดสอบป้อนข้อมูลนักเรียนที่มีสายตาปกติ (eyesight = Y) ไม่มีโรคประจำตัว (congenital disease = N) ไม่มีอาการแพ้ใด ๆ (allergy = N) น้ำหนักปกติ (weight_and_height = Y) และ การรักษาความสะอาดร่างกาย (cleaner = Y) ผลการประเมินสุขภาพของนักเรียนจะอยู่ในระดับปกติ (normal)



รูปที่ 5 แผนผังต้นไม้ตัดสินใจที่ได้จากอัลกอริทึม J48

แผนผังต้นไม้ตัดสินใจประกอบด้วยโหนด eyesight, strong, allergy และ congenital_disease แต่ละโหนดประกอบด้วยแอทริบิวต์หรือผลลัพธ์หรือคำตอบ ได้แก่ normal, risk และ problem เมื่อทดสอบป้อนข้อมูลนักเรียนที่มีสายตาปกติ (eyesight = Y) ร่างกายแข็งแรง (strong = Y) และ ไม่มีอาการแพ้ใด ๆ (allergy = N) ผลการประเมินสุขภาพของนักเรียนจะอยู่ในระดับ ปกติ (normal)

ผู้วิจัยเลือกใช้ต้นไม้ตัดสินใจที่สร้างจากอัลกอริทึม J48 เนื่องจากมีระยะทางในการค้นหาที่สั้นกว่าต้นไม้ที่สร้างจากอัลกอริทึม RandomTree มีความซับซ้อนน้อยกว่า และประกอบด้วยโหนดหรือประเด็นที่จะต้องพิจารณาน้อยกว่า ซึ่งส่งผลต่อการออกแบบอัลกอริทึมสำหรับการเขียนโปรแกรมที่สั้น กระชับและประมวลผลได้รวดเร็ว

2. อัลกอริทึมประเมินพฤติกรรมเสี่ยงด้านสุขภาพของนักเรียน

เมื่อสร้างขั้นตอนวิธีหรืออัลกอริทึมจากต้นไม้ตัดสินใจ ลักษณะของอัลกอริทึมที่ได้จัดเป็นอัลกอริทึมแบบเงื่อนไข (If-else) ซึ่งมีการประมวลผลตามลำดับ เมื่อข้อมูลที่ป้อนเข้าสู่อัลกอริทึมเข้าสู่เงื่อนไขใดซึ่งอาจจะเป็นจริงหรือเท็จ กระบวนการทำงานจะประมวลผลเป็นลักษณะเส้นทางจนกว่าจะพบคำตอบหรือผลลัพธ์ คือ normal, risk หรือ problem

```
Algorithm HealthRiskBhv
Start
    if eyesight is equal to Y
        level is “risk”
    else
        if strong is equal to Y
            if allergy is equal to Y
                level is “risk”
            else
                level is “normal”
        else
            if congenital_desease is equal to Y
                if allergy is equal to Y
                    level is “problem”
                else
                    level is “risk”
            else
                level is “risk”
End
```

สรุป

การศึกษาการประเมินพฤติกรรมเสี่ยงด้านสุขภาพของนักเรียน โดยใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล พบว่า อัลกอริทึมของเทคนิคการจำแนกข้อมูล (Classification) ต้นไม้ตัดสินใจ J48 เป็นอัลกอริทึมที่มีค่าความถูกต้องสูงที่สุดเท่ากับ 91.14% เมื่อกำหนดค่า Cross-validation เท่ากับ 10 และเมื่อวิเคราะห์โหนด แอทริบิวต์และเส้นทางของต้นไม้ตัดสินใจพบว่า มีความสมเหตุสมผลมากกว่าต้นไม้ตัดสินใจที่สร้างจากอัลกอริทึม RandomTree ซึ่งมีค่าความถูกต้องและค่าความผิดพลาดเท่ากัน เมื่อ

สร้างอัลกอริทึมจากต้นไม้ตัดสินใจจะได้อัลกอริทึมที่มีลักษณะเป็นเงื่อนไขแบบลำดับ รูปแบบการประมวลผลอัลกอริทึมจะประมวลทั้งเงื่อนไขที่เป็นจริงและเป็นเท็จ จนกระทั่งสิ้นสุดเส้นทางและได้คำตอบ คือ ระดับพฤติกรรมเสี่ยงด้านสุขภาพ ได้แก่ ปกติ เสี่ยง และ มีปัญหา การสร้างอัลกอริทึมประเมินพฤติกรรมเสี่ยงจะเป็นแนวทางสำหรับการสร้างอัลกอริทึมประเมินพฤติกรรมเสี่ยงด้านอื่น ๆ เช่น การเรียน ครอบครัว เศรษฐกิจ และความปลอดภัย ซึ่งจัดอยู่ในขั้นตอนการคัดกรองนักเรียน อัลกอริทึมดังกล่าวจะถูกนำไปเขียนเป็นภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันประเมินหรือคัดกรองพฤติกรรมเสี่ยงของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาและระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพที่สามารถประเมินพฤติกรรมเสี่ยงได้ครอบคลุมและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. กรมกิจการเด็กและเยาวชน. รายงานการพัฒนาเด็ก พ.ศ. 2556. กรุงเทพฯ: กระทรวง พัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์; 2556.
2. มติชนออนไลน์. เผยเด็กไทยเผชิญโรคอ้วน 10% ขาดสารอาหาร 4-6 แสนคน วิกฤต 4 แสนคน เล็งชงรัฐบาลค่าอาหารเช้า 4 บ./วัน [อินเทอร์เน็ต]. 2561. [เข้าถึงเมื่อ 19 เม.ย. 2562] เข้าถึงได้จาก: https://www.matichon.co.th/education/news_1296123.
3. กระทรวงศึกษาธิการ. พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติพ.ศ.2552 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 และ (ฉบับที่ 3) พ.ศ.2553; 2545.
4. กรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข และกรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ.คู่มือครูระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 – 4 (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6). สำนักพัฒนาสุขภาพจิตกรมสุขภาพจิต .กรุงเทพฯ: องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก; 2546.
5. Alex F. Data Mining and Knowledge Discovery with Evolutionary Algorithms. Computing Laboratory, University of Kent, United Kingdom; 2011.
6. รุ่งกานต์ สุขลิ้ม และคณะ. การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนผ่านเว็บด้วยระบบสื่อหลายมิติแบบปรับตัวตามรูปแบบการเรียนรู้ของเดวิด คอล์บ โดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูล. วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม 2558; 1: 76 - 82.

[IT-O17] การระบุปัจจัยสำคัญของการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุบนถนน ช่วงวันหยุดปีใหม่ ในกรุงเทพและปริมณฑลโดยต้นไม้ตัดสินใจและอะพริออริอัลกอริทึม

Identifying Important Factors of Death from Road Accidents in Bangkok and Perimeters in New Year Holidays by Using Decision Tree and Apriori Algorithm

เจษฎา แก้ววิทย์* และ ไขแขจุลชาต
Chesada Kaewwit* and Khaikhae Chulajata
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: Chesada_kae@utcc.ac.th*

บทคัดย่อ

การเสียชีวิตจากอุบัติเหตุบนถนนในช่วงวันหยุดยาวเทศกาลปีใหม่ก่อให้เกิดความสูญเสียอย่างมากในด้านเศรษฐกิจและสังคม ผู้วิจัยมุ่งศึกษาเพื่อระบุปัจจัยสำคัญการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุบนถนนในกรุงเทพและปริมณฑลจากฐานข้อมูลสาธารณะขนาดใหญ่ของประเทศไทย โดยนำฐานข้อมูลมาเข้าสู่กระบวนการเตรียมข้อมูล การประมวลผลโดยใช้การสร้างโมเดลต้นไม้ตัดสินใจ และใช้อะพริออริ อัลกอริทึมร่วมกันเพื่อระบุปัจจัยที่สำคัญ จากผลการทดลองพบว่า ตัวแบบต้นไม้ตัดสินใจให้ความถูกต้องตัวแบบที่ร้อยละ 93 และระบุปัจจัยสำคัญคือ เพศ รถผู้บาดเจ็บ เวลาเกิดเหตุ ถนนที่เกิดเหตุ และอายุ จากกฎความสัมพันธ์ด้วยวิธีอะพริออริ อัลกอริทึม พบว่าปัจจัยสำคัญคือ ถนนที่เกิดเหตุ การดื่มสุรา รถผู้บาดเจ็บ กับการเสียชีวิตมีความสัมพันธ์กันกับเพศชาย จากการศึกษาระบุปัจจัยสำคัญของการวิจัยนี้พบว่าจำเป็นต้องใช้ทั้ง 2 วิธีร่วมกันเพื่อระบุปัจจัยสำคัญที่ครอบคลุม ทำให้การอธิบายผลที่ได้สมบูรณ์และถูกต้องสอดคล้องกับเหตุการณ์จริงมากที่สุด

คำสำคัญ: อัลกอริทึม, ต้นไม้ตัดสินใจ, อะพริออริ, อุบัติเหตุ

Abstract

Death from road accidents during the long holiday in every New Year festival results in economic and social losses. Identification of the important factors that caused such problems in Bangkok and perimeters are interesting study. Large public database of Thailand is used in data preparation and data processing. The Decision Tree and Apriori algorithm are used to identify the important factors. From the results, the accuracy percentage of decision tree model is 93. Gender, type of vehicle, time, type of road, and age are important factors of the model. On the other hand, type of road, drinking, and type of vehicle are associated to gender following Apriori algorithm results. According to the study, it is necessary to use both methods together to identify important factors leading to the explanation of the completely and correctly results in accordance with the most real events.

Keywords: algorithm, decision tree, Apriori, road accidents

บทนำ

จากรายงานสถิติการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุทางท้องถนนในช่วงเทศกาลปีใหม่ ของศูนย์อำนวยการความปลอดภัยทางถนน หรือ “ศปถ.” พบว่า จำนวนครั้งของการเกิดอุบัติเหตุ ตั้งแต่ปีตั้งแต่ปีพุทธศักราช 2554 ถึง 2561 มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น และมีจำนวนผู้บาดเจ็บ ผู้เสียชีวิตเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน ในช่วงวันหยุดยาวเทศกาลประจำปีในประเทศไทย(1) การบาดเจ็บจากอุบัติเหตุในระหว่างการเดินทางบนท้องถนนเป็นเรื่องที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ทางผู้วิจัยตระหนักถึงปัญหานี้เพราะทำให้เกิดการสูญเสียทั้งทรัพยากรบุคคลและทรัพย์สินอันไม่สามารถประเมินได้ ทำให้ปัญหานี้กระทบต่อการพัฒนาในวงกว้างทั้งเศรษฐกิจและสังคม ทางผู้วิจัยมีความสนใจและมุ่งมั่นที่จะประยุกต์ความรู้ทางวิทยาการข้อมูลกับฐานข้อมูลภาครัฐที่เกี่ยวข้องกับสถิติทางอุบัติเหตุ เพื่อให้ได้ปัจจัยที่สำคัญอันจะนำไปสู่การป้องกัน การลดการเกิดบาดเจ็บและเสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนในช่วงเทศกาลนี้

เบื้องต้นการวิเคราะห์เพื่อระบุถึงปัจจัยการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางผู้วิจัยได้จำกัดขอบเขตเฉพาะในกรุงเทพมหานครและปริมณฑลที่มีเขตติดต่อ อันได้แก่จังหวัด สมุทรปราการ นนทบุรี และปทุมธานี เพราะในช่วงเทศกาลปีใหม่กรุงเทพและปริมณฑลจะมีการจัดงานฉลองค่อนข้างมาก และเป็นพื้นที่ที่มีจำนวนถนนมาก โดยผู้วิจัยได้ใช้ฐานข้อมูลสาธารณะขนาดใหญ่ "High Value Datasets" หรือ ชุดข้อมูลที่มีคุณค่าสูง ซึ่งอยู่ภายใต้การดำเนินงานของสำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล (องค์การมหาชน) หรือ สพร. ศูนย์กลางข้อมูลภาครัฐ(2) ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์ทั้งในมุมผู้ให้ข้อมูลและมุมของผู้นำข้อมูลไปใช้ ประกอบด้วยชุดข้อมูลต่าง ๆ มากมายที่ได้มาจากหน่วยงานภาครัฐ โดยผู้วิจัยได้นำข้อมูลเฉพาะจากสถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ ซึ่งเป็นผู้รวบรวมข้อมูลผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตในเทศกาลปีใหม่ประจำปีพุทธศักราช 2551 ถึง 2558 จำแนกตามโรงพยาบาลทั่วประเทศ โดยสามารถดาวน์โหลดข้อมูลได้จากเว็บไซต์ที่ที่ https://data.go.th/

งานวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้องกับการระบุปัจจัยทางด้านการเกิดอุบัติเหตุ โดย Zhang และคณะ(3) ได้ใช้ต้นไม้ตัดสินใจระบุปัจจัยสำคัญของการเกิดอุบัติเหตุจากถนนในเมืองและถนนทางหลวงในแคนาดา และยังได้พัฒนาโปรแกรมของผู้ศึกษาเพื่อระบุปัจจัยที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุได้อย่างถูกต้องมากขึ้น Ellisya Sapri และคณะ(4) ได้นำต้นไม้ตัดสินใจ มาใช้กับการหาปัจจัยการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุทางถนน โดยพบว่า ความถูกต้องต้นไม้ตัดสินใจที่ใช้อัลกอริทึม CART มีค่าความถูกต้องมากกว่าของแบบจำลองการถดถอยโลจิสติก ส่วนปัจจัยที่มีส่วนสำคัญต่อการบาดเจ็บที่เกิดจากการจราจรไม่รุนแรง ได้แก่ ประเภทหรือรูปแบบของถนน ประเภทของยานพาหนะ อายุผู้ขับขี่ และประเภทการชน และ Suwarna และคณะ(5) ได้ศึกษาปัจจัยของการเกิดอุบัติเหตุบนถนนในประเทศอินเดียและสร้างกฎความสัมพันธ์โดยใช้อัลกอริทึม อะพริออริ ในการศึกษาพบว่ามีปัจจัยที่ส่งผลคือ การใช้ยา ความประมาณของผู้ขับขี่ สภาพอากาศ ประเภทถนนที่ไม่อยู่ในสถาพที่ดี แต่การใช้กฎความสัมพันธ์ไม่ได้ชี้ให้เห็นถึงปัจจัยของการเกิดอุบัติเหตุที่นำไปสู่การเสียชีวิตในประเทศอินเดีย จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เบื้องต้นทางผู้วิจัยนำต้นไม้ตัดสินใจและกฎความสัมพันธ์มาใช้ร่วมกันระบุปัจจัยสำคัญของการเสียชีวิตจากการเกิดอุบัติเหตุบนถนนของผู้ขับขี่พาหนะในเทศกาลปีใหม่ของประเทศไทย จากนั้นทำการอภิปรายผลเพื่อให้ได้ความรู้ที่ก่อให้เกิดการป้องกันและลดการบาดเจ็บ หรือเสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อระบุถึงปัจจัยการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุในช่วงวันหยุดเทศกาลปีใหม่ของกรุงเทพและปริมณฑล

2. เพื่อหาความสอดคล้องของปัจจัยที่ได้จากผลลัพธ์จากตัวแบบต้นไม้ตัดสินใจและอะพริออริ อัลกอริทึมที่ใช้ร่วมกันและนำมาอภิปรายเป็นแนวทางในการลดการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนในช่วงวันหยุดเทศกาลปีใหม่ของกรุงเทพและปริมณฑล

วิธีดำเนินการวิจัย

1. แหล่งข้อมูลและลักษณะข้อมูล

ข้อมูลที่ศึกษาเป็นฐานข้อมูลจากสถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติที่เก็บข้อมูลผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตในเทศกาลปีใหม่ ระหว่างวันที่ 28 ธันวาคม ถึง วันที่ 3 มกราคมของปีใหม่ ตั้งแต่ปีพุทธศักราช 2551 ถึง 2558 จำแนกตามโรงพยาบาลทั่วประเทศ ข้อมูลที่ได้จากฐานข้อมูลสาธารณะ จำนวน 214,950 ระเบียน (records) 19 ลักษณะ(attributes) คือ ชื่อเทศกาล รหัสจังหวัด จังหวัด รหัสโรงพยาบาล ชื่อโรงพยาบาลที่รับผู้บาดเจ็บ วันที่เกิดเหตุ เวลาเกิดเหตุ เพศ อายุ ถนนที่เกิดเหตุ สถานะ รถผู้บาดเจ็บ รถคู่กรณี มาตรการ การดื่มสุรา การนำส่ง แอดมิต ผลการรักษา จำนวนวันรักษา แสดงดังรูปที่ 1

ชื่อเทศกาล	รหัสจังหวัด	จังหวัด	รหัส รพ.	ชื่อโรงพยาบาล	วันที่เกิดเหตุ	เวลาเกิดเหตุ	เพศ	อายุ	ถนนที่เกิดเหตุ	สถานะ	รถผู้บาดเจ็บ	รถคู่กรณี	มาตรการ	การดื่มสุรา	การนำส่ง	Refer	ผลการรักษา	จำนวนวันรัก
ปีใหม่ 51	10	กรุงเทพมหานคร	11630	กรุงเทพ	3	12:01-13:00 น.	หญิง	54	ในเมือง	ผู้ขับขี่	รถเก๋งเก๋งขี่	ไม่มีไม่ชน	เข็มขัด	ไม่ดื่ม	ผู้ประสบเหตุ/ญาติ	ไม่	ทุเลาหาย	0
ปีใหม่ 51	10	กรุงเทพมหานคร	11548	กรุงเทพคริสเตียน	2	21:01-22:00 น.	หญิง	13	ในเมือง	ผู้ขับขี่	จักรยานยนต์	รถตู้	ใส่หมวก	ไม่ดื่ม	มูลนิธิ/อาสาสมัคร	admit	ทุเลาหาย	0
ปีใหม่ 51	10	กรุงเทพมหานคร	11548	กรุงเทพคริสเตียน	31	03:01-04:00 น.	หญิง	0	ในเมือง	ผู้โดยสาร	จักรยานยนต์	ปิคอัพ	ไม่ใส่	ไม่ดื่ม	ผู้ประสบเหตุ/ญาติ	ไม่	ทุเลาหาย	0
ปีใหม่ 51	10	กรุงเทพมหานคร	11548	กรุงเทพคริสเตียน	31	03:01-04:00 น.	หญิง	0	ในเมือง	ผู้โดยสาร	จักรยานยนต์	ปิคอัพ	ใส่หมวก	ไม่ดื่ม	ผู้ประสบเหตุ/ญาติ	ไม่	ทุเลาหาย	0
ปีใหม่ 51	10	กรุงเทพมหานคร	11548	กรุงเทพคริสเตียน	31	03:01-04:00 น.	ชาย	0	ในเมือง	ผู้ขับขี่	จักรยานยนต์	ปิคอัพ	ใส่หมวก	ดื่ม	ผู้ประสบเหตุ/ญาติ	ไม่	ทุเลาหาย	0
ปีใหม่ 51	10	กรุงเทพมหานคร	11548	กรุงเทพคริสเตียน	30	11:01-12:00 น.	ชาย	81	ในเมือง	คนเดินเท้า	ไม่มี/ไม่เอง	ปิคอัพ	ไม่ทราบ	ไม่ดื่ม	ผู้ประสบเหตุ/ญาติ	ไม่	ทุเลาหาย	0
ปีใหม่ 51	10	กรุงเทพมหานคร	11616	กรุงธน 1	30	02:01-03:00 น.	ชาย	35	ในเมือง	ผู้ขับขี่	จักรยานยนต์	ไม่มี/ไม่เอง	ไม่ทราบ	ดื่ม	ผู้ประสบเหตุ/ญาติ	admit	ทุเลาหาย	1

รูปที่ 1 ข้อมูลผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตในเทศกาลปีใหม่จากสถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ

2. การจัดเตรียมข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่เกิดเฉพาะพื้นที่กรุงเทพและปริมณฑล โดยมีเวลาของการเก็บข้อมูลคือ 8 ปี และทำความสะอาดข้อมูลและกำจัดข้อมูลสูญหาย ในการวิจัยนี้เลือกวิธีการจัดการกับข้อมูลสูญหาย ด้วยวิธีการตัดระเบียน หรือขอบเขตข้อมูลที่มีการสูญหายออกจากการวิเคราะห์ เพราะข้อมูลสูญหายอาจก่อให้เกิดความเอนเอียงของข้อมูลได้ จากการวิจัยเลือกเฉพาะสถานะที่เป็นผู้ขับขี่พาหนะเท่านั้น จนได้ข้อมูลที่มีความสมบูรณ์ เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์จำนวน 9,494 ระเบียน และพิจารณา 7 ลักษณะที่มีผลต่อการวิเคราะห์คือ เวลาเกิดเหตุ เพศ อายุ ถนนที่เกิดเหตุ รถผู้บาดเจ็บ การดื่มสุรา ผลการรักษา แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะของข้อมูลผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตในเทศกาลปีใหม่

ชื่อลักษณะ	ค่าของลักษณะ
เวลาเกิดเหตุ	[1,2,3,4,5,6,7,8]
เพศ	ชาย/หญิง
อายุ	[0,1,2,3,4,5,6,7]
ถนนที่เกิดเหตุ	ในเมือง/ทางหลวง/ชนบท/ไม่ทราบ
รถผู้บาดเจ็บ	รถจักรยานยนต์/ปิคอัพ/รถยนต์4ล้อ/รถโดยสาร4ล้อ/รถโดยสารใหญ่/รถจักรยาน/รถตู้/รถบรรทุก/รถสามล้อเครื่อง/รถสามถีบ/อื่นๆ
การดื่มสุรา	ดื่ม/ไม่ดื่ม
ผลการรักษา	บาดเจ็บ/เสียชีวิต

ในกรณีของเวลาเกิดเหตุได้ทำการแปลงข้อมูลเป็น 8 ช่วง ช่วงละ 3 ชั่วโมง โดยเริ่มจาก 00:00 – 03:00 น. เท่ากับ 1 03:01 – 06:00 น. เท่ากับ 2 เป็นต้น และแปลงข้อมูลอายุจากช่วงอายุ 4 – 99 เป็น 0 แทนช่วงอายุ 4 -14 ปี 1 แทนช่วงอายุ15-19 ปี 2 แทนช่วงอายุ 20-29 ปี 3 แทนช่วงอายุ 30-39 ปี 4 แทนช่วงอายุ 40-49 ปี และ 7 แทนช่วงอายุมากกว่า 70 ปี เป็นต้น นอกจากนี้ลักษณะของ ผลการรักษาได้ระบุคลาสเป้าหมายในการจำแนกเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ 2 ค่าคือ บาดเจ็บ และเสียชีวิต ซึ่งจำนวนข้อมูลที่ของค่าเสียชีวิตมีน้อยกว่า บาดเจ็บมากซึ่งนำไปสู่ปัญหา ข้อมูลไม่บาลานซ์ (imbalance data) การทำข้อมูลบาลานซ์ จำเป็นต้องแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่จำนวนข้อมูลบาลานซ์ในคลาสเป้าหมายโดยใช้ วิธี Supervisor Resample ใน WEKA 3.8 เพื่อให้ทั้งสอง คลาสมีจำนวนระเบียนเท่ากัน ตัวอย่างข้อมูลที่ทำการแปลงแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวอย่างข้อมูลผู้บาดเจ็บและเสียชีวิตในเทศกาลปีใหม่ที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมข้อมูล

ลำดับ	เวลาเกิดเหตุ	เพศ	อายุ	ถนนที่เกิดเหตุ	รถผู้บาดเจ็บ	การดื่มสุรา	ผลการรักษา
1	1	ชาย	4	ทางหลวง	จักรยานยนต์	ดื่ม	เสียชีวิต
2	1	หญิง	2	ในเมือง	จักรยานยนต์	ไม่ดื่ม	บาดเจ็บ

3. การประมวลผล

การสร้างโมเดลต้นไม้ตัดสินใจ เป็นหนึ่งในการเรียนรู้แบบมีผู้สอนของเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) รูปแบบของผลลัพธ์อยู่ในรูปแบบของแผนภูมิต้นไม้ที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจ ดังนั้นต้นไม้ตัดสินใจจึงเป็นที่นิยมในการนำมาประยุกต์ใช้(6) ขั้นตอนการสร้างต้นไม้ตัดสินใจ สามารถอธิบายโดยสรุป ดังนี้ บัพ(node) เริ่มต้นของต้นไม้ตัดสินใจเรียกว่าบัพราก (root node) โดยบัพภายใน (internal nodes) จะมีการคำนวณเพื่อให้ค่าของตัวแปร และมีกิ่ง (branches) คือผลลัพธ์ของการคำนวณ บัพสุดท้ายหรือ บัพใบ (leave node) จะแสดงค่าของคลาสเป้าหมาย ในการศึกษานี้ใช้ C4.5 ดังนั้นค่าที่คำนวณจะเป็นการค่าอัตราส่วนเพิ่ม (gain ratio) แสดงดังสมการที่ 1

$$\text{Entropy(t)} = -\sum_{j=1}^{a} p(j|t) log_2 p(j|t) \qquad (1)$$

เมื่อ $p(j|t)$ คือ ความน่าจะเป็นของประเภทในตัวแปรค่า ที่บัพ t และ a คือค่าของคลาสเป้าหมาย และนำไปหาค่าสารสนเทศ (Gain) ได้ดังสมการที่ 2

$$\text{Gain} = \text{Entropy(p)} - \left[\sum_{i=1}^{k} \frac{n_i}{n} \text{ Entropy(i)} \right] \qquad (2)$$

เมื่อ n_i คือจำนวนตัวอย่างบัพลูกที่ i และ n คือจำนวนตัวอย่างที่บัพพ่อแม่ (parent node) ดังนั้นการหาค่าของอัตราส่วนเพิ่ม สามารถหาได้จากสมการที่ 3

$$\text{Gain Ration} = \frac{\textbf{Gain}}{SplitInfo} \qquad (3)$$

โดย *SplitInfo* คือ ค่าสารสนเทศของการแบ่งบัพ

การหากฎความสัมพันธ์ด้วยอะพริออริ อัลกิริทึม เป็นการหาความถี่ของไอเทมเซ็ท (Frequency itemset) หรือรูปแบบของข้อมูลที่เกิดขึ้นร่วมกันบ่อย ๆ ที่มีค่ามากกว่าค่าน้อยสุดที่รองรับ (minimum support) ที่กำหนด จากนั้นคำนวณหา support ของแต่ละไอเทม (item) กล่าวคือจำนวนครั้งที่ ไอเทมปรากฏอยู่ใน transaction จาก transaction ในฐานข้อมูล ถ้าค่า support ต่ำกว่า ค่าน้อยสุดที่รองรับ transaction นั่นจะถูกตัดทิ้งไป จากนั้นนำไอเทมเซ็ท ที่ได้มาเพิ่มไอเทม เข้าไปเป็นไอเทมเซ็ทใหม่ หา support เทียบกับค่าน้อยสุดที่รองรับ ตัด transection ที่มีค่า support ทิ้ง ทำการเพิ่มจนครบทุก ไอเทมจากนั้น นำความถี่ของไอเทมเซ็ทที่มีความยาวมากกว่า 2 มาสร้างกฎความสัมพันธ์ดังนี้

LHS => RHS โดย LHS คือ item (s) ด้านซ้ายมือ และ RHS คือ item (s) ด้านขวามือ

โดยวัดประสิทธิภาพของกฎด้วยตัววัด 2 ตัว คือ Confidence และ Lift ซึ่งคำนวณได้ด้วยสมการที่ (4) และ (5)

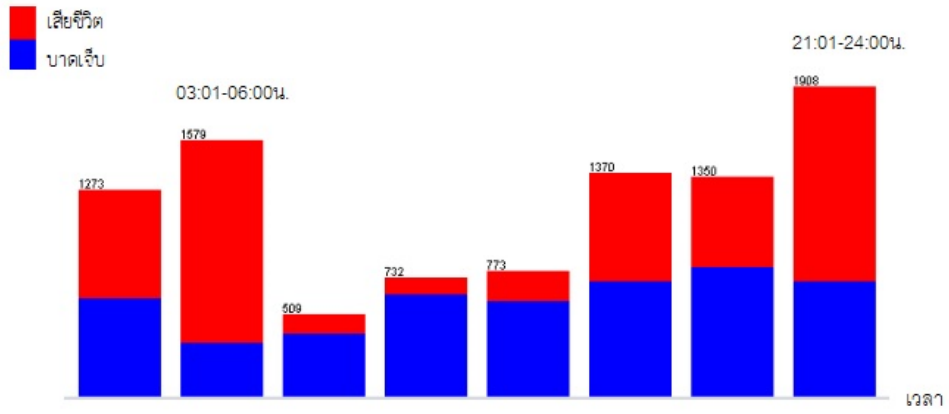
$$confidence(LHS => RHS) = \frac{support(LHS,RHS)}{support(LHS)} \quad (4)$$

$$lift(LHS => RHS) = \frac{support(LHS,RHS)}{support(LHS) \times support(RHS)} \quad (5)$$

ค่า confidence แสดงความเชื่อมั่นของกฎความสัมพันธ์ ว่าเมื่อรูปแบบ LHS เกิดขึ้นแล้ว รูปแบบ RHS จะเกิดขึ้นกี่เปอร์เซ็นต์ค่า lift คือค่าที่แสดงระดับความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดรูปแบบ LHS และ RHS ถ้า lift มีค่าเป็น 1 แสดงว่า รูปแบบ LHS และ RHS ไม่ขึ้นต่อกัน (Independent)

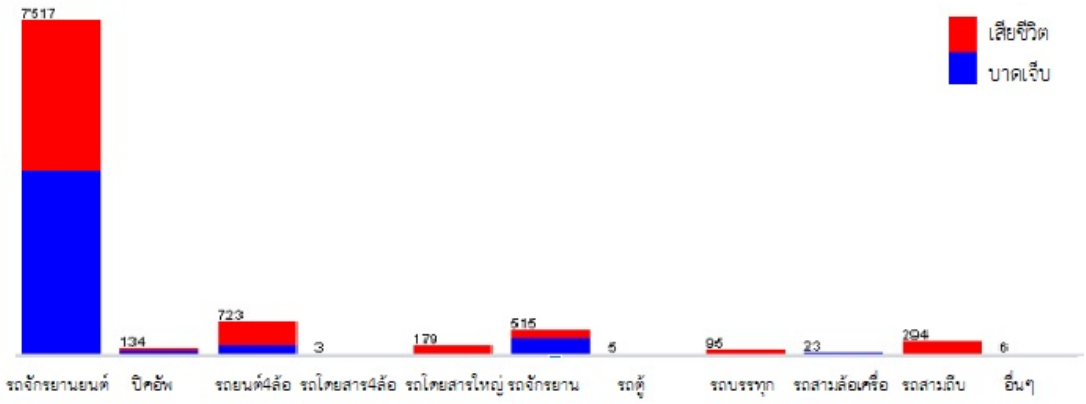
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นพบว่าการเสียชีวิตจะเกิดในปัจจัยเวลาเกิดเหตุ ที่ช่วงเวลา03:01 ถึง 06:00น. และ 21:01 ถึง 24:00 น. ซึ่งแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ช่วงเวลาเกิดอุบัติเหตุทั้งบาดเจ็บและเสียชีวิต

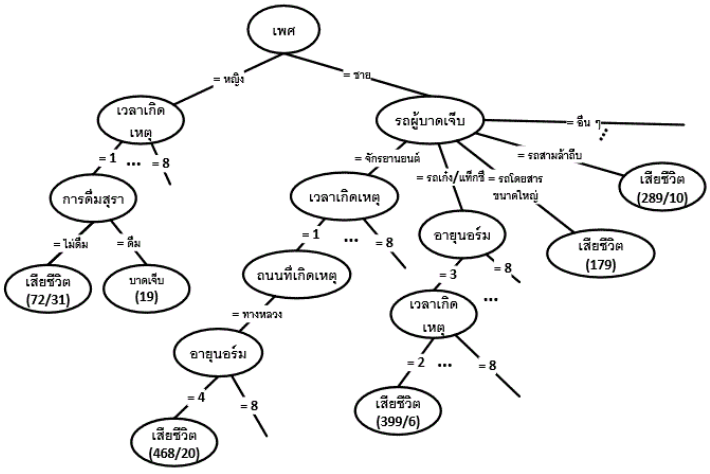
ผลเบื้องต้นพบว่า เวลาที่ไม่ควรเดินทางเพราะอาจเกิดการเสียชีวิตสูงจะเป็นช่วงเช้าตั้งแต่ 3 นาฬิกา และ ช่วง 21 นาฬิกาเป็นต้นไป เพราะเป็นช่วงที่มีแสงสว่างน้อย และมีผู้ขับขี่อาจมีสภาพที่ไม่พร้อมในการขับรถที่มีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจัยรถผู้บาดเจ็บเป็นอีกปัจจัยที่น่าสนใจดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ปัจจัยรถผู้บาดเจ็บที่เกี่ยวกับการบาดเจ็บและเสียชีวิต

จากรูปที่ 3 ปัจจัยรถผู้บาดเจ็บเบื้องต้นพบว่าการบาดเจ็บและเสียชีวิตเกิดกับรถจักรยานยนต์เป็นส่วนใหญ่สอดคล้องกับจำนวนรถจักรยานยนต์ที่มีอยู่เป็นจำนวนมากในกรุงเทพและปริมณฑลและอัตราการเสียชีวิตสูงจะเกิดกับรถโดยสารขนาดใหญ่และรถสามล้อถีบตามลำดับ

ผลลัพธ์ของต้นไม้ตัดสินใจ มีค่าความถูกต้องของตัวแบบ 93.18 % โดยใช้การทดสอบแบบ 10 Folds Cross-validation และสร้างต้นไม้ตัดสินใจ ได้ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ต้นไม้ตัดสินใจของการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุในช่วงเทศกาลวันหยุดปีใหม่ ที่กรุงเทพและปริมณฑล

จากรูปที่ 4 สามารถแสดงเป็นชุดของกฎที่สำคัญได้ 5 ข้อดังนี้

1. if (เพศ = หญิง) and (เวลาเกิดเหตุ = 00:00 - 03:00) and (การดื่ม = ดื่ม) then เสียชีวิต
2. if (เพศ = ชาย) and (รถผู้บาดเจ็บ = จักรยานยนต์) and (เวลาเกิดเหตุ = 00:00 - 03:00) and (ถนนที่เกิดเหตุ = ถนนหลวง) and (อายุนอร์ม = 40 - 49) then เสียชีวิต
3. if (เพศ = ชาย) and (รถผู้บาดเจ็บ = รถเก๋ง/เท็กซี่) and (อายุนอร์ม = 30-39) and (เวลาเกิดเหตุ = 03:01 - 06:00) then เสียชีวิต
4. if (เพศ = ชาย) and (รถผู้บาดเจ็บ = รถโดยสารขนาดใหญ่) then เสียชีวิต
5. if (เพศ = ชาย) and (รถผู้บาดเจ็บ = รถสามล้อถีบ) then เสียชีวิต

สามารถอธิบายกฎได้เช่น กฎที่ 2 ของต้นไม้ตัดสินใจได้ว่า ถ้าปัยจัยรถผู้บาดเจ็บคือจักรยานยนต์ เวลาเกิดเหตุคือ00:01 ถึง 03:00 น. ถนนที่เกิดเหตุเป็นทางหลวง และอายุผู้ขับขี่ตั้งแต่ 40 ปี จากต้นไม้ตัดสินใจจะระบุปัจจัยที่สำคัญคือ เพศ รถผู้บาดเจ็บ เวลาเกิดเหตุ ถนนที่เกิดเหตุ และอายุซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีแนวโน้วทำให้เกิดการเสียชีวิตได้มากที่สุดในช่วงเทศกาลวันหยุดปีใหม่ ที่กรุงเทพและปริมณฑล นอกจากนี้ยังพบกฎที่น่าสนใจอีกข้อคือข้อ3 ถ้าผู้ขับขี่เป็นเพศชาย รถผู้บาดเจ็บเป็นรถโดยสารขนาดใหญ่ มีโอกาศในการเสียชีวิตสูงเช่นกัน

กรณีของผลลัพธ์การใช้อะพริออริ อัลกอริทึมจาก WEKA 3.8 ได้ความสัมพันธ์เป็นกฎที่ดีที่สุดดังนี้

1. ถนนที่เกิดเหตุ=ทางหลวง ผลการรักษา=ตาย 2742 ==> เพศ=ชาย 2742 <conf:(1)> lift:(1.11) lev:(0.03) [270] conv:(270.91)
2. การดื่มสุรา=ดื่ม ผลการรักษา=ตาย 1997 ==> เพศ=ชาย 1997 <conf:(1)> lift:(1.11) lev:(0.02) [197] conv:(197.3)
3. รถผู้บาดเจ็บ=จักรยานยนต์ ผลการรักษา=ตาย 3399 ==> เพศ=ชาย 3358 <conf:(0.99)> lift:(1.1) lev:(0.03) [294] conv:(8)

สามารถอธิบายได้ว่า ถ้าเกิดเหตุบนทางหลวงและเสียชีวิต จะเป็นเพศชาย ด้วยระดับความเชื่อมั่น (confidence) = 100% และ lift = 1.11 ถ้าดื่มและเสียชีวิต จะเป็นเพศชาย ด้วยระดับความเชื่อมั่น (confidence) = 100% และ lift = 1.11 ถ้าขับรถจักรยานยนต์และเสียชีวิต จะเป็นเพศชาย ด้วยระดับความเชื่อมั่น (confidence) = 99% และ lift = 1.1 สรุปได้ว่า ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเสียชีวิต คือ ถนนที่เกิดเหตุ การดื่มสุรา และรถผู้บาดเจ็บ ซึ่งสอดคล้องกับการกรณีเมาแล้วขับและนำไปสู่การเสียชีวิตซึ่งพบได้ว่าเป็นเพศชายเป็นส่วนใหญ่

จากการระบุปัจจัยที่สำคัญของการเสียชีวิตทั้งต้นไม้ตัดสินใจและกฎความสัมพันธ์แบบอะพริออริอัลกอริทึม พบว่าเพศชาย ถนนที่เกิดเหตุเป็นทางหลวง รถผู้บาดเจ็บเป็นรถจักรยานยนต์ เป็นปัจจัยที่นำไปสู่อุบัติเหตุของการเสียชีวิต และต้นไม้ตัดสินใจยังพิจารณาถึงปัจจัยเรื่องเวลาที่เกิดเหตุคือช่วงเวลา 03:01 ถึง 06:00 น. และ อายุตั้งแต่ 40 ถึง 50 ปี มีโอกาศเสียชีวิตสูง ประกอบกับปัจจัยที่สำคัญอีกหนึ่งตัวจาก อะพริออริ อัลกอริทึม คือ การดื่มสุรา ที่มีความสัมพันธ์กับการเสียชีวิตเช่นกัน นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงปัจจัย รถผู้บาดเจ็บประเภทอื่นที่นำไปสู่การเสียชีวิตด้วยเช่นรถโดยสารขนาดใหญ่ ในปริมณฑล

สรุปผล

จากข้อมูลจริงที่ได้จากสถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ นำมาผ่านการเตรียมข้อมูลและใช้ตัวแบบต้นไม้ตัดสินใจได้ปัจจัย เพศ เวลาเกิดเหตุ ถนนที่เกิดเหตุ และอายุ และจากกฎความสัมพันธ์ด้วยวิธีอะพริออริออริอัลกอริทึม พบว่าได้ปัจจัย ถนนที่เกิดเหตุ การดื่มสุรา รถผู้บาดเจ็บ สัมพันธ์กันกับเพศ ดังนั้นปัจจัยร่วมที่สำคัญของทั้งสองตัวแบบคือ เพศ ถนนที่เกิดเหตุ และรถผู้บาดเจ็บ จากการศึกษาพบว่าการประยุตก์ใช้ทั้งตัวแบบต้นไม้ตัดสินใจและอะพริออริอัลกอริทึมมาระบุปัจจัยสำคัญของการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุในช่วงวันหยุดเทศกาลปีใหม่ของประเทศไทยนั้นสอดคล้องกันกับสถานะการณ์จริงมากกว่าการใช้เพียงวิธีเดียวในการระบุปัจจัย ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษานี้ในอนาคตจะขยายการศึกษาให้ครบทุกภาคของประเทศไทย และเปรียบเทียบกับเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ที่สามารถใช้ในระบุปัจจัยที่สำคัญอื่น ๆ

เอกสารอ้างอิง

1. ศูนย์อำนวยการความปลอดภัยทางถนน. ศูนย์อำนวยการความปลอดภัยทางถนน. [Available from: http://www.roadsafetythailand.com/] [เข้าถึงเมื่อ 15 มกราคม2562]
2. สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล (องค์การมหาชน); [Available from: https://data.go.th/] [เข้าถึงเมื่อ 15 มกราคม2562]
3. Zhang X, Fan L, editors. A decision tree approach for traffic accident analysis of saskatchewan highways. 2013 26th IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering (CCECE); 2013 5-8 May 2013.
4. Ellisya Sapri F, Shuhada Nordin N, Maisarah S, Wan Yaacob WF, Nasir S. Decision Tree Model for Non-Fatal Road Accident Injury2017. 63 p.
5. Gothane S, Sarode MV. Analyzing Factors, Construction of Dataset, Estimating Importance of Factor, and Generation of Association Rules for Indian Road Accident2016. 15-8 p.
6. Quinlan JR. Induction of decision trees. Machine Learning. 1986;1(1):81-106.

[IT-P01] การพัฒนาการ์ตูนแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง สมเด็จพระนารายณ์มหาราช

Development of A 2D Cartoon Animation of "King Naria the Great"

อิงอร วงษ์ศรีรักษา* และเมธาพัฒน์ โพธิสารพงษ์กุล
Ing-orn Wongsriruksa* and Methapat Potisarnpongkul
หลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: ing_orn@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง สมเด็จพระนารายณ์มหาราช ด้วยการใช้เทคนิคการเคลื่อนไหวแบบคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน 2) ประเมินคุณภาพการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง สมเด็จพระนารายณ์มหาราช และ 3) ประเมินความพึงพอใจต่อการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง สมเด็จพระนารายณ์มหาราช กลุ่มเป้าหมายสำหรับการประเมินคุณภาพการ์ตูนแอนิเมชัน คือ ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน และสำหรับการประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน จำนวน 30 คน โดยใช้เครื่องมือในการวิจัย คือ 1) การ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง สมเด็จพระนารายณ์มหาราช 2) แบบประเมินคุณภาพการ์ตูนแอนิเมชัน และ 3) แบบประเมินความพึงพอใจต่อการ์ตูนแอนิเมชัน โดยแบบประเมินทั้งสองมีค่าระดับคะแนน 1 – 5 (คะแนน 5 หมายถึงประสิทธิภาพมากที่สุด หรือพึงพอใจมากที่สุด) สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า 1) การ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง สมเด็จพระนารายณ์มหาราช ที่พัฒนาขึ้นเป็นการ์ตูนแอนิเมชัน 2 มิติ มีความยาว 8 นาที มีเนื้อหาเกี่ยวกับประวัติศาสตร์เหตุการณ์สำคัญในปลายรัชสมัยสมเด็จพระนารายณ์มหาราช แห่งกรุงศรีอยุธยา 2) ผลการประเมินคุณภาพของการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง สมเด็จพระนารายณ์มหาราช พบว่า คุณภาพอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.48 ($\overline{X}$ = 4.33, S.D. = 0.48) และ 3) ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง สมเด็จพระนารายณ์มหาราช พบว่า คุณภาพอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.14 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.69 ($\overline{X}$ = 4.14, S.D. = 0.69)

คำสำคัญ: *แอนิเมชัน, การ์ตูน, สมเด็จพระนารายณ์มหาราช, กรุงศรีอยุธยา*

Abstract

The objectives of this research were 1) to develop a cartoon animation of "King Narai the Great" using computer animation techniques, 2) to evaluate the quality of the animation and 3) to evaluate the satisfaction the animation has on a sample audience. A target group of 5 experts were selected to evaluate the quality of the animation and the satisfaction survey is collected from an audience with 30 members. The instruments used in the research were the cartoon animation developed, the quality assessment form and the satisfaction evaluation form. In each form the score was out of 5, where 5 represented the highest level of quality or satisfaction. The statistical mean and standard deviation have been used for data analysis. The results of the research were as follows 1) an 8 minutes cartoon animation of "King Narai the Great" was developed using 2D computer animation, the content of which focused on the important events that took place towards the end of the reign of King Narai the Great of Ayutthaya. 2) The quality assessment of the animation obtained high scores from the 5 participants ($\overline{X}$ = 4.33, S.D. = 0.48). 3) The audience rated the satisfaction of the animation at a high level ($\overline{X}$ = 4.14, S.D. = 0.69).

Keywords: *animation, cartoon, King Narai the Great, Ayutthaya period*

บทนำ

ภาพเคลื่อนไหว หรือ แอนิเมชัน (Animation) หมายถึง ภาพเคลื่อนไหวที่สร้างขึ้นโดยการนำภาพนิ่งหลายๆ ภาพมาฉายต่อเนื่องกันด้วยความเร็วสูง ทำให้เกิดภาพลวงตาของการเคลื่อนไหว ภาพเคลื่อนไหว แบ่งได้ 2 ประเภท คือ 1) ภาพเคลื่อนไหวแบบ 2 มิติ (2D Animation) มองเห็นได้ทั้งความสูง และความกว้าง 2) ภาพเคลื่อนไหวแบบ 3 มิติ (3D Animation) มองเห็นได้ทั้งความสูง ความกว้าง และความลึก ภาพที่เห็นจะมีความสมจริงมากที่สุด ปัจจุบันมีการใช้หลักการคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน (Computer Animation) มากและพบได้บ่อย เนื่องจากการใช้โปรแกรมที่เป็นไปได้ง่ายและมีการนำหลักการแบบ 2D เข้ามาผสมผสานกับตัวโปรแกรม ซึ่งได้ได้ง่ายและสะดวกในการแก้ไข และแสดงผล ตัวอย่างซอฟต์แวร์ ได้แก่ 3DS Max, Maya, Adobe flash เป็นต้น วิธีนี้เป็นที่ประหยัดเวลาและลดต้นทุนในการผลิต จึงเป็นที่นิยมทำกันมาก [1]

อาณาจักรอยุธยา เป็นอาณาจักรของชนชาติไทยในลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา ช่วงระหว่างปี พ.ศ.1893 - 2310 โดยมีกรุงศรีอยุธยาเป็นราชธานีหรือศูนย์กลางอำนาจ มีความสัมพันธ์ทางการค้ากับหลายๆ ชาติ จนถือได้ว่ากรุงศรีอยุธยาเป็นศูนย์กลางทางการค้ากับชาติต่างๆ อาทิ อินเดีย ญี่ปุ่น เปอร์เซีย รวมถึงชาติตะวันตก เช่น ฮอลันดา (เนเธอร์แลนด์) โปรตุเกส อังกฤษ ฝรั่งเศส เป็นต้น สมเด็จพระนารายณ์มหาราช หรือสมเด็จพระรามาธิบดีที่ 3 เป็นพระมหากษัตริย์รัชกาลที่ 28 ในสมัยกรุงศรีอยุธยาในพระราชวงศ์ปราสาททอง (พระมหากษัตริย์แห่งกรุงศรีอยุธยามีทั้งหมด 34 พระองค์ สมเด็จพระนารายณ์มหาราชทรงเป็นพระมหากษัตริย์พระองค์ที่ 4 และเป็นพระมหากษัตริย์พระองค์สุดท้ายแห่งราชวงศ์ปราสาททอง) [2] เสด็จพระบรมราชสมภพ เมื่อปี พ.ศ. 2175 ขณะมีพระชนมายุ 25 พรรษา และครองราชสมบัติระหว่างปี พ.ศ. 2199 – 2231 รวมครองราชสมบัติเป็นเวลา 32 ปี เสด็จสวรรณคตในวันที่ 11 กรกฎาคม พ.ศ. 2231 มีพระชนมายุ 56 พรรษา หลังจากประทับในกรุงศรีอยุธยาได้ 10 ปี พระองค์จึงโปรดเกล้าฯ ให้สร้างเมืองลพบุรีขึ้น เป็นราชธานีแห่งที่ 2 เมื่อปี พ.ศ. 2209 และเสด็จไปประทับที่ลพบุรีทุกๆ ปี ครั้งละเป็นเวลานานหลายเดือน สมเด็จพระนารายณ์มหาราช ทรงเป็นพระมหากษัตริย์ที่ทรงพระปรีชาสามารถเป็นอย่างยิ่ง ทรงสร้างความเจริญรุ่งเรือง และความยิ่งใหญ่ให้แก่กรุงศรีอยุธยาในด้านต่างๆ มากมาย อาทิ สถาปัตยกรรมก่อสร้างพระราชวังใหม่ที่ลพบุรี วรรณกรรม การค้าขายกับต่างประเทศ การทูต และการสงคราม เป็นต้น [3]

ในรัชสมัยของสมเด็จพระนารายณ์มหาราช มีเหตุการณ์สำคัญๆ เกิดขึ้นมากมาย ในปี พ.ศ. 2205 มีความวุ่นวายในกรุงอังวะ เกิดกบฏปลงพระชนม์พระเจ้าอังวะ และยกพระเจ้าแปรเป็นกษัตริย์ สมเด็จพระนารายณ์มหาราชทรงพระราชดำริว่า เป็นโอกาสควรจะตีเมืองเชียงใหม่ให้ได้ ด้วยหวังในพระราชหฤทัยว่าจะตีเมืองเชียงใหม่ให้กลับมาเป็นของกรุงศรีอยุธยาดังแต่เก่าก่อน จึงส่งกองทัพไปรบเมืองเชียงใหม่ โดยมีเจ้าพระยาโกษาเหล็กเป็นแม่ทัพ การรบครั้งนั้นกรุงศรีอยุธยาเป็นฝ่ายชนะ ในด้านการค้าขายกรุงศรีอยุธยาได้ทำการค้ากับต่างชาติมากมายหลายชาติ ชาติตะวันตกที่เข้ามาทำการค้า ได้แก่ ฮอลันดา โปรตุเกส อังกฤษ และฝรั่งเศส มีเหตุการณ์หนึ่งที่สำคัญ คือ สมเด็จพระนารายณ์มหาราชมีความขัดแย้งทางการค้ากับฮอลันดาเรื่องการเดินเรือค้าขายของกรุงศรีอยุธยา และพระเจ้าหลุยส์ที่ 14 แห่งฝรั่งเศส ส่งพระราชสานส์ เครื่องบรรณาการ และช่างชำนาญการต่างๆ มาถวายแด่สมเด็จพระนารายณ์มหาราช สมเด็จพระนารายณ์มหาราชทรงยินดีและมีพระราชไมตรีกับพระเจ้าหลุยส์ที่ 14 เพื่อหวังให้ฮอลันดายำเกรงต่อกรุงศรีอยุธยา สมเด็จพระนารายณ์มหาราชพระราชทานที่ดินให้ชาวฝรั่งเศส เพื่อสร้างโบสถ์ศาสนาคริสต์ โรงเรียน และโรงพยาบาล ในปี พ.ศ. 2218 คอนสแตนติน ฟอลคอน พ่อค้าเชื้อสายกรีก เดินทางเข้ามากรุงศรีอยุธยา ฟอลคอนมีความสามารถด้านการค้าขาย การช่าง และด้านภาษา (พูดได้หลายภาษา) ทำให้เจ้าพระยาโกษาเหล็กชื่นชอบฟอลคอลเป็นอย่างมาก ชักชวนเข้ามารับราชการเป็นขุนนางในพระราชสำนัก จนกระทั่งได้รับพระราชทานตำแหน่งเป็นเจ้าพระยาวิไชเยนร์ ทำหน้าที่ดูแลท้องพระคลังและการต่างประเทศ เจ้าพระยาวิไชเยนร์เป็นขุนนางที่สมเด็จพระนารายณ์มหาราชทรงโปรดและไว้วางพระราชหฤทัย เนื่องจากเป็นผู้มีสติปัญญาเฉลียวฉลาด รู้การช่าง การค้าขาย การต่างประเทศ เป็นต้น [4] ในปี พ.ศ. 2226 เจ้าพระยาโกษาเหล็กถึงแก่อสัญกรรม ขุนนางราชสำนักแตกเป็น 2 ฝ่าย คือ ฝ่ายสนับสนุนพระเพทราชา ซึ่งมีนโยบายต่อต้านต่างชาติโดยเฉพาะเจ้าพระยาวิไชเยนร์ที่สนับสนุนฝรั่งเศส เนื่องจากเกรงว่าฝรั่งเศสจะยึดครองกรุงศรีอยุธยา และอีกฝ่ายคือฝ่ายสนับสนุนเจ้าพระยาวิไชเยนร์ ผู้ซึ่งเป็นที่โปรดปรานและเป็นที่ไว้วางพระราชหฤทัยของสมเด็จพระนารายณ์มหาราช

ในปลายรัชกาล สมเด็จพระนารายณ์มหาราชทรงพระประชวร พระเพทราชาและออกหลวงสรศักดิ์พระโอรสบุญธรรมร่วมกับขุนนางอีกจำนวนหนึ่งยึดอำนาจ ด้วยเกรงว่าอำนาจของชาวต่างชาติจะมีมากเกินไป และเป็นอันตรายต่อราชอาณาจักร เจ้าพระยาวิไชเยนร์จึงถูกสำเร็จโทษประหารชีวิต สมเด็จพระนารายณ์มหาราชทรงได้รับการถวายพระราชสมัญญามหาราช เนื่องจากทรงประกอบพระราชกรณียกิจน้อยใหญ่เป็นอเนกประการ ดังนั้นจึงนับได้ว่าสมเด็จพระนารายณ์มหาราช เป็นพระมหากษัตริย์พระองค์สำคัญยิ่งพระองค์หนึ่งของประวัติศาสตร์อยุธยา [2]

จากประวัติศาสตร์กรุงศรีอยุธยาในสมัยสมเด็จพระนารายณ์มหาราช ที่ทำให้เห็นถึงพระมหากรุณาธิคุณของพระมหากษัตริย์ รวมถึงอิทธิพลของต่างชาติที่มีผลต่อการดำรงอยู่ของอาณาจักรอยุธยา ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง สมเด็จพระนารายณ์มหาราช โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง สมเด็จพระนารายณ์

มหาราช ด้วยคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน 2 มิติ เพื่อประเมินคุณภาพการ์ตูนแอนิเมชัน และเพื่อประเมินความพึงพอใจต่อการ์ตูนแอนิเมชัน โดยการ์ตูนแอนิเมชันสามารถใช้เป็นสื่อเผยแพร่ให้กับนักเรียน ผู้ปกครองนักเรียน บุคคลทั่วไป หรือหน่วยงานต่างๆ ที่จัดกิจกรรมเผยแพร่ประวัติศาสตร์ชาติไทยในสมัยสมเด็จพระนารายณ์มหาราช ซึ่งถือเป็นส่วนหนึ่งที่สนับสนุนในการจัดการศึกษาเพื่อเรียนรู้และทำความเข้าใจเกี่ยวกับประวัติศาสตร์ชาติไทย ความแตกต่างและความหลากหลายทางเชื้อชาติและวัฒนธรรมการปกครองอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข

วิธีดำเนินการวิจัย

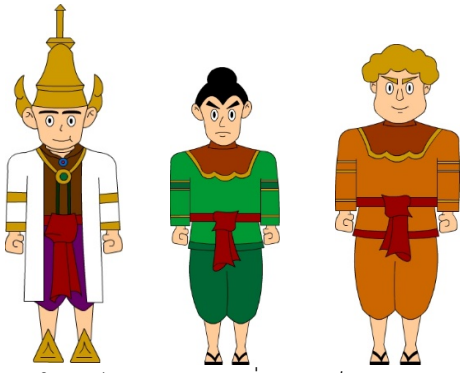
การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) มีกลุ่มเป้าหมาย คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและด้านแอนิเมชัน จำนวน 5 คน ซึ่งเป็นผู้สอนที่มีความเชี่ยวชาญและชำนาญด้านเนื้อหาและแอนิเมชัน และผู้ใช้งาน จำนวน 30 คน ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงจากนักเรียนชั้นประถมศึกษาที่ 2 เครื่องมือในการวิจัย ได้แก่ 1) การ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง สมเด็จพระนารายณ์มหาราช 2) แบบประเมินคุณภาพ และ 3) แบบประเมินความพึงพอใจ โดยมีรายละเอียดในการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. การพัฒนาการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง สมเด็จพระนารายณ์มหาราช ประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

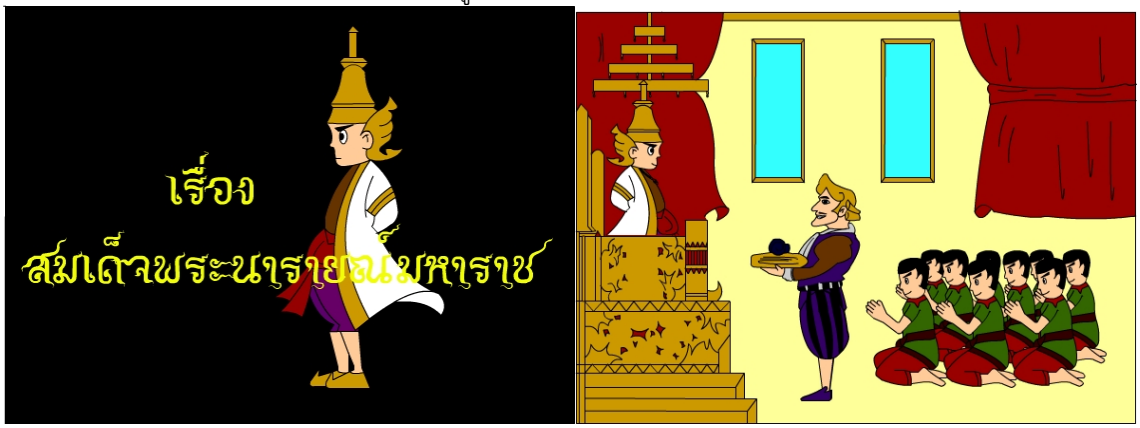
1.1 ขั้นตอนก่อนการผลิต (Pre-Production) หรือขั้นตอนการเตรียมการผลิต เป็นขั้นตอนการศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับประวัติศาสตร์กรุงศรีอยุธยาในรัชสมัยสมเด็จพระนารายณ์มหาราช สรุปเนื้อหาที่จะนำเสนอ การออกแบบตัวละครออกแบบฉาก และเขียนบทดำเนินเรื่อง โดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหาในการสรุปเนื้อหา และนำมาออกแบบตัวละครด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop

1.2 ขั้นตอนการผลิต (Production) เป็นขั้นตอนการลงมือทำงานแอนิเมชันโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จากบทดำเนินเรื่องที่ได้เตรียมไว้ วาดตัวละคร ฉาก สร้างแอนิเมชัน ใส่เสียงตัวละครและเสียงประกอบอื่นๆ และนำส่วนประกอบทั้งหมดมาประกอบกันพัฒนาเป็นการ์ตูนแอเมชัน โดยใช้ Adobe Flash

1.3 ขั้นตอนหลังการผลิต (Post-Production) นำการ์ตูนแอนิเมชันมาทดลองใช้ และปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้องสมบูรณ์ โดยเผยแพร่ทางสื่อสังคมออนไลน์ (Social Media)



ภาพที่ 1 ตัวละครในการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง สมเด็จพระนารายณ์มหาราช





ภาพที่ 2 ตัวอย่างจากการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง สมเด็จพระนารายณ์มหาราช

2. การสร้างแบบประเมินคุณภาพ และแบบประเมินความพึงพอใจ มีขั้นตอนดังนี้

2.1 สร้างแบบประเมินคุณภาพ และแบบประเมินความพึงพอใจ ของการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง สมเด็จพระนารายณ์มหาราช โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน พิจารณารายการประเมินและแนะนำ

2.2 คัดเลือกรายการที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence : IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 มาสร้างแบบประเมิน โดยแบบประเมินคุณภาพ จะแบ่งการประเมินเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหา ด้านภาพและเสียง และด้านเทคนิค สำหรับแบบประเมินความพึงพอใจ จะแบ่งการประเมินออกเป็น 9 ข้อ ได้แก่ ความน่าสนใจของตัวละคร การออกแบบฉาก สีสันของการ์ตูน ความเหมาะสมของเสียง การเคลื่อนไหวของตัวการ์ตูน เนื้อหาการ์ตูนมีความน่าสนใจ ระยะเวลาในการดำเนินเรื่องมีความเหมาะสม ผู้ชมมีความเข้าใจในเนื้อหาการ์ตูน และประโยชน์ที่ผู้ชมได้รับ

แบบประเมินคุณภาพ และแบบประเมินความพึงพอใจ ผู้วิจัยได้ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) มีเกณฑ์ในการกำหนดค่าน้ำหนักของการประเมินเป็น 5 ระดับ ดังนี้ 5 หมายถึง ระดับมากที่สุด 4 หมายถึง ระดับมาก 3 หมายถึง ระดับ ปานกลาง 2 หมายถึง ระดับน้อย และ 1 หมายถึง ระดับน้อยที่สุด ให้ผู้ตอบเลือกตอบได้เพียงคำตอบเดียว

3. การเก็บรวบรวมข้อมูลผลการประเมินคุณภาพและประเมินความพึงพอใจ

3.1 การประเมินคุณภาพการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง สมเด็จพระนารายณ์มหาราช โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและผู้เชี่ยวชาญด้านแอนิเมชัน ซึ่งผู้วิจัยใช้วิธีการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยเลือกจากอาจารย์ผู้สอนสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 5 คน ทำการประเมินผลหลังจากชมการ์ตูนแอนิเมชัน

3.2 การประเมินความพึงพอใจการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง สมเด็จพระนารายณ์มหาราช ผู้วิจัยได้ใช้วิธีสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง จากนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ในจังหวัดปทุมธานี จำนวน 30 คน ทำการประเมินผลหลังจากชมการ์ตูนแอนิเมชัน

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล หลังการเก็บรวบรวมข้อมูลผลการประเมินทั้งสองส่วนแล้ว นำข้อมูลมาประมวลผล โดยสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งการแปลความหมายเพื่อจัดระดับเป็นดังนี้

ระดับคะแนน 5	ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00	หมายถึง ระดับมากที่สุด
ระดับคะแนน 4	ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49	หมายถึง ระดับมาก
ระดับคะแนน 3	ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49	หมายถึง ระดับปานกลาง
ระดับคะแนน 2	ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49	หมายถึง ระดับน้อย
ระดับคะแนน 1	ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49	หมายถึง ระดับน้อยที่สุด

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัยการพัฒนาการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง สมเด็จพระนารายณ์มหาราช มีดังนี้

1. ผลการพัฒนาการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง สมเด็จพระนารายณ์มหาราช มีความยาวเนื้อเรื่อง 8 นาที โดยใช้การสร้างการ์ตูนแบบคอมพิวเตอร์แอนิเมชัน 2 มิติ ซึ่งสร้างจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อสร้างงานแอนิเมชัน เนื้อหาในการ์ตูนแอนิเมชันเกี่ยวกับ

ประวัติศาสตร์กรุงศรีอยุธยาในปลายรัชสมัยสมเด็จพระนารายณ์มหาราช โดยมีตัวละครสำคัญๆ เป็นตัวดำเนินเรื่อง อาทิ สมเด็จพระนารายณ์มหาราช พระเพทราชา และเจ้าพระยาวิไชเยนร์ เป็นต้น

2. ผลการประเมินคุณภาพการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง สมเด็จพระนารายณ์มหาราช ทั้ง 3 ด้าน ประกอบด้วย 1) ด้านเนื้อหา ได้แก่ ความเหมาะสมของเนื้อหา ความถูกต้องของเนื้อหา การจัดลำดับเนื้อหา และภาษาที่ใช้สื่อความหมายได้ชัดเจน 2) ด้านภาพและเสียง การออกแบบตัวละคร การออกแบบฉาก ภาพเสียงและความคมชัด และ 3) ด้านเทคนิค ได้แก่ การเคลื่อนไหวของตัวละคร การตัดต่อ ความเหมาะสมของแสงและสี และความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอ ผลการประเมินคุณภาพดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง สมเด็จพระนารายณ์มหาราช

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับคุณภาพ
1. ด้านเนื้อหา	4.60	0.55	มากที่สุด
2. ด้านภาพและเสียง	4.20	0.45	มาก
3. ด้านเทคนิค	4.20	0.45	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.33	0.48	มาก

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพของการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง สมเด็จพระนารายณ์มหาราช มีคุณภาพโดยเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.33, S.D. = 0.48) เมื่อพิจารณาในแต่ละด้าน พบว่า 1) ด้านเนื้อหา มีคุณภาพระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.60, S.D. = 0.55) 2) ด้านภาพและเสียง มีคุณภาพระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.20, S.D. = 0.45) และ 3) ด้านเทคนิค มีคุณภาพระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.20, S.D. = 0.45)

3. ผลการประเมินความพอใจการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง สมเด็จพระนารายณ์มหาราช ซึ่งมีรายการประเมินทั้งหมด 9 ข้อ ได้แก่ ความน่าสนใจของตัวละคร การออกแบบฉาก สีสันของการ์ตูน ความเหมาะสมของเสียง การเคลื่อนไหวของตัวการ์ตูน เนื้อหาการ์ตูนมีความน่าสนใจ ระยะเวลาในการดำเนินเรื่องมีความเหมาะสม ผู้ชมมีความเข้าใจในเนื้อหาการ์ตูน และประโยชน์ที่ผู้ชมได้รับ ผลการประเมินความพึงพอใจดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพอใจต่อการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง สมเด็จพระนารายณ์มหาราช

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับคุณภาพ
1. ความน่าสนใจของตัวละคร	4.17	0.83	มาก
2. การออกแบบฉาก	3.67	0.84	มาก
3. สีสันของการ์ตูน	4.47	0.51	มาก
4. ความเหมาะสมของเสียง	3.83	0.83	มาก
5. การเคลื่อนไหวของตัวการ์ตูน	3.73	0.69	มาก
6. เนื้อหาการ์ตูนมีความน่าสนใจ	4.13	0.73	มาก
7. ระยะเวลาในการดำเนินเรื่องมีความเหมาะสม	4.37	0.67	มาก
8. ผู้ชมมีความเข้าใจในเนื้อหาการ์ตูน	4.43	0.57	มาก
9. ประโยชน์ที่ผู้ชมได้รับ	4.50	0.51	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	4.14	0.69	มาก

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินความพอใจต่อการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง สมเด็จพระนารายณ์มหาราช ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.14, S.D. = 0.69) เมื่อพิจารณาทุกรายการประเมิน พบว่า ความพึงพอใจเป็นลำดับที่หนึ่ง คือ ประโยชน์ที่ผู้ชมได้รับ มีระดับคุณภาพมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.50, S.D. = 0.51) ลำดับที่สอง คือ สีสันของการ์ตูน ระดับคุณภาพมาก ($\overline{X}$ = 4.47, S.D. = 0.51) และลำดับที่สาม คือ ผู้ชมมีความเข้าใจในเนื้อหาการ์ตูน ระดับคุณภาพมาก ($\overline{X}$ = 4.43, S.D. = 0.57)

สรุป

ผลในการดำเนินการวิจัยเรื่อง การพัฒนาการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง สมเด็จพระนารายณ์มหาราช ดังนี้

1. การพัฒนาการ์ตูนแอนิเมชัน

การ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง สมเด็จพระนารายณ์มหาราช มีเนื้อหาเกี่ยวกับประวัติศาสตร์กรุงศรีอยุธยา ตอนปลายรัชสมัยสมเด็จพระนารายณ์มหาราช ซึ่งมีเหตุการณ์สำคัญๆ หลายด้าน อาทิ อิทธิพลต่างชาติที่มีต่อกรุงศรีอยุธยา การเมือง การต่างประเทศ การสงคราม การค้าขาย เป็นต้น ซึ่งการ์ตูนแอนิเมชันนี้สามารถนำไปใช้เป็นสื่อเผยแพร่ความรู้ด้านประวัติศาสตร์สำหรับนักเรียน ผู้ปกครอง และผู้สนใจทั่วไป เพื่อเป็นการส่งเสริมให้คนไทยรู้และเข้าใจเกี่ยวกับที่มาของชนชาติไทย

2. คุณภาพของการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง สมเด็จพระนารายณ์มหาราช

ผลการประเมินคุณภาพของการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง สมเด็จพระนารายณ์มหาราช พบว่า มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.33 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.48 สรุปได้ว่าคุณภาพของการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง สมเด็จพระนารายณ์มหาราช อยู่ในระดับมาก

3. ความพึงพอใจต่อการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง สมเด็จพระนารายณ์มหาราช

ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง สมเด็จพระนารายณ์มหาราช พบว่า มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.14 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.69 สรุปได้ว่าความพึงพอใจต่อการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง สมเด็จพระนารายณ์มหาราช อยู่ในระดับมาก

ผลการวิจัยในครั้งนี้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยทุกประการ แต่หากจะให้งานวิจัยชิ้นนี้มีประโยชน์ต่อการศึกษาประวัติศาสตร์สำหรับผู้สนใจที่กว้างขวางขึ้นนั้น จึงควรมีการเผยแพร่สู่สาธารณะ เช่น ผ่านทางเว็บไซต์ยูทูป อีกทั้งหากในอนาคตผู้ที่สนใจจะพัฒนางานวิจัยนี้เพิ่มเติม อาจจะพัฒนาในลักษณะการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ เพื่อมีความสมจริงและน่าสนใจยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. สมหมาย ตามประวัติ. ภาพเคลื่อนไหว (Animation). [อินเทอร์เน็ต]. ปทุมธานี: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.); 2555. [เข้าถึงเมื่อ 26 มีนาคม 2562]. เข้าถึงได้จาก https://www.nstda.or.th/th/nstda-knowledge/3016-animation.
2. ปิยะ มีอนันต์. 417 ปี แผ่นดินกรุงศรีอยุธยา : กษัตริย์ ราชวงศ์ สังคม การเมืองการปกครอง กบฏและสงคราม. พระนครศรีอยุธยา: มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา; 2541.
3. ภูธร ภูมะธน. สมเด็จพระนารายณ์มหาราช : พระมหากษัตริย์ผู้สนพระทัยและองค์อุปถัมภ์การศึกษาดาราศาสตร์ตะวันตกในสยามพระองค์แรก. เล่ม 1. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน); 2555.
4. แสงเพชร. แผ่นดินสยามวิกฤตในรัชสมัยสมเด็จพระนารายณ์มหาราช. กรุงเทพฯ: ไพลินสีน้ำเงิน; 2542.

[IT-P02] การพัฒนาการ์ตูนแอนิเมชันเพื่อส่งเสริมคุณธรรม เรื่อง ความซื่อสัตย์

Developing Animated Cartoons to Promote Morality about Honesty

ชุมพล จันทร์ฉลอง* ณัฐวุฒิ ศรีแย้ม และ นภสินธุ์ อริยปัญญาธรรม
Choompon Janchalong* Nuttawut Sriyam and Noppasin Ariyapunyatum
หลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: choompon.jan@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

คนไทยส่วนใหญ่ยังมีปัญหาด้านคุณธรรม จริยธรรม และไม่ตระหนักถึงความสำคัญของการมีวินัย ความซื่อสัตย์สุจริต และการมีจิตสาธารณะ กระแสการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่หลั่งไหลเข้าสู่ประเทศไทยในสังคมที่เป็นยุคดิจิทัล ส่งผลให้ค่านิยมในสังคมไทยเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว คนไทยบางส่วนไม่สามารถเลือกรับปรับใช้กับการดำเนินชีวิตประจำวัน ส่งผลให้วัฒนธรรมและวิถีชีวิตแบบดั้งเดิมที่เป็นรากเหง้าของคนไทยถูกกลืนโดยวิถีชีวิตแบบใหม่ มีค่านิยมยึดตนเองเป็นหลักมากกว่าการคำนึงถึงสังคมส่วนรวม ความซื่อสัตย์ เป็นคุณธรรมที่จำเป็นต่อทุกสังคม ไม่ว่าจะเป็นความซื่อสัตย์ในระดับไหนก็ตาม จะต้องมีการปลูกฝังหรือสอนเยาวชนรุ่นหลังให้ประพฤติปฏิบัติ ทั้งนี้เพราะหากคนในสังคมขาดคุณธรรมข้อนี้เมื่อใด สังคมก็จะวุ่นวายไม่สงบ คนจะเอารัดเอาเปรียบกัน และเห็นแก่ตัวมากขึ้น จนก่อให้เกิดปัญหาอื่น ๆ ตามมาอีกมากมาย การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาการ์ตูนแอนิเมชัน 2) ประเมินคุณภาพการ์ตูนแอนิเมชัน และ 3) ประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อการ์ตูนแอนิเมชันเพื่อส่งเสริมคุณธรรม เรื่อง ความซื่อสัตย์ เครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ การ์ตูนแอนิเมชัน แบบประเมินคุณภาพ และแบบประเมินความพึงพอใจ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งผลการวิจัยพบว่าผลการประเมินคุณภาพการ์ตูนแอนิเมชัน โดยผู้เชี่ยวชาญ รวมคุณภาพทั้ง 3 ด้านมีค่าเฉลี่ยรวมเป็น 4.62 ซึ่งระดับคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก และผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อการ์ตูนแอนิเมชันการ์ตูนแอนิเมชันเพื่อส่งเสริมคุณธรรม เรื่อง ความซื่อสัตย์ จำนวน 30 คน รวมคุณภาพทั้ง 4 ด้านมีค่าเฉลี่ยรวมเป็น 4.56 ซึ่งระดับคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

คำสำคัญ: *การ์ตูน, แอนิเมชัน, ความซื่อสัตย์*

Abstract

Most Thai people still have moral and ethical problems and are not aware of the importance of discipline. Honesty and having a public mind and various changes that flow into Thailand in a digital age society resulting in rapid changes in Thai society values. Some Thai people cannot choose to adapt to everyday life, resulting in the traditional culture and way of life that is the root of Thai people being swallowed by a new way of life. There is core self-esteem rather than a collective society. Honesty is a virtue that is essential to every society regardless of the level of honesty and must be cultivated or taught the young generation to behave. This is because if people in society lack of this virtue, society will be chaotic, and not peaceful. People will take advantage of each other, more selfish causing many other problems as a consequence. The purpose of this research was to 1) develop cartoon animation 2) evaluate animation quality and 3) assessing the satisfaction of the sample group with animation cartoons to promote morality about honesty. These research tools are an

animation cartoon, quality assessment form and satisfaction assessment form created by the researcher. The results of the research showed that the results of animation quality evaluation by expert's total quality in all 3 areas have an average value of 4.62. The quality level is very good and the results of the satisfaction assessment of the sample group (N=30) with cartoon animation to promote morality about honesty including quality in 4 aspects show an average of 4.56, which the quality level is very good

Keyword: *cartoon, animation, honesty*

บทนำ

ในพจนานุกรมได้ให้ความหมายของคำว่า "ซื่อ" ว่าหมายถึง ตรง ไม่มีเล่ห์เหลี่ยม ไม่คดโกง ส่วนคำว่า "ซื่อตรง" หมายถึง ความประพฤติตรง ไม่เอนเอียง ไม่คดโกง และ "ซื่อสัตย์" หมายถึง ความประพฤติตรงและจริงใจ ไม่คิดคดทรยศ ไม่คดโกงและไม่หลอกหลวง หรือเราอาจจะพูดง่ายๆว่าคนที่ซื่อสัตย์ ก็คือ คนที่เป็นคนตรง ประพฤติสิ่งใดก็ด้วยน้ำใสใจจริง ความซื่อสัตย์นั้นมีหลายอย่าง เช่น ความซื่อสัตย์ต่อตนเอง ความซื่อสัตย์ต่อครอบครัว ความซื่อสัตย์ต่อหน้าที่ ความซื่อสัตย์ต่อมิตร และความซื่อสัตย์ต่อประเทศชาติ เป็นต้น มีพุทธภาษิตบทหนึ่งกล่าวไว้ว่า "สจฺเจน กิตฺตี ปปฺโปติ" แปลว่า "คนเราจะบรรลุถึงเกียรติได้เพราะความสัตย์" นั้นก็หมายความว่า คนที่จะมีเกียรติ ย่อมต้องเป็นคนที่มีความสัตย์ซื่อ จึงจะเป็นที่ยอมรับนับถือของคนในสังคมได้อย่างจริงใจ โดยไม่ต้องไม่เสแสร้งแกล้งทำ ความซื่อสัตย์เป็นคุณธรรมที่จำเป็นต่อทุกสังคม ไม่ว่าจะเป็นความซื่อสัตย์ในระดับไหนก็ตาม จะต้องมีการปลูกฝังหรือสอนเยาวชนรุ่นหลังให้ประพฤติปฏิบัติ ทั้งนี้เพราะ หากคนในสังคมขาดคุณธรรมข้อนี้เมื่อใด สังคมก็จะวุ่นวาย ไม่สงบ คนจะเอารัดเอาเปรียบกัน และเห็นแก่ตัวมากขึ้น จนก่อให้เกิดปัญหาอื่น ๆ ตามมาอีกมากมาย คงจะทำให้เห็นแล้วว่า ความซื่อสัตย์เป็นสิ่งสำคัญ เพราะหากขาดความซื่อสัตย์แล้ว สังคมคงยุ่งเหยิง เกิดความหวาดระแวง ไม่ไว้ใจซึ่งกันและกัน เกิดความโกลาหลไปทั่ว ไม่รู้สิ่งไหนจริง สิ่งไหนเท็จ ถ้าขาดในระดับบุคคลก็จะกลายเป็นคนไม่น่าเชื่อถือและมีปัญหาอยู่ตลอดเวลา ส่วนในระดับประเทศ ก็จะไร้ซึ่งเกียรติภูมิ เป็นที่ดูถูกของชาติอื่น ซึ่งความซื่อสัตย์ที่ว่านี้ รวมไปถึงการมี สัจจะ พูดจริงทำจริง ไม่โกหกหรือพูดเหลวไหล พูดคำไหนเป็นคำนั้นด้วย คนเช่นนี้ไปที่ใด ย่อมเป็นที่เคารพนับถือว่าเป็นคนมีเกียรติ ข้อสำคัญ ถ้าทุกคนทำหน้าที่ด้วยความซื่อสัตย์สุจริต ย่อมจะทำให้สังคม และประเทศชาติมีความมั่นคง สงบสุข อันมีผลดีต่อประชาชนคือ ตัวเราทุกคนนั่นเอง[1]

ทำให้เคลื่อนไหว (animate) คือ การทำให้ตัวละครเคลื่อนไหวตามบทในแต่ละฉากนั้น ๆ ในขั้นตอนนี้สำคัญอย่างยิ่ง เปรียบเสมือนการกำกับนักแสดงว่า จะเล่นได้ดีหรือไม่ ซึ่งหากทำขั้นตอนนี้ได้ไม่ดีพอ ก็อาจทำให้ผู้ชมไม่รู้สึกมีอารมณ์ร่วมไปกับตัวละครด้วย ส่วนแอนิเมชันแบบภาพแสดงมิติมีวิธีการทำ โดยวาดภาพลงบนแผ่นพลาสติกโปร่งใสในแต่ละฉากของเรื่อง และเมื่อแบ่งย่อยลงไปอาจประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ เช่น ตัวละคร ต้นไม้ แม่น้ำ ภูเขา ดวงอาทิตย์ ตัวละครแต่ละตัวหรือสิ่งของแต่ละชิ้นจะถูกนำไปวาดลงบนแผ่นใสแต่ละแผ่น เมื่อนำแผ่นใสแต่ละแผ่นมาวางซ้อนกัน แล้วถ่ายภาพด้วยกล้องถ่ายภาพที่ได้รับการออกแบบมาเป็นพิเศษ ก็จะได้ภาพการ์ตูน ๑ ภาพ ที่ประกอบไปด้วยตัวละครและฉาก ในการสร้างภาพการ์ตูนให้เคลื่อนไหว ผู้ทำแอนิเมชัน (animator) จะต้องกำหนดลงไปว่า ในแต่ละวินาที ตัวละครหรือสิ่งของในฉากหนึ่ง ๆ จะเปลี่ยนตำแหน่งหรืออิริยาบถไปอย่างไร ทั้งนี้ ผู้ทำแอนิเมชันจะต้องวาด หรือกำหนดอิริยาบถหลัก หรือคีย์ภาพ (key) ของแต่ละวินาที หลังจากนั้นผู้ทำแอนิเมชันคนอื่น ๆ ก็จะวาดลำดับการเปลี่ยนแปลงอีกจำนวนหนึ่ง (ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้ ๒๔ ภาพ) เพื่อแสดงให้เห็นถึงการเคลื่อนไหวจากคีย์ภาพหนึ่งไปสู่อีกคีย์ภาพหนึ่ง ภาพวาดจำนวนมหาศาลระหว่างแต่ละคีย์ภาพเรียกว่า ภาพช่วงกลาง (in-betweens) ในการวาดภาพการ์ตูน ผู้วาดภาพที่วาดคีย์ภาพต่าง ๆ เรียกว่า ผู้วาดภาพหลัก (key animator) ซึ่งต้องเป็นนักวาดภาพที่มีฝีมือ ส่วนผู้วาดภาพอีกจำนวนหนึ่งที่ทำหน้าที่วาดภาพ

ระหว่างภาพหลักเรียกว่า ผู้วาดภาพช่วงกลาง (in-betweener) นอกจากผู้วาดภาพแล้ว ก็มีผู้ลงสี (painter) ซึ่งมีหน้าที่ลงสี หรือระบายสีภาพให้สวยงาม[4]

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นความสำคัญของปัญหาด้านคุณธรรม จริยธรรม และไม่ตระหนักถึงความสำคัญของการมีวินัย ความซื่อสัตย์สุจริต และการมีจิตสาธารณะ จึงได้พัฒนาการ์ตูนแอนิเมชันเพื่อส่งเสริมคุณธรรม เรื่อง ความซื่อสัตย์ ให้กับเด็กและเยาวชน และเสริมสร้างค่านิยมที่ดีงามอันเป็นเอกลักษณ์ของวัฒนธรรมไทย และจำเป็นต้องให้ความสำคัญกับการวางรากฐานการปรับเปลี่ยนให้คนมีค่านิยมตามบรรทัดฐานที่ดีของสังคมไทย

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อพัฒนาการ์ตูนแอนิเมชันเพื่อส่งเสริมคุณธรรม เรื่อง ความซื่อสัตย์
2. เพื่อประเมินคุณภาพของการ์ตูนแอนิเมชันเพื่อส่งเสริมคุณธรรม เรื่อง ความซื่อสัตย์
3. เพื่อประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อการ์ตูนแอนิเมชันเพื่อส่งเสริมคุณธรรม เรื่อง ความซื่อสัตย์

วิธีดำเนินการวิจัย

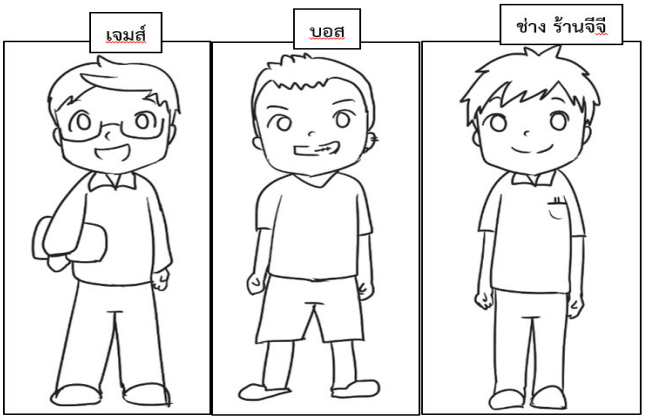
การพัฒนาการ์ตูนแอนิเมชันเพื่อส่งเสริมคุณธรรม เรื่อง ความซื่อสัตย์ ผู้วิจัยมีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. การออกแบบและพัฒนาการ์ตูนแอนิเมชันเพื่อส่งเสริมคุณธรรม เรื่อง ความซื่อสัตย์ ได้พัฒนาตามขั้นตอนของการสร้างการ์ตูนแอนิเมชันเพื่อส่งเสริมคุณธรรม เรื่อง ความซื่อสัตย์ ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอนดังนี้

1.1 ขั้นตอนก่อนการผลิต (Pre-Production) หรือขั้นตอนการเตรียมงาน เป็นขั้นตอนสำหรับการสร้างการ์ตูนแอนิเมชัน โดยเริ่มจากเขียนเรื่อง การออกแบบตัวละคร การออกแบบฉาก โดยมีขั้นตอนดังนี้

1.1.1 ผู้วิจัยต้องการสื่อถึงคุณธรรมเรื่องการซื่อสัตย์ เพื่อปลูกฝังให้เด็กและยาวชนได้ซึมซับและนำเป็นแนวทางในการปฏิบัติตนในชีวิตประจำวัน มีเรื่องย่อ คือ พนักงานรับจ้างพิมพ์เอกสารชายชื่อว่าเจมส์ ไม่มีความรู้ทางด้านคอมพิวเตอร์ วันหนึ่งขณะที่เขากำลังนั่งพิมพ์งานอยู่นั้นคอมพิวเตอร์ของเขาก็ดับขึ้นมา จึงนำเครื่องไปซ่อมที่ร้านบอสการช่าง ขณะที่เจมส์มารับเครื่องคอมพิวเตอร์คืนก็ทำกระเป๋าสตางค์และโทรศัพท์มือถือหล่นในร้าน บอสเก็บได้แต่ไม่คืนให้กับเจมส์ และเมื่อเจมส์ถามถึงของที่หายบอสบอกว่าไม่พบเห็นสิ่งของนั้นและไม่ได้เก็บไว้ เมื่อเจมส์นำเครื่องคอมพิวเตอร์กลับไปใช้งานได้ไม่นานก็เกิดอาการเหมือนเดิม จึงนำเครื่องกลับไปร้านเดิมอีกครั้งแต่ทางร้านก็ไม่รับผิดชอบแต่อย่างใด เจมส์จึงนำเครื่องไปซ่อมที่ร้านจีจีคอมพิวเตอร์ ทางร้านบริการลูกค้าเป็นอย่างดีและมีการรับประกันสินค้าหลังการซ่อมให้ด้วย พอเจมส์เดินออกไปร้านจีจีคอมพิวเตอร์ เจ้าของร้านก็วิ่งตามเพราะเจมส์ทำของหล่นไว้ และนำส่งคืนให้กับเจมส์ เมื่อเจมส์นำเครื่องคอมพิวเตอร์กลับไปทำงานเครื่องของเขานั้นไม่มีปัญหาอีกเลย เจมส์จึงคิดว่าความซื่อสัตย์ต่อตนเองและผู้อื่นส่งผลให้เจริญรุ่งเรืองตลอดไป

1.1.2 การออกแบบตัวละครและการออกแบบตัวละคร ผู้วิจัยได้ออกแบบตามหลักการออกแบบตัวละครและการออกแบบฉากหลักและฉากประกอบตามเนื้อเรื่อง โดยมีตัวละครหลัก 3 ตัวละคร ดังนี้ คือ เจมส์ บอส และช่างซ่อมคอมพิวเตอร์ร้านจีจี ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การออกแบบตัวละครหลักของเรื่อง

1.1.3 ดำเนินการเขียนบทดำเนินเรื่อง (Storyboard) ผู้วิจัยได้เขียนบทดำเนินเรื่องตามเนื้อเรื่องที่สร้างขึ้น เพื่อใช้ทำแอนิเมชันในขั้นตอนต่อไป แสดงตัวอย่างการเขียนบทดำเนินเรื่องของการ์ตูนแอนิเมชันเพื่อส่งเสริมคุณธรรม เรื่อง ความซื่อสัตย์

1.2 ขั้นตอนการผลิต (Production) เป็นขั้นตอนการเริ่มลงมือทำงานแอนิเมชันจากบทดำเนินเรื่อง (Storyboard) ที่เตรียมไว้ การนำเสนอแอนิเมชันที่มีลักษณะลายเส้นเป็นการวาดมือ ทำให้รู้สึกเหมือนรับชมการ์ตูนแอนิเมชันตามช่องโทรทัศน์ทั่ว ๆ ไป มีเสียงพูดโต้ตอบของตัวละคร เสียงบรรยายของตัวละคร มีเสียงประกอบฉาก เช่น เสียงคีย์บอร์ด เสียงรถ เสียงโทรศัพท์ เสียงดนตรีประกอบเพื่อสร้างบรรยากาศของเรื่อง และมีการเคลื่อนไหวของตัวละครและฉาก ใช้เวลาประมาณ 5 นาที โดยภาพตัวละครวาดจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ หลังจากนั้นนำเข้าสู่โปรแกรมเพื่อทำการขยับแอนิเมชัน โดยใช้ที่โปรแกรม Adobe Flash Professional CC 2014 และได้ทำการบันทึกเสียง มีการใช้โปรแกรม Adobe After Effect เข้ามาช่วยในการสร้างแอนิเมชัน และทำการแก้ไขส่วนการเคลื่อนไหวและเสียงให้สมบูรณ์

1.3 ขั้นตอนหลังการผลิต (Post-Production) หลังจากได้ทำการแอนิเมชันเสร็จแล้วจึงนำมาตัดต่อเข้ากับวีดีโอด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อเรียงลำดับภาพตามบทดำเนินเรื่อง (Storyboard) และนำมาปรับแต่งเสียง นำมาใส่บทนำของเรื่อง และเครดิตของเรื่อง แล้วทำการจัดเก็บงานในรูปแบบไฟล์วีดีโอเพื่อนำเสนอให้กับกลุ่มตัวอย่าง แสดงตัวอย่างของการ์ตูนแอนิเมชันเพื่อส่งเสริมคุณธรรม เรื่อง ความซื่อสัตย์ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ตัวอย่างของการ์ตูนแอนิเมชันเพื่อส่งเสริมคุณธรรม เรื่อง ความซื่อสัตย์

1.4 นำการ์ตูนแอนิเมชันที่ผลิตเสร็จแล้วมาให้ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินคุณภาพของการ์ตูนเรื่องนี้ เมื่อผ่านการประเมินแล้วผู้วิจัยจึงนำผลการประเมินมาปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

1.5 นำการ์ตูนแอนิเมชันที่ปรับปรุงเรียบร้อยแล้วไปให้กลุ่มเป้าหมายรับชม หลังจากชมเสร็จแล้วจึงทำการประเมินจากแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

1.6 นำผลการประเมินคุณภาพและความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมาย มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติต่อไป

2. การประเมินผลคุณภาพของการ์ตูนแอนิเมชันเพื่อส่งเสริมคุณธรรม เรื่อง ความซื่อสัตย์

ผู้วิจัยได้ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือ มีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) มี 5 ระดับ ให้เลือกตอบได้เพียงคำตอบเดียว เดียว สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ผล คือค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วแปลความหมาย โดยค่าเฉลี่ยมีเกณฑ์การแปลความหมายดังนี้ (2)

ระดับคะแนน 5	ค่าเฉลี่ย 4.50- 5.00	หมายถึง ระดับดีมากที่สุด
ระดับคะแนน4	ค่าเฉลี่ย 3.50- 4.59	หมายถึง ระดับดี
ระดับคะแนน 3	ค่าเฉลี่ย 2.50- 3.49	หมายถึง ระดับปานกลาง
ระดับคะแนน 2	ค่าเฉลี่ย 1.50- 2.49	หมายถึง ระดับน้อย
ระดับคะแนน 1	ค่าเฉลี่ย 1.00- 1.49	หมายถึง ระดับน้อยที่สุด

การประเมินการ์ตูนแอนิเมชันเพื่อส่งเสริมคุณธรรม เรื่อง ความซื่อสัตย์ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

2.1 การประเมินคุณภาพการ์ตูนแอนิเมชันเพื่อส่งเสริมคุณธรรม เรื่อง ความซื่อสัตย์ โดยผู้เชี่ยวชาญจากอาจารย์ประจำหลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 5 ท่าน ซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถและสบการณ์ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์อย่างน้อย 5 ปี ทำการประเมินคุณภาพของการ์ตูนแอนิเมชัน โดยผู้วิจัยได้กำหนดหัวข้อการประเมินออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1) คุณภาพ ด้านเนื้อหาของการ์ตูนแอนิเมชัน 2) คุณภาพด้านภาพและเสียง และ 3) คุณภาพด้านเทคนิค

2.2 ประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อการ์ตูนแอนิเมชันเพื่อส่งเสริมคุณธรรม เรื่อง ความซื่อสัตย์ ผู้วิจัยได้ใช้วิธีสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญหรือตามความสะดวก จากนักศึกษาระดับปริญญาตรี ซึ่งสุ่มกลุ่มตัวอย่างได้นักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ กลุ่มวิชาเทคโนโลยีมัลติมีเดีย จำนวน 30 คน โดยผู้วิจัยได้กำหนดหัวข้อการประเมินความพึงพอใจ ออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ 1) คุณภาพด้านเนื้อหาของการ์ตูนแอนิเมชัน 2) คุณภาพด้านภาพและเสียง และ 3) คุณภาพด้านการนำเสนอ 4) คุณภาพด้านการนำไปใช้ประโยชน์

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผู้วิจัยพัฒนาการ์ตูนแอนิเมชันเพื่อส่งเสริมคุณธรรม เรื่อง ความซื่อสัตย์ โดยเน้นการสื่อในเรื่องความซื่อสัตย์ให้กับเด็กและเยาวชน ด้วยเหตุผลคือการ์ตูนนั้นสามารถรับรู้และเข้าใจได้ทุกเพศ ทุกวัย และการออกแบบการ์ตูนเรื่องนี้เน้น เป็นการ์ตูนในช่วงของคนวัยทำงานเป็นตัวดำเนินเรื่องเพื่อสื่อการกระทำที่ไม่ซื่อสัตย์ การ์ตูนแอนิเมชันเรื่องนี้มีความยาวประมาณ 5 นาที ผู้วิจัยได้ใช้หลักการสร้างการ์ตูนแอนิเมชัน ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ประเภท 2 มิติ ที่เหมาะสม นำมาสร้างภาพเคลื่อนไหวของการ์ตูนแอนิเมชันให้ต่อเนื่องและสมจริงมากที่สุด การใส่สีให้มีความสวยงามน่าดูทั้งฉากและตัวละคร รวมไปถึงการใส่เสียงให้เหมาะสมกับฉาก ส่วนของการดำเนินเรื่องมีการเคลื่อนไหวของตัวละครลำดับเรื่องเหตุการณ์ก่อนหลัง มีการปรับมุมกล้องและการเคลื่อนไหวของตัวละครให้มีความ

สมจริง ในรูปแบบของการนำเสนอการ์ตูนแอนิเมชัน เพื่อให้ผู้ชมเกิดจินตนาการตามเกิดความสนุกสนานและได้อรรถรสในการรับชม ทำให้ผู้รับชมได้ซึมซับเนื้อหาเพื่อนำไปปฏิบัติตนให้มีคุณธรรมและจริยธรรม ในเรื่อง ความซื่อสัตย์ต่อไป

ผลการประเมินคุณภาพการ์ตูนแอนิเมชันเพื่อส่งเสริมคุณธรรม เรื่อง ความซื่อสัตย์ โดยผู้เชี่ยวชาญ แสดงผลตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการประเมินคุณภาพการ์ตูนแอนิเมชันเพื่อส่งเสริมคุณธรรม เรื่อง ความซื่อสัตย์ โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมินคุณภาพ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. คุณภาพด้านเนื้อหา	4.47	0.38	ดี
2. คุณภาพด้านภาพและเสียง	4.64	0.54	ดีมาก
3. คุณภาพด้านเทคนิค	4.76	0.32	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.62**	**0.42**	**ดีมาก**

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพการ์ตูนแอนิเมชันเพื่อส่งเสริมคุณธรรม เรื่อง ความซื่อสัตย์ ที่ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน แยกประเมินคุณภาพเป็น 3 ด้าน คือ คุณภาพด้านเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยเป็น 4.47 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.38 ระดับคุณภาพอยู่ในระดับดี คุณภาพด้านภาพและเสียง มีค่าเฉลี่ยเป็น 4.64 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.54 ระดับคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก และคุณภาพด้านเทคนิค มีค่าเฉลี่ยเป็น 4.76 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.32 ระดับคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก โดยภาพรวมคุณภาพทั้ง 3 ด้านมีค่าเฉลี่ยรวมเป็น 4.62 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.42 ซึ่งระดับคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

ผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อการ์ตูนแอนิเมชันเพื่อส่งเสริมคุณธรรม เรื่อง ความซื่อสัตย์ แสดงผลตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อการ์ตูนแอนิเมชันเพื่อส่งเสริมคุณธรรม เรื่อง ความซื่อสัตย์

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. คุณภาพด้านเนื้อของการ์ตูนแอนิเมชัน	4.26	0.47	ดี
2. คุณภาพด้านภาพและเสียง	4.71	0.59	ดีมาก
3. คุณภาพด้านนำเสนอ	4.65	0.56	ดีมาก
4. คุณภาพด้านการนำไปใช้ประโยชน์	4.61	0.54	ดีมาก
รวมค่าเฉลี่ย	**4.56**	**0.54**	**ดีมาก**

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อการ์ตูนแอนิเมชันเพื่อส่งเสริมคุณธรรม เรื่อง ความซื่อสัตย์ ที่ประเมินโดยนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ กลุ่มวิชาเทคโนโลยีมัลติมีเดีย จำนวน 30 คน แยกประเมินคุณภาพเป็น 4 ด้าน คือ คุณภาพด้านเนื้อหาของเรื่อง มีค่าเฉลี่ยเป็น 4.26 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.47 ระดับคุณภาพอยู่ในระดับดี คุณภาพด้านภาพและเสียง มีค่าเฉลี่ยเป็น 4.71 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.59 ระดับคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก คุณภาพด้านการนำเสนอ มีค่าเฉลี่ยเป็น 4.65 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.56 ระดับคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก และคุณภาพด้านการนำไปใช้ประโยชน์ มีค่าเฉลี่ยเป็น 4.61 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.54 ซึ่งระดับคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก รวมคุณภาพทั้ง 4 ด้านมีค่าเฉลี่ยรวมเป็น 4.56 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.54 ซึ่งระดับคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

สรุป

ผลจากการวิจัยครั้งนี้พบว่าการ์ตูนแอนิเมชันเพื่อส่งเสริมคุณธรรม เรื่อง ความซื่อสัตย์ บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ เพราะจากการประเมินคุณภาพของการ์ตูนแอนิเมชัน โดยผู้เชี่ยวชาญ มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก และการประเมินผลความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเนื้อเรื่องและการนำเสนอในรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชันมีภาพสวยงามตรงกับกลุ่มเป้าหมายจึงทำให้กลุ่มตัวอย่างเข้าใจได้ง่าย ซึ่งสอดคล้องกับบทความวิจัยของ อรพรรณ อำนวยศิลป์[6] ได้ศึกษาการพัฒนาการ์ตูนแอนิเมชัน 2 มิติเรื่องคุณธรรมพื้นฐาน 8 ประการให้แก่เด็กและเยาวชน กรณีศึกษา โรงเรียนไทยรัฐวิทยา 74 (ชุมชนบ้านคีรีวง) ผลการวิจัยพบว่า การพัฒนาการ์ตูนแอนิเมชันเรื่องคุณธรรมพื้นฐาน 8 ประการ ด้านเนื้อหามีคุณภาพโดยรวมในระดับดีมาก และด้านเทคนิคการผลิตสื่อมีคุณภาพโดยรวมในระดับดีมาก และสอดคล้องกับ สุกานดา โรมวิลาส[5] ได้ศึกษาการพัฒนาการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่องความซื่อสัตย์ สำหรับเด็กปฐมวัย ผลการวิจัยพบว่า การ์ตูนแอนิเมชันเรื่องความซื่อสัตย์สำหรับเด็กปฐมวัย มีประสิทธิภาพ 85.13/86.27 ซึ่งเป็นไป ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และการเปรียบเทียบคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดจริยธรรม เรื่องความซื่อสัตย์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ และสอดคล้องกับ ชุมพล จันทร์ฉลอง[3] ได้ศึกษา การพัฒนาการ์ตูนแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง รักษ์ผืนป่า ผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ผลการวิจัยพบว่า ผลการประเมินคุณภาพการ์ตูนแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง รักษ์ผืนป่า ผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ที่ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ รวมคุณภาพทั้ง 3 ด้าน มีค่าเฉลี่ยรวมเป็น 4.62 ซึ่งระดับคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างมีต่อการ์ตูนแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง รักษ์ผืนป่า ผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ที่ประเมินโดยกลุ่มตัวอย่าง รวมคุณภาพทั้ง 3 ด้านมีค่าเฉลี่ยรวมเป็น 4.59 ซึ่งระดับคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

กิติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ขอขอบพระคุณ หลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการสร้างเครื่องมือวิจัย และขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญ ที่ประเมินคุณภาพของงานและให้ข้อเสนอแนะซึ่งทำให้งานวิจัยได้สำเร็จตามวัตถุประสงค์

เอกสารอ้างอิง

1. กระทรวงวัฒนธรรม.ความซื่อสัตย์นั้น สำคัญไฉน?. [อินเตอร์เน็ต]. 2559 [เข้าถึงเมื่อ 17 ก.พ. 2562]. เข้าถึงได้จาก: https://www.m-culture.go.th/young/ewt_news.php?nid=109&filename=index.
2. กัลยา วานิชย์บัญชา. (2553). สถิติสาหรับงานวิจัย. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
3. ชุมพล จันทร์ฉลอง.การพัฒนาการ์ตูนแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง รักษ์ผืนป่า ผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์.วารสารวไลยอลงกรณ์ปริทัศน์ (มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์) 2561; 8(2) : 93-103.
4. สารานุกรมไทย สำหรับเยาวชน.ขั้นตอนในการทำแอนิเมชัน. [อินเตอร์เน็ต]. 2542 [เข้าถึงเมื่อ 17 มี.ค. 2562]. เข้าถึงได้จาก: http://kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/book.php?book=36&chap=7&page=t36-7-infodetail04.html.
5. สุกานดา โรมวิลาส. การพัฒนาการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่องความซื่อสัตย์ สำหรับเด็กปฐมวัย. วารสารวิชาการศรีปทุม ชลบุรี 2558; 11(4) : 164-172.
6. อรพรรณ อำนวยศิลป์.การพัฒนาการ์ตูนแอนิเมชัน 2 มิติเรื่องคุณธรรมพื้นฐาน 8 ประการให้แก่เด็กและเยาวชน กรณีศึกษาโรงเรียนไทยรัฐวิทยา 74 (ชุมชนบ้านคีรีวง) .วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช 2556; 32(2) : 16-25.

[IT-P03] การพัฒนานิทานแอนิเมชัน เรื่องพญาไก่ป่า

The Development of Animation Stories about Phaya Kai Pa

อมีนา ฉายสุวรรณ* ภัทรพล พุ่มแดง และ พิชญ์ภวัฒน์ มีอาษา
Ameena Chaysuwan* Pattarapon Pumdang and Phitphawat Meearsa
หลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: ameena@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

ประเทศไทยและสังคมโลกกำลังก้าวเข้าสู่เทคโนโลยีและการสื่อสาร สื่อและสังคมล้วนมีอิทธิพลต่อแนวคิดและการดำรงชีวิต เมื่อบริบทของสังคมเปลี่ยนไป สิ่งที่น่ากังวล คือ แนวคิดความเชื่อ ค่านิยม ความตระหนักรู้ถึง คุณธรรม จริยธรรม รวมถึงการซึมซับแนวคิดการทุจริต คอร์รัปชัน ติดสินบน หรือการนำเอาสาธารณสมบัติมาเป็นของตน ของเยาวชนรุ่นใหม่อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังนั้น เพื่อให้เยาวชนไทยตระหนักรู้เท่าทัน ตลอดจนสามารถแยกแยะความถูกต้องและไม่ถูกต้องได้อย่างเหมาะสม จึงต้องเตรียมความพร้อมให้กับเยาวชนไทยในการพัฒนาคุณธรรม ในศตวรรษที่ ๒๑ การบ่มเพาะด้านคุณธรรมให้กับเยาวชน จำเป็นต้องอาศัยทั้งครูและพ่อแม่ เพื่อช่วยอบรมชี้แนะสวมบทบาท และมีทักษะการเป็นโค้ชคุณธรรม สามารถสอดแทรกคุณธรรมให้อยู่ในทุกกิจกรรมของเด็กและเยาวชนแบบไม่รู้ตัวทั้งในชั้นเรียนและชีวิตประจำวัน การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนานิทานแอนิเมชัน 2) ประเมินคุณภาพของนิทานแอนิเมชัน และ 3) ประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อนิทานแอนิเมชัน เรื่องพญาไก่ป่า เครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นิทานแอนิเมชัน แบบประเมินคุณภาพ และแบบประเมินความพึงพอใจที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งผลการวิจัยพบว่าผลการประเมินคุณภาพนิทานแอนิเมชัน โดยผู้เชี่ยวชาญ รวมคุณภาพทั้ง 3 ด้านมีค่าเฉลี่ยรวมเป็น 4.50 ซึ่งระดับคุณภาพอยู่ในระดับดี และผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อนิทานแอนิเมชัน จำนวน 40 คน รวมคุณภาพทั้ง 4 ด้านมีค่าเฉลี่ยรวมเป็น 4.52 ซึ่งระดับคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

คำสำคัญ: *นิทาน, แอนิเมชัน, คุณธรรม*

Abstract

Thailand and the world society are entering technology and communication. Media and society all have an influence on the concept and life. When the context of society changes the worrisome thing is the concept, belief, values, awareness of morality, ethics, as well as the absorption of the corruption concept, bribery, or the use of the public domain of young generation inevitably. Therefore, in order for Thai youth to be aware of as well as being able to distinguish the correctness and incorrectness appropriately, it is necessary to prepare Thai youth to develop morality. In the 21st century, cultivating moral aspects for youth requires both teachers and parents to help, to train and to guide them with the role and have moral coaching skills. Teachers and parents must be able to insert unconsciously morality in all activities of children both in class and daily life. The purpose of this research was to 1) develop storytelling animation 2) evaluate the quality of animation storytelling and 3) assess the satisfaction of the sample group with animation story about Phaya Kai Pa. The tools in this research are

animation tales, quality assessment form, and the satisfaction assessment form created by the researcher. The results of the research showed that the storytelling animation evaluation by expert's total quality in all 3 areas have an average score of 4.50. The quality level is good. And the results of the satisfaction assessment of the sample group (N=40) with storytelling animation regarding quality in all 4 areas have an average score of 4.52. The quality level is very good.

Keyword: *tales, animation, moral*

บทนำ

มาตรฐานการศึกษาของชาติ มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้สถานศึกษาทุกแห่ง ยึดเป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาผู้เรียนไปสู่ผลลัพธ์ที่พึงประสงค์ของการศึกษา และให้หน่วยงานต้นสังกัดใช้เป็นเป้าหมายในการจัดการศึกษา โดยการกำหนดผลลัพธ์ที่พึงประสงค์ของผู้เรียนที่เหมาะสมตามช่วงวัยในแต่ละระดับ และประเภทการศึกษา และใช้เป็นเป้าหมายในการสนับสนุนสถานศึกษาให้สามารถดำเนินการต่าง ๆ ได้อย่างสะดวกเพื่อให้เกิดผลลัพธ์ดังกล่าว นอกจากนี้ ยังมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ทุกหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ในการจัดการศึกษาใช้เป็นแนวทางแนวทางในการส่งเสริม การกำกับดูแล การตรวจสอบ การประเมินผลและการประกันคุณภาพการศึกษา เพื่อให้เป็นไปตามหลักการในการจัดการศึกษา สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา จึงได้จัดทำมาตรฐานการศึกษาของชาติ พ.ศ. 2561 ในรูปของผลลัพธ์ที่พึงประสงค์ของการศึกษา เพื่อให้สถานศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ในการจัดการศึกษา ใช้เป็นแนวทางในการจัดการศึกษาและจัดทำมาตรฐานการศึกษาขั้นต่ำที่จำเป็นของแต่ละระดับและประเภทการศึกษา เพื่อให้เกิดคุณลักษณะที่พึงประสงค์ขึ้นกับผู้เรียนทั้งในระหว่างที่กำลังศึกษา และเพื่อวางรากฐานให้ผู้เรียนในระหว่างที่กำลังศึกษาเพื่อให้เกิดคุณลักษณะที่พึงประสงค์หลังจากสำเร็จการศึกษา ซึ่งถือเป็น "คุณลักษณะของคนไทย ๔.๐" ที่สามารถสร้างความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืนให้กับประเทศ คุณธรรม ความรู้ ทักษะที่จำเป็นสำหรับผู้เรียน ดังนี้ 1. คุณธรรม คือ ลักษณะนิสัยที่ดี และคุณลักษณะที่ดีด้านคุณธรรมพื้นฐาน การรู้ถูกผิด ความดีงาม จริยธรรม จรรยาบรรณ ในการเป็นสมาชิกของสังคม เช่น ความมีวินัย ความรับผิดชอบ ความขยันหมั่นเพียร ความซื่อสัตย์ เป็นต้น 2. ทักษะการเรียนรู้และชีวิต คือ ทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้เพื่อโลกดิจิทัลและโลกในอนาคต เช่น การรู้วิธีเรียน ทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิต ทักษะชีวิตและทักษะการจัดการความสามารถในการปรับตัว ยืดหยุ่น พร้อมเผชิญความเปลี่ยนแปลง 3. ความรู้และความรอบรู้ คือ ชุดความรู้ที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ อย่างต่อเนื่องเพื่อให้ตนเอง รู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงได้ 4. ทักษะทางปัญญา คือ ทักษะที่จำเป็นในการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยีหรือทางสังคม เช่น ภูมิปัญญาไทยและศาสตร์พระราชา ทักษะศตวรรษที่ ๒๑ ทักษะการคิดสร้างสรรค์ ทักษะพหุปัญญา ทักษะข้ามวัฒนธรรม ความสามารถในการบูรณาการข้ามศาสตร์ สร้างสรรค์นวัตกรรม และมีคุณลักษณะของความเป็นผู้ประกอบการที่เท่าทันการเปลี่ยนแปลงของสังคมและโลกยุคดิจิทัล[6]

ในพจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542 ได้ให้ความหมายของ "นิทาน" ว่า เป็นเรื่องที่เล่ากันมา ขณะที่ "ชาดก" หมายถึง เรื่องพระพุทธเจ้าที่มีมาในชาติก่อน ๆ ตามที่กล่าวไว้ในคัมภีร์ ทว่า พระมหาสุทร สุนฺทรธมฺโม (เสนาซุย) ได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับนิทานชาดกเพิ่มเติม โดยส่วนหนึ่งมีเนื้อความว่า ชาดก เป็นเรื่องเกี่ยวกับการบำเพ็ญบารมีของพระโพธิสัตว์ แสดงถึงความเป็นมาในพระชาติต่าง ๆ ที่ได้เกิดมาสร้างบารมีเอาไว้เพื่อการตรัสรู้เป็นพระพุทธเจ้า เราเรียกว่าพระเจ้า 500 ชาติ บางครั้งจึงเรียกว่า นิทานชาดก แต่มีความหมายแตกต่างจากนิทานที่เล่ากันทั่วไป คือ ชาดกเป็นเรื่องที่เกิดขึ้นจริง แต่นิทานเป็นเรื่องที่แต่งขึ้น สำหรับผู้อ่านนิทานชาดก

หรือนิทานธรรมะ ควรอ่านเนื้อหาอย่างพิจารณา และนำหลักธรรมไปใช้ให้เกิดคุณประโยชน์ ส่วนความเพลิดเพลินนั้น ให้ถือเป็นเพียงผลพลอยได้ที่เกิดจากการอ่าน เพื่อให้ได้รับประโยชน์จากนิทานชาดก หรือนิทานธรรมะที่พระพุทธเจ้าทรงแสดงไว้อย่างแท้จริง(1)

ปัจจุบันความก้าวหน้าของเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ เอื้อให้นักออกแบบสื่อมัลติมีเดีย สามารถประยุกต์สื่อประเภทต่าง ๆ มาใช้ร่วมกันได้บนระบบคอมพิวเตอร์ ตัวอย่างสื่อเหล่านี้ ได้แก่ เสียง วีดิทัศน์ กราฟิก ภาพนิ่ง และภาพเคลื่อนไหวต่าง ๆ การนำสื่อเหล่านี้มาใช้ร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ เรารวมเรียกสื่อประเภทนี้ว่า มัลติมีเดีย (Multimedia) การพัฒนาระบบมัลติมีเดียมีความก้าวหน้าเป็นลำดับ จนถึงขั้นที่ผู้ใช้โปรแกรมสามารถโต้ตอบกับระบบคอมพิวเตอร์ในรูปแบบต่าง ๆ กันได้ เช่น การใช้คีย์บอร์ด การใช้เมาส์ การสัมผัสจอภาพและการใช้เสียง เทคโนโลยีต่าง ๆ เหล่านี้ได้พัฒนาขึ้นพร้อม ๆ กับการพัฒนาฮาร์ดแวร์ เช่น การพัฒนาอุปกรณ์ที่ใช้อ่านและบันทึกข้อมูล การพัฒนาหน่วยความจำให้มีขนาดเล็กลง แต่มีความจุมากขึ้น และมีสมรรถนะในการเข้าถึงข้อมูลเร็วขึ้น(2)

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นความสำคัญของปัญหาด้านคุณธรรม จริยธรรม จึงได้จัดทำนิทานแอนิเมชัน 2 มิติ เพื่อเป็นสื่อส่งเสริมคุณธรรม จริยธรรมให้กับเด็กและเยาวชน ได้มีลักษณะนิสัยที่ดี และคุณลักษณะที่ดีด้านคุณธรรมพื้นฐาน การรู้ถูกผิด ความดีงาม จริยธรรม จรรยาบรรณ ในการเป็นสมาชิกของสังคม และเพื่อส่งเสริมเด็กและเยาวชนให้รู้เท่าทันเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นในด้านดีและด้านร้ายเพื่อเอาตัวได้เมื่อเกิดปัญญา มีทักษะการเรียนรู้ชีวิตนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อออกแบบและพัฒนานิทานแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่องพญาไก่ป่า
2. เพื่อประเมินคุณภาพของนิทานแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่องพญาไก่ป่า
3. เพื่อประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อนิทานแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่องพญาไก่ป่า

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนานิทานแอนิเมชัน เรื่องพญาไก่ป่า ผู้วิจัยมีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

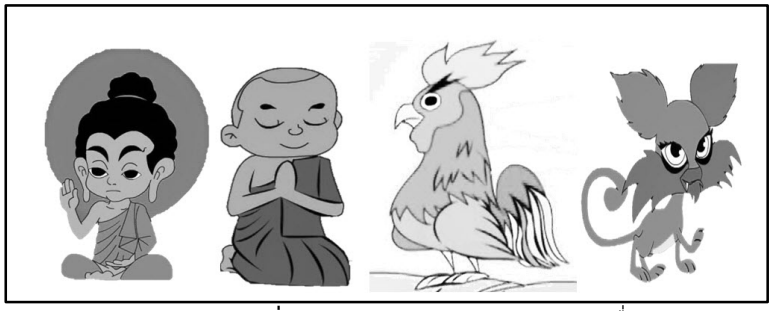
1. การออกแบบและพัฒนานิทานแอนิเมชัน เรื่องพญาไก่ป่า ได้พัฒนาตามขั้นตอนของการสร้างงานแอนิเมชัน ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอนดังนี้

1.1 ขั้นตอนก่อนการผลิต (Pre-Production) หรือขั้นตอนการเตรียมงาน เป็นขั้นตอนสำหรับการสร้างนิทานแอนิเมชัน 2 มิติ โดยเริ่มจากเขียนเรื่อง การออกแบบตัวละคร การออกแบบฉาก โดยมีขั้นตอนดังนี้

1.1.1 การเขียนเรื่อง พญาไก่ป่า ผู้เขียนได้นำนิทานชาดก เรื่อง “กุกกุฏชาดก” มาพัฒนาเป็นนิทานแอนิเมชัน เนื่องจากเป็นเรื่องที่สอนให้รู้ว่า “ผู้มีปัญญารู้เท่าทันเหตุการณ์ย่อมสามารถรู้รักษาตัวรอดได้” เหมาะกับกลุ่มเด็กและเยาวชนให้รู้เท่าทันเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นในด้านดีและด้านร้ายเพื่อเอาตัวได้เมื่อเกิดปัญญา โดยมีเรื่องย่อดังนี้ ในสมัยพุทธกาล พระพุทธเจ้าทรงแสดงธรรมเทศนาเพื่อโปรดสัตย์ ทรงสอนภิกษุรูปหนึ่งที่ต้องการสึกเพราะมีหญิงงามมาอ้อนวอนให้สึกเพื่อมาแต่งงานกับนาง พระพุทธเจ้าทรงยกเอานิทานมาเล่าสอนภิกษุว่า เมื่อครั้งพระโพธิสัตว์ได้จุติมาเป็นพญาไก่รูปร่างสง่างาม และอีกฝั่งหนึ่งของป่าได้มีนางแมวป่าอาศัยอยู่ นางแมวป่าได้จับไก่ป่าที่หลงเข้ามาในเขตของตนจับมากินเป็นอาหารจนเกือบหมด พญาไก่ป่าจึงประกาศห้ามไก่ป่าทั้งหมดออกนอกพื้นที่ นางแมวป่าจึงได้ใช้เวทมนต์แปลงกายมาเป็นไก่สาวหลอกล่อไก่ป่าเพื่อจับกินเป็นอาหาร นางแมวป่าจึงพยายาม

จับพญาไก่ แต่พญาไก่บินหลอกล่อนางแมวป่า จนนางหมดแรง พญาไก่จึงตัดสินใจจิกเข้าไปที่หน้าของนางแมวป่า นางจึงตกลงมาจากต้นไม้ได้รับบาดเจ็บแล้วหนีเข้าป่าไปแล้วไม่กลับมาอีกเลย

1.1.2 การออกแบบตัวละครและฉาก ผู้วิจัยได้ออกแบบตามหลักการออกแบบตัวละครจากเนื้อเรื่อง โดยมีตัวละครดังนี้ พระพุทธเจ้า ภิกษุหนุ่ม พญาไก่ป่า และนางแมวป่า และมีฉากประกอบตามเนื้อเรื่องได้แก่ ฉากในป่า ฉากสถานที่ต่อสู้ระหว่างนางแมวป่ากับพญาไก่ป่า ฉากต้นสาละที่ประทับของพระพุทธเจ้า เป็นต้น แสดงภาพตัวอย่างการออกแบบตัวละคร ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การออกแบบตัวละครหลักของเรื่อง

1.1.3 ดำเนินการเขียนบทดำเนินเรื่อง (Storyboard) ผู้วิจัยได้เขียนบทดำเนินเรื่องตามเนื้อเรื่องที่สร้างขึ้น เพื่อใช้ทำแอนิเมชันในขั้นตอนต่อไป ยกตัวอย่างบทดำเนินเรื่องบางตอนมาแสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ตัวอย่างการเขียนบทดำเนินเรื่องของนิทานแอนิเมชัน เรื่องพญาไก่ป่า

1.2 ขั้นตอนการผลิต (Production) เป็นขั้นตอนการเริ่มลงมือทำงานแอนิเมชันจากบทดำเนินเรื่อง (Storyboard) ที่เตรียมไว้ โดยเริ่มจากการวางเลยเอาท์ (Layout) และทำการแอนิเมติก เพื่อกำหนดการเคลื่อนไหวของตัวละครและฉากประกอบประกอบต่าง ๆ โดยใช้โปรแกรม Adobe Flash Professional โปรแกรม Adobe After Effect เข้ามาช่วยในการสร้างแอนิเมชันแล้วจึงนำไปใส่เสียงสนทนา เสียงบรรยายและเสียงดนตรี และเสียงประกอบอื่น ๆ และทำการแก้ไขส่วนการเคลื่อนไหวและเสียงให้สมบูรณ์

1.3 ขั้นตอนหลังการผลิต (Post-Production) หลังจากได้ทำการแอนิเมชันเสร็จแล้วจึงนำมาตัดต่อด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อเรียงลำดับภาพตามบทดำเนินเรื่อง (Storyboard) และนำมาปรับแต่งเสียง นำมาใส่บทนำของเรื่อง และเครดิตของเรื่อง แล้วทำการจัดเก็บงานในรูปแบบไฟล์วีดีโอเพื่อนำเสนอให้กับกลุ่มตัวอย่าง

1.4 นำนิทานแอนิเมชันที่ผลิตเสร็จแล้วมาให้ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินคุณภาพของงาน เมื่อผ่านการประเมินแล้วผู้วิจัยจึงนำผลการประเมินมาปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

1.5 นำนิทานแอนิเมชันที่ปรับปรุงเรียบร้อยแล้วไปให้กลุ่มเป้าหมายรับชม หลังจากชมเสร็จแล้วจึงทำการประเมินจากแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

1.6 นำผลการประเมินคุณภาพและความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมาย มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติต่อไป

2. การประเมินผลคุณภาพของนิทานแอนิเมชัน เรื่องพญาไก่ป่า

ผู้วิจัยได้ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือ มีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) มี 5 ระดับ ให้เลือกตอบได้เพียงคำตอบเดียว เดียว สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ผล คือค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วแปลความหมาย โดยค่าเฉลี่ยมีเกณฑ์การแปลความหมายดังนี้ (3)

ระดับคะแนน 5	ค่าเฉลี่ย 4.50- 5.00	หมายถึง ระดับดีมากที่สุด
ระดับคะแนน4	ค่าเฉลี่ย 3.50- 4.59	หมายถึง ระดับดี
ระดับคะแนน 3	ค่าเฉลี่ย 2.50- 3.49	หมายถึง ระดับปานกลาง
ระดับคะแนน 2	ค่าเฉลี่ย 1.50- 2.49	หมายถึง ระดับน้อย
ระดับคะแนน 1	ค่าเฉลี่ย 1.00- 1.49	หมายถึง ระดับน้อยที่สุด

การประเมินนิทานแอนิเมชัน เรื่องพญาไก่ป่า แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

2.1 การประเมินคุณภาพนิทานแอนิเมชัน เรื่องพญาไก่ป่า โดยผู้เชี่ยวชาญจากอาจารย์ประจำหลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศและอาจารย์หลักสูตรวิทยาการคอมพิวเตอร์ จำนวน 5 ท่าน ซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถและสบการณ์ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์อย่างน้อย 5 ปี ทำการประเมินคุณภาพของนิทานแอนิเมชัน โดยผู้วิจัยได้กำหนดหัวข้อการประเมินออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1) คุณภาพ ด้านเนื้อหาของนิทานแอนิเมชัน 2) คุณภาพด้านภาพและเสียง และ 3) คุณภาพด้านเทคนิค

2.2 ประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อนิทานแอนิเมชัน เรื่องพญาไก่ป่า ผู้วิจัยได้ใช้วิธีสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญหรือตามความสะดวก จากนักเรียนระดับประถมศึกษาช่วงต้น โรงเรียนเจ้าฟ้าสร้าง ต.บ้านแป้ง อ.บางปะอิน จ.พระนครศรีอยุธยา จำนวน 40 คน โดยผู้วิจัยได้กำหนดหัวข้อการประเมินความพึงพอใจ ออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ 1) คุณภาพด้านเนื้อหาของนิทานแอนิเมชัน 2) คุณภาพด้านภาพและเสียง และ 3) คุณภาพด้านการนำเสนอ 4) คุณภาพด้านการนำไปใช้ประโยชน์

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลจากการวิจัยครั้งนี้พบว่านิทานแอนิเมชัน เรื่องพญาไก่ป่า บรรลุวัตถุประสงค์ดังนี้ คือ

1. นิทานแอนิเมชัน เรื่องพญาไก่ป่า สรุปผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน แยกประเมินคุณภาพเป็น 3 ด้าน คือ คุณภาพด้านเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยเป็น 4.77 ระดับคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก คุณภาพด้านภาพและเสียง มีค่าเฉลี่ยเป็น 4.49 ระดับคุณภาพอยู่ในระดับดี และคุณภาพด้านเทคนิค มีค่าเฉลี่ยเป็น 4.24 ระดับคุณภาพอยู่ในระดับดี โดยภาพรวมคุณภาพทั้ง 3 ด้านมีค่าเฉลี่ยรวมเป็น 4.50 ซึ่งระดับคุณภาพอยู่ในระดับดี ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผู้วิจัยได้ใช้หลักการสร้างนิทานแอนิเมชัน ด้วยโปรแกรม

คอมพิวเตอร์ประเภท 2 มิติ ที่เหมาะสม นำมาสร้างภาพเคลื่อนไหวของนิทานแอนิเมชันให้ต่อเนื่องและสมจริงมากที่สุด การใส่สีให้มีความสวยงามน่าดูทั้งฉากและตัวละคร รวมไปถึงการใส่เสียงให้เหมาะสมกับฉาก เช่น ฉากการต่อสู้กันของตัวละคร ฉากฟังการเทศนา เป็นต้น ส่วนของการดำเนินเรื่องมีการเคลื่อนไหวของตัวละครลำดับเรื่องเหตุการณ์ก่อนหลัง ฉากมีความเสมือนจริงและการใส่เสียงพากย์และบรรยายที่เกิดขึ้นในการดำเนินเรื่อง มีการปรับมุมกล้องและการเคลื่อนไหวของตัวละครให้มีความสมจริง ในรูปแบบของการนำเสนอนิทานแอนิเมชัน เพื่อให้ผู้ชมเกิดจินตนาการตามเกิดความสนุกสนานและได้อรรถรสในการรับชม ทำให้ผู้รับชมได้ซึมซับเนื้อหาเพื่อนำไปปฏิบัติตนให้เกิดปัญญาและรู้เท่าทันต่อเหตุการณ์ต่าง ๆ ต่อไป ผลการประเมินคุณภาพนิทานแอนิเมชัน เรื่องพญาไก่ป่า โดยผู้เชี่ยวชาญ แสดงผลตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการประเมินคุณภาพนิทานแอนิเมชัน เรื่องพญาไก่ป่า โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมินคุณภาพ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. คุณภาพด้านเนื้อหา	4.77	0.36	ดีมาก
2. คุณภาพด้านภาพและเสียง	4.49	0.48	ดี
3. คุณภาพด้านเทคนิค	4.24	0.50	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.50**	**0.45**	**ดี**

2. การประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อนิทานแอนิเมชัน เรื่องพญาไก่ป่า ที่ประเมินจากนักเรียนระดับประถมศึกษาช่วงต้น โรงเรียนเจ้าฟ้าสร้าง ต.บ้านแป้ง อ.บางปะอิน จ.พระนครศรีอยุธยา จำนวน 40 คน แยกประเมินคุณภาพเป็น 4 ด้าน คือ คุณภาพด้านเนื้อหาของเรื่อง มีค่าเฉลี่ยเป็น 4.53 ระดับคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก คุณภาพด้านภาพและเสียง มีค่าเฉลี่ยเป็น 4.56 ระดับคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก คุณภาพด้านการนำเสนอ มีค่าเฉลี่ยเป็น 4.51 ระดับคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก และคุณภาพด้านการนำไปใช้ประโยชน์ มีค่าเฉลี่ยเป็น 4.49 ระดับคุณภาพอยู่ในระดับดี ซึ่งรวมคุณภาพทั้ง 4 ด้านมีค่าเฉลี่ยรวมเป็น 4.52 ซึ่งระดับคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อนิทานแอนิเมชัน แสดงผลตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อนิทานแอนิเมชัน เรื่องพญาไก่ป่า

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. คุณภาพด้านเนื้อของนิทานแอนิเมชัน	4.53	0.67	ดีมาก
2. คุณภาพด้านภาพและเสียง	4.56	0.73	ดีมาก
3. คุณภาพด้านนำเสนอ	4.51	0.72	ดีมาก
4. คุณภาพด้านการนำไปใช้ประโยชน์	4.49	0.63	ดี
รวมค่าเฉลี่ย	**4.52**	**0.68**	**ดีมาก**

สรุป

ผลจากการวิจัยครั้งนี้พบว่านิทานแอนิเมชัน เรื่องพญาไก่ป่า บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ เพราะจากการประเมินคุณภาพของนิทานแอนิเมชัน โดยผู้เชี่ยวชาญ มีคุณภาพอยู่ในระดับดี และการประเมินผลความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเนื้อเรื่องและการนำเสนอในรูปแบบนิทานแอนิเมชันทำให้เข้าถึงกลุ่มตัวอย่างได้ง่าย ซึ่งสอดคล้องกับบทความวิจัยของ อิสระ ชอนบุรี เทียมจันทร์ พานิชย์ผลินไชย และสายฝน วิบูลรังสรรค์[7] ได้ศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรมนิทานส่งเสริมคุณธรรม จริยธรรม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า ชุดกิจกรรมนิทาน ส่งเสริมคุณธรรม จริยธรรม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มีค่าประสิทธิภาพรวมเท่ากับ 83.24/85.32 ค่าประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมจำนวน 4 ชุด มีค่าเท่ากับ 83.78/84.70, 82.79/84.70 , 84.06/86.80 และ 82.32/85.08 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด และผลการประเมินหนังสือนิทานเล่มเล็กของนักเรียนโดยภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนหลังใช้ชุดกิจกรรมนิทาน ส่งเสริมคุณธรรม จริยธรรม อยู่ในระดับมากที่สุด และสอดคล้องกับ สุกานดา โรมวิลาส[5] ได้ศึกษาการพัฒนานิทานแอนิเมชัน เรื่องความซื่อสัตย์ สำหรับเด็กปฐมวัย ผลการวิจัยพบว่านิทานแอนิเมชันเรื่องความซื่อสัตย์สำหรับเด็กปฐมวัย มีประสิทธิภาพ 85.13/86.27 ซึ่งเป็นไป ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และการเปรียบเทียบคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดจริยธรรม เรื่องความซื่อสัตย์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ และสอดคล้องกับ ศุภลักษณ์ วัฒนาเฉลิมยศ และฤทธิชัย อ่อนมิ่ง[4] ได้ศึกษาการพัฒนานิทานแอนิเมชันเพื่อเสริมการอ่านภาษาอังกฤษด้วยตนเองที่มีการให้ความหมายของคำศัพท์ 3 รูปแบบ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ผลการทดลองพบว่า นิทานแอนิเมชัน 3 รูปแบบ มีประสิทธิภาพดังนี้รูปแบบที่ให้ความหมายเป็นภาพมีประสิทธิภาพ 85.00/82.66 รูปแบบที่ให้ความหมายเป็นตัวอักษรมีประสิทธิภาพ 84.44/80.67 รูปแบบที่ให้ความหมายเป็นภาพและตัวอักษรมีประสิทธิภาพ 86.11/81.00 ความพึงพอใจในการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยนิทานแอนิเมชันที่มีการให้ความหมายของคำศัพท์เป็นภาพ เป็นตัวอักษร และเป็นทั้งภาพและตัวอักษร มีความพึงพอใจในการเรียนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

กิติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ขอขอบพระคุณ หลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการสร้างเครื่องมือวิจัย และขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญ ที่ประเมินคุณภาพของงานและให้ข้อเสนอแนะซึ่งทำให้งานวิจัยได้สำเร็จตามวัตถุประสงค์

เอกสารอ้างอิง

1. กระปุกไฮไลท์. นิทานชาดก นิทานสอนใจให้แง่คิดดี ๆ. [อินเตอร์เน็ต]. 2555 [เข้าถึงเมื่อ 10 ก.พ. 2562]. เข้าถึงได้จาก: https://hilight.kapook.com/view/79298.
2. ดิเรก ธีระภูธร. การออกแบบมัลติมิเดีย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. [อินเตอร์เน็ต]. 2555 [เข้าถึงเมื่อ 12 ก.พ. 2562]. เข้าถึงได้จาก: http://www.ict.up.ac.th/itichai/cidtec/assets/uploaded/documents/dbd6bf2e5bece44c1be7b023268f7294.pdf.
3. ประคอง กรรณสูต. สถิติเพื่อการวิจัยคำนวณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2542.

4. ศุภลักษณ์ วัฒนาเฉลิมยศ และฤทธิชัย อ่อนมิ่ง. การพัฒนานิทานแอนิเมชันเพื่อเสริมการอ่านภาษาอังกฤษด้วยที่มีการให้ความหมายของคำศัพท์ 3 รูปแบบ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. วารสารจันทรเกษมสาร 2554; 17(32) : 98-107.
5. สุกานดา โรมวิลาส. การพัฒนานิทานแอนิเมชัน เรื่องความซื่อสัตย์ สำหรับเด็กปฐมวัย. วารสารวิชาการศรีปทุม ชลบุรี 2558; 11(4) : 164-172.
6. สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ พ.ศ. 2561. มาตรฐานการศึกษาของชาติ พ.ศ. 2561.2561.
7. อิสระ ชอนบุรี เทียมจันทร์ พานิชย์ผลินไชย และสายฝน วิบูลรังสรรค์. การพัฒนาชุดกิจกรรมนิทานส่งเสริมคุณธรรมจริยธรรม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร 2553; 12(3): 97-112.

[IT-P04] การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่อง การใช้งานโปรแกรม Paint เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดสะแก (สุทธิธรรมมาประชาสงเคราะห์)

The Development of Multimedia Computer Assisted Instruction on Using the Basic Paint Program for Prathomsuksa 2 Students of Wat Sakae School (Suthithammaprachasongkhro), Phra Nakhon Si Ayutthaya Province

ชลิตา ชัยมงคล*, เกรียงไกร ชัยภูธร, และ ชัยยศ เดชสุระ
Chalita Chaimongkhol*, Kriangkrai Chaiphutorn, and Chaiyos *Dejsura*
หลักสูตรครุศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: 15815225@aru.ac.th*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่อง การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่อง การใช้งานโปรแกรม Paint เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดสะแก (สุทธิธรรมมาประชาสงเคราะห์) 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้น 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้น กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดสะแก (สุทธิธรรมมาประชาสงเคราะห์) จังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีนักเรียนจำนวน 20 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้น แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบ และแบบประเมินความพึงพอใจ ผลการวิจัยพบว่า 1) การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้น มีคุณภาพอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.49, S.D. = 0.19) 2) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.78 S.D. = 0.16) ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้อย่างเหมาะสม

คำสำคัญ: *บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย, โปรแกรม Paint, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน*

Abstract

The objectives of this study were to 1) develop multimedia computer assisted instruction on using the basic paint program for Prathomsuksa 2 students of Wat Sakae School (Suthithammaprachasongkhro) 2) compare the learning achievement of students that learning from the multimedia computer assisted instruction and 3) study the satisfaction of student toward the multimedia computer assisted instruction. The target group was 20 students in Prathomsuksa 2 of Wat Sakae School (Suthithammapracha songkhro), Phranakhon Si Ayutthaya Province. The research tools were the multimedia computer assisted instruction, learning plan, learning achievement test and satisfaction questionnaires. The results of the study were as follows: 1) the multimedia computer assisted instruction had a high level of quality ($\bar{x}$ = 4.49, S.D. = 0.19) 2) learning achievement of students posttest was higher than before learning at the statistical significance level of .05 and 3) students were satisfied with the multimedia computer assisted instruction at the highest level

($\bar{x}$ = 4.78 S.D. = 0.16). Therefore, the developed multimedia computer assisted instruction can be used in teaching and learning appropriately.

Keywords: *multimedia computer assisted instruction, Paint, learning achievement*

บทนำ

ปัจจุบันการพัฒนาเทคโนโลยีเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและต่อเนื่องโดยเฉพาะเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีนวัตกรรมทางการศึกษาที่มีการเปลี่ยนแปลงไป แต่วิธีการและกระบวนการในการจัดการเรียนการสอนยังเป็นรูปแบบเดิม[1] การจัดการเรียนการสอนส่วนมากเกิดจากนักเรียนขาดแรงจูงใจที่ดีในการเรียนอันเป็นผลมาจากครูไม่เปลี่ยนพฤติกรรมการสอนไม่ใช้เทคโนโลยีช่วยสอนทำให้เด็กเบื่อหน่ายเรียนแบบจำเจ ไม่มีสิ่งกระตุ้นดังนั้นการนำเทคโนโลยีทางการสอน เช่น บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน บทเรียนออนไลน์ มาช่วยในการจัดการเรียนการสอนจะทำให้การเรียนมีความหมายมากยิ่งขึ้น ส่งเสริมพัฒนาการของนักเรียนได้เป็นอย่างดี ส่งผลดีต่อครูผู้สอนสามารถทำการสอนได้อย่างรัดกุมคงที่ คือสื่อนั้นไม่ว่าจะนำมาใช้กับนักเรียนกลุ่มใดก็ให้ความรู้ได้ครบถ้วนเหมือนเดิมสามารถจัดการศึกษาได้เป็นอย่างดี สามารถตรวจงานได้ทุกที่ทุกเวลาสะดวกและประหยัดค่าใช้จ่ายเป็นอย่างมาก[2] ผู้สอนควรมีการพัฒนาสื่อรูปแบบใหม่ที่ทันสมัยมากยิ่งขึ้น

ณัฐกร สงคราม[3] ได้กล่าวว่า คอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย หมายถึง การใช้คอมพิวเตอร์ผสมผสานรูปแบบการนำเสนอเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่หลากหลายในรูปแบบข้อความ ภาพ เสียง หรือแม้กระทั่งความสามารถในการโต้ตอบกับสื่อโดยมีเป้าหมายเพื่อส่งเสริมสนับสนุนให้เกิดกระบวนการการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพของผู้เรียนและผู้สื่อประกอบการบรรยายของผู้สอนในชั้นเรียนและสื่อสำหรับผู้เรียนนำไปใช้เพื่อการเรียนรู้เพื่อตนเอง เนื่องจากเป็นสื่อที่สามารถสร้างแรงจูงใจและกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้และเข้าใจเนื้อหาได้ดีนอกจากนี้การใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนยังประหยัดกำลังคน เวลา และงบประมาณ โดยลดความจำเป็นในการใช้ผู้สอน และเมื่อนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนรูปแบบมัลติมีเดียนี้ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนผ่านเว็บทำให้สื่อสามารถเข้าถึงผู้เรียนได้ในวงกว้างมากขึ้น[4]

จากการสังเกตของผู้วิจัยในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ผ่านมา พบว่า นักเรียนที่เรียนในรายวิชาคอมพิวเตอร์ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดสะแก (สุทธิธรรมมาประชาสงเคราะห์) ไม่สามารถเรียนรู้ในเนื้อหาสาระได้อย่างเท่าเทียมกัน เนื่องจากจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์มีไม่เพียงพอกับจำนวนนักเรียน อีกทั้งนักเรียนจะต้องเข้าร่วมกิจกรรมของโรงเรียนบ่อยครั้งทำให้ขาดเรียนในรายวิชา จากปัญหาดังที่ได้กล่าวมา ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในรูปแบบของมัลติมีเดีย เพื่อนักเรียนสามารถใช้ทบทวนเนื้อหาได้ด้วยตนเองผ่านสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ที่ทันสมัยและน่าสนใจ ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียเรื่องการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่อง การใช้งานโปรแกรม Paint เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดสะแก (สุทธิธรรมมาประชาสงเคราะห์) จึงเห็นสมควรให้มีการสร้างสื่อการสอนเพราะสื่อการเรียนการสอนนั้นมีความสำคัญต่อการจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน ทำหน้าที่ถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึก ช่วยเพิ่มพูนประสบการณ์สร้างสถานการณ์ด้านการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน กระตุ้นให้เกิดการพัฒนาศักยภาพทางการคิดนอกจากนั้นสื่อการเรียนรู้ในยุคปัจจุบันยังมีอิทธิพลสูงต่อการ

วัตถุประสงค์

1) เพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่อง การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่อง การใช้งานโปรแกรม Paint เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดสะแก (สุทธิธรรมมาประชาสงเคราะห์)

2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้น

3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยในครั้งนี้มีขั้นตอนการทำวิจัย ดังต่อไปนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดสะแก (สุทธิธรรมมาประชาสงเคราะห์) จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียนจำนวน 20 คน

2. ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น ได้แก่ การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่อง การใช้งานโปรแกรม Paint เบื้องต้น

ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียและความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอบแบบมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้น

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ออกแผนการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับนโยบายของโรงเรียนวัดสะแก (สุทธิธรรมมาประชาสงเคราะห์) ของกลุ่มสาระการงานอาชีพและเทคโนโลยี (คอมพิวเตอร์) แผนการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง มาฝึกใช้งานโปรแกรม Paint กันเถอะ เวลาเรียน 2 ชั่วโมง

3.1.2 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การใช้งานโปรแกรม Paint เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดสะแก (สุทธิธรรมมาประชาสงเคราะห์) พัฒนาโดยใช้โปรแกรม Adobe Flash ดังภพที่ 1 ถึง 10



ภาพที่ 1 หน้าแรกของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน



5

ภาพที่ 2 หน้ากรอกข้อมูล



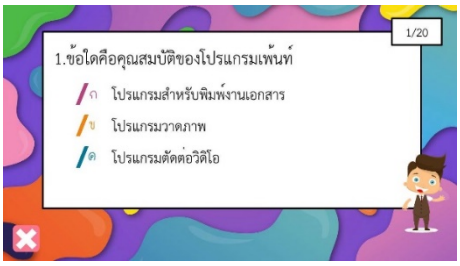
ภาพที่ 3 หน้ายินดีต้อนรับ



ภาพที่ 4 วัตถุประสงค์



ภาพที่ 5 คำชี้แจงแบบทดสอบก่อนเรียน



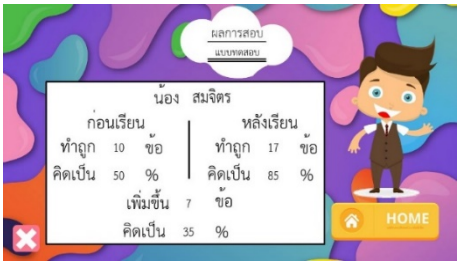
ภาพที่ 6 หน้าแบบทดสอบก่อนเรียน



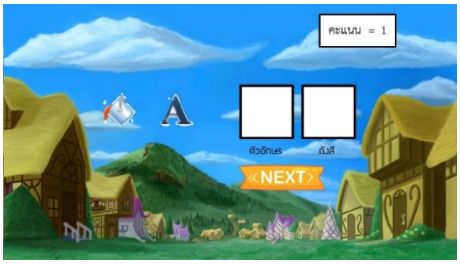
ภาพที่ 7 หน้าผลคะแนนแบบทดสอบก่อนเรียน



ภาพที่ 8 หน้าเนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน



ภาพที่ 9 หน้าผลคะแนนแบบทดสอบก่อน-หลังเรียน



ภาพที่ 10 เกมจับคู่เครื่องมือ Paint

3.1.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง การใช้งานโปรแกรม Paint เบื้องต้น ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตรงตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 3 ตัวเลือกจำนวน 20 ข้อ

3.1.4 แบบสอบถามวัดความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้นเป็นชนิดมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด จำนวน 10 ข้อ

3.2 การวิเคราะห์ โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.2.1 ตรวจสอบคุณภาพสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การพัฒนาสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่อง การใช้งานโปรแกรม Paint เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดสะแก (สุทธิธรรมมาประชาสงเคราะห์) โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประเมินคุณภาพ และให้ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงให้สื่อมีคุณภาพมากขึ้น

3.2.2 ตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้แบบประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ (IOC) ซึ่งจะทดสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา พบว่า ข้อคำถามทุกข้อมีค่า IOC มากกว่า 0.5 ขึ้นไป

3.2.3 ตรวจสอบแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย โดยให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความสอดคล้องของข้อคำถามที่ใช้ในแบบสอบถาม พบว่า ข้อคำถามทุกข้อมีค่า IOC มากกว่า 0.5 ขึ้นไป

3.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ข้อมูลเชิงปริมาณคือแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่องการใช้งานโปรแกรม Paint เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดสะแก (สุทธิธรรมมาประชาสงเคราะห์) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติคือ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและ t-test เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินผลจากแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่องการใช้งานโปรแกรม Paint เบื้องต้น แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับคือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด โดยมีเกณฑ์เฉลี่ยดังนี้[5]

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 มีความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 มีความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก
ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 มีความคิดเห็นอยู่ในระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 มีความคิดเห็นอยู่ในระดับน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 มีความคิดเห็นอยู่ในระดับน้อยที่สุด

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยมีขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย ดังนี้

3.3.1 ผู้วิจัยใช้แบบทดสอบก่อนเรียน เรื่อง การใช้งานโปรแกรม Paint เบื้องต้น ที่พัฒนาขึ้นทดสอบนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2

3.3.2 ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มที่ใช้ในการวิจัย

3.3.3 ผู้วิจัยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่อง การใช้งานโปรแกรม Paint เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดสะแก (สุทธิธรรมมาประชาสงเคราะห์) เพื่อทดสอบหลังเรียน และใช้แบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อสื่อการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่อง การใช้งานโปรแกรม Paint เบื้องต้น แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยโดยจัดลำดับตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

1. ผลการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่อง การใช้งานโปรแกรม Paint เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดสะแก (สุทธิธรรมมาประชาสงเคราะห์) แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ	4.53	0.64	มากที่สุด
ด้านภาพ เสียง และตัวอักษร	4.60	0.50	มากที่สุด
ด้านการปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียน	4.33	0.72	มาก
ภาพรวมการประเมิน	**4.49**	**0.63**	**มาก**

จากตารางที่ 1 เมื่อพิจารณาผลการประเมินคุณภาพการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย ที่พัฒนาขึ้นในภาพรวม พบว่า ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน มีความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.49, S.D. = 0.19) เมื่อพิจารณารายด้านของคำถาม พบว่าผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุดที่ ได้แก่ ด้านภาพ เสียง และตัวอักษร ($\bar{x}$ = 4.60., S.D. =0.50) รองลงมา คือ ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ ($\bar{x}$ = 4.53 = , S.D. = 0.12) และต่ำสุด คือ ด้านการปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียน ($\bar{x}$ = 4.33, S.D. = 0.46)

2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้นดัง ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

คะแนน	n	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	S.D.	t	p
ก่อนเรียน	20	20	10	2.85	16.27*	0.00
หลังเรียน	20	20	19	5.41		

*p < .05 t(.05, df 18) t = 1.73

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนกับหลังเรียน โดยใช้การทดสอบ Paired-Sample t-test พบว่า ผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย ที่พัฒนาขึ้นมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความพึงพอใจ

รายการประเมิน		**$\bar{x}$**	**S.D.**	**แปลผล**
1.	เนื้อหาด้านสื่อมัลติมีเดียเหมาะสมเข้าใจง่าย	4.75	0.44	มากที่สุด
2.	เนื้อหามีความละเอียดชัดเจน	4.60	0.50	มากที่สุด
3.	เนื้อหามีคำอธิบายในบทเรียนชัดเจน	4.75	0.44	มากที่สุด
4.	ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว และวีดีทัศน์ ชัดเจน สอดคล้องกับเนื้อหา	4.90	0.31	มากที่สุด
5.	ขนาดตัวอักษร สีตัวอักษร อ่านง่าย และสีพื้นมีความเหมาะสม	4.70	0.47	มากที่สุด
6.	เสียงบรรยาย และเสียงประกอบ มีความเหมาะสม	4.80	0.41	มากที่สุด
7.	การใช้รูปภาพมีความเหมาะสมน่าสนใจ	4.85	0.37	มากที่สุด
8.	สื่อมีสีสันสดใจเหมาะสมกับบทเรียนที่นำเสนอ	4.80	0.41	มากที่สุด
9.	ภาพที่ใช้ประกอบมีความเหมาะสมเข้าใจง่าย	4.90	0.31	มากที่สุด
	ภาพรวมการประเมิน	**4.78**	**0.17**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 3 เมื่อพิจารณาผลความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้นในภาพรวมพบว่า นักเรียนทั้ง 20 คน มีความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.78 S.D. = 0.16) เมื่อพิจารณารายข้อคำถามพบว่านักเรียนมีความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด คือข้อ 4 ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว และวีดีทัศน์ ชัดเจน สอดคล้องกับเนื้อหา ($\bar{x}$= 4.90, S.D. = 0.30) และข้อที่ 9 ภาพที่ใช้ประกอบมีความเหมาะสมเข้าใจง่าย ($\bar{x}$= 4.90, S.D. =0.30) รองลงมา คือ ข้อที่ 7 คือ การใช้รูปภาพมีความเหมาะสมน่าสนใจ ($\bar{x}$= 4.80, S.D. =0.41) และต่ำสุด คือ ข้อที่ 2 เนื้อหามีความละเอียดชัดเจน ($\bar{x}$= 4.60, S.D. =0.30)

สรุป

1. การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่อง การใช้งานโปรแกรม Paint เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดสะแก (สุทธิธรรมมาประชาสงเคราะห์) ที่ผ่านการพัฒนาอย่างเป็นระบบนั้น ได้ผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ และมีการทดลองหาข้อบกพร่องของการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เพื่อปรับปรุงแก้ไขจนได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียที่มีประสิทธิภาพและคุณภาพในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจาก บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เป็นเทคโนโลยีทางการศึกษารูปแบบหนึ่งที่ถูกนำมาใช้งาน โดยมีปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียนได้เป็นการสร้างบทเรียนให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง จะช่วยให้ผู้เรียนได้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ดีขึ้น

นักเรียนสามารถเรียนได้โดยตามลำพัง ไม่จำกัดเวลาและสถานที่และจำนวนครั้ง เน้นการเรียนเป็นรายบุคคลและความสนใจของผู้เรียนเป็นรายบุคคลเป็นรูปแบบการเรียนแบบใหม่ที่กระตุ้นให้ผู้เรียนกระตือรือร้น สามารถนำ ไปใช้ร่วมกับกระบวนการสอนตามปกติได้[6] สอดคล้องกับงานวิจัยการศึกษาของณัฏฐพล คุปต์ธนโรจน์[7] ได้ศึกษาการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนคำศัพท์ภาษาอังกฤษตามแนวเรื่องโดยใช้กลวิธีการเดาความหมายคำ ศัพท์จากบริบท สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศิลปากร จังหวัดนครปฐม พบว่านักเรียนมีความคิดเห็นอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x}$ = 4.71,SD = 0.39)

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่อง การใช้งานโปรแกรม Paint เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดสะแก (สุทธิธรรมมาประชาสงเคราะห์) หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้เนื่องจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีประสิทธิภาพตรงตามเกณฑ์มาตรฐานมีเนื้อหาที่ครบถ้วนมีการเรียงอย่างเป็นขั้นตอน มีสื่อวีดีทัศน์ เสียง และกราฟิก ที่น่าสนใจและมีการโต้ตอบ นักเรียนสามารถดูทบทวนย้อนกลับได้ นอกจากนี้มีการฝึกทำข้อสอบระหว่างเรียนทำให้นักศึกษาสามารถรู้ผลการเรียนของตนเองและสามารถย้อนกลับไปทบทวนในสิ่งที่เข้าใจไม่ถูกต้องทำให้หลังการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่อง การใช้งานโปรแกรม Paint เบื้องต้น นักเรียนสามารถทำคะแนนสอบได้สูงกว่าก่อนสอบ สอดคล้องกับการศึกษาของเอกภูมิ ชูนิตย์[8] ได้ศึกษาการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องทวีปเอเชีย สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 2 พบว่าผลการเรียนรู้เรื่องทวีปเอเชียหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียเรื่อง เรื่อง การใช้งานโปรแกรม Paint เบื้องต้น สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดสะแก (สุทธิธรรมมาประชาสงเคราะห์) โดยภาพรวมในระดับมาก ทั้งนี้เนื่องจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียเรื่อง เรื่อง การใช้งานโปรแกรม Paint เบื้องต้น มีรูปแบบการนำเสนอที่น่าสนใจ มีการนำเสนอด้วยวีดีทัศน์การใช้งานโปรแกรม paint เบื้องต้น ซึ่งดึงดูดความสนใจ ทำให้นักเรียนเกิดความสนใจที่จะศึกษาและทำความเข้าใจเนื้อหาได้ดีนอกจากนั้นก่อนเข้าสู่บทเรียนบอกวัตถุประสงค์และผลการเรียนรู้ มีการฝึกทำข้อสอบก่อนเรียนและบอกคะแนนเพื่อประเมินความรู้ก่อนที่เริ่มเรียนบทเรียนและมีการบอกผลเป็นเสียง เป็นการกระตุ้นความสนใจนักศึกษาสามารถย้อนกลับไปทบทวนได้ จนกว่านักศึกษาจะเข้าใจ สอดคล้องกับการศึกษาของณัฏฐพล คุปต์ธนโรจน์[7] ได้ศึกษาการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนคำศัพท์ภาษาอังกฤษตามแนวเรื่องโดยใช้กลวิธีการเดาความหมายคำ ศัพท์จากบริบท สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศิลปากร จังหวัดนครปฐม พบว่านักเรียนมีความคิดเห็นอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x}$ =4.71,SD=0.39)

อ้างอิง

1. บุญชม ศรีสะอาด. (2560). **การวิจัยเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์น, บจก.
2. ตองเตย คลังเพ็ชร์และคณะ. (2558). **ปัญหาทางการศึกษาของเด็กไทย**. เข้าถึงจาก http://goldenorangeblossom.wikispaces. Com.
3. ณัฐกร สงคราม. (2554). **การออกแบบและพัฒนามัลติมิเดียเพื่อการเรียนรู้**. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
4. Supansa Khruger. (2012). **The Self – Learning Multimedia on Data and Information forMatthayomsuksa 1 Students**. Rajamangala University of Technology Thanyaburi.
5. บุญชม ศรีสะอาด. (2553). **การวิจัยเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์น.
6. สราญ ปริสุทธิกุล.(2554). **สร้างสื่อมัลติมีเดีย และ CAI ด้วย Authorware 7**. กรุงเทพมหานคร: ซิมพลิฟาย.

7. ณัฏฐพล คุปต์ธนโรจน์.(2554). **การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนคำศัพท์ภาษาอังกฤษตามแนวเรื่องโดยใช้กลวิธีการเดาความหมายคำศัพท์จากบริบท สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศิลปากร จังหวัดนครปฐม.** วิทยานิพนธ์ ปริญญาศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต (หลักสูตรและวิธีสอน). กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยศิลปากร
8. เอกภูมิ ชูนิตย์.(2553).**การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องทวีปเอเชีย สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 2.** วิทยานิพนธ์ ปริญญาศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต (หลักสูตรและวิธีสอน). กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยศิลปากร

[IT-P05] การพัฒนาแอพพลิเคชันบนมือถือสำหรับการอ่านออกเสียงภาษาอังกฤษบนระบบแอนดรอยด์

Development of Mobile Applications for English Pronunciation on Android

จักรกฤษ จันทร[1,*], ณัฐริกา ดาวประสงค์[1], วัฒนา พวงจักร[1] และ น้ำฝน อัศวเมฆิน[2]

Jakkrit Janthon[1*], Natarika Daopasong[1], Wattana Phuangjak[1] and Namfon Assawamekin[2]

[1]หลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

[2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: pomluk.kun@gmail.com*

บทคัดย่อ

เนื่องด้วยภาษาอังกฤษมีบทบาทอย่างมากในชีวิตประจำวัน ไม่ว่าจะในด้านการศึกษา การทำงาน หรือตลอดจนการใช้ชีวิตในสังคม ล้วนแล้วแต่ต้องใช้ภาษาอังกฤษเป็นภาษากลางทั้งสิ้น การที่เราสามารถออกเสียงภาษาอังกฤษในการสนทนาได้อย่างถูกต้องนั้น จะทำให้คู่สนทนาเข้าใจในสิ่งที่เราต้องการสื่อสารมากยิ่งขึ้น ในปัจจุบัน ผู้คนอ่านหนังสือน้อยลง แต่ใช้เวลากับมือถือมากขึ้น เพราะในยุคนี้เทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก แอพพลิเคชันฝึกการอ่านออกเสียงภาษาอังกฤษบนมือถือ จึงจัดทำขึ้นเพื่อให้ผู้ที่สนใจในภาษาอังกฤษได้ฝึกออกเสียงภาษาอังกฤษอย่างถูกต้อง แอพพลิเคชันนี้แบ่งเป็น 5 บทเรียน มีตัวอย่างคำให้ฝึกออกเสียง มีคลิปแนะนำการออกเสียงที่ถูกวิธี และทุกบทเรียนจะมีการทดสอบท้ายบทเพื่อวัดว่าผู้ใช้งานมีความเข้าใจในแต่ละบทเรียนมากน้อยเพียงใด ผู้วิจัยใช้โปรแกรม Adobe Captivate 9 และ Adobe Photoshop CC 2017 ในการพัฒนาแอพพลิเคชัน และให้ผู้ใช้งาน 30 คน ทดลองใช้งานแอพพลิเคชัน ผลการทดสอบพบว่าผู้ใช้งานส่วนใหญ่มีความพึงพอใจในการใช้งานระบบแอพพลิเคชันฝึกการออกเสียงภาษาอังกฤษอยู่ในระดับดีมาก

***คำสำคัญ**: การอ่านออกเสียงภาษาอังกฤษ, แอพพลิเคชัน, แอนดรอยด์*

Abstract

English plays a huge role in everyday life, either in education or at work as well as for living in society, all have to use English as a global communication language. If we pronounce English in conversation correctly, we can make the conversation partner better understand what we want to communicate. At present, people read fewer books; but spend more time on mobile phones. This is due to, in this era, the technology that has played too much role in our daily lives. Therefore, the mobile application for English pronunciation practice was developed for those who are interested in practicing correct English pronunciation. This application is divided into 5 lessons, each with a set of example practicing words. There are clips to guide the correct pronunciation and a test at the end of each lesson to measure how much users understand. We developed the application by using Adobe Captivate 9 and Adobe Photoshop CC 2017. The application was tested by 30 users and the results show that most users are satisfied with the mobile application for English pronunciation practice at a very high level.

***Keywords**: English pronunciation, application, Android*

บทนำ

ภาษาอังกฤษเป็นภาษากลางที่ใช้สื่อสารกันทั่วโลกความสามารถในการใช้ภาษาอังกฤษของประเทศไทยพบว่า อยู่ใน

ลำดับที่ 5 จาก 10 ประเทศอาเซียน อันดับที่ 42 จาก 44 ประเทศทั่วโลกของ English Proficiency Index และอันดับที่ 53 จาก 54 ประเทศทั่วโลกของ Education First แนวทางการพัฒนาทักษะการพูดภาษาอังกฤษนั้น เริ่มต้นจากทฤษฎีการเรียนรู้ทางภาษาท แนะนำว่าอายุของผู้เรียนรู้ภาษาที่สองนั้นควรอยู่ในช่วงวัยเจริญพันธ์หรือช่วงวัยรุ่นเมือเลยช่วงนี้ไปแล้วผู้เรียนภาษาอาจี่ ไม่ สามารถพูดภาษาที่สองได้ตามสำเนียงของเจ้าภาษา และในปัจจุบันผู้คนขาดทักษะการสื่อสารภาษาอังกฤษ รวมถึงขาดความ มั่นใจในตนเอง อันเนื่องมาจากบุคลิกภาพส่วนตัว ความกลัวที่จะพูดสำเนียงไม่ดี ทำให้ไม่กล้าที่จะสื่อสารโดยใช้ภาษาอังกฤษ แต่หากผู้ใดสนใจในการเรียนรู้ภาษาอังกฤษก็ต้องไปหาที่ลงเรียนพิเศษตามสถาบันสอนภาษาอังกฤษต่างๆที่มีอยู่หลายแห่ง และ มีค่าใช้จ่ายสูงอยู่มาก จากสภาพปัจจุบันปัญหาหรือความต้องการด้านการจัดการเรียนรู้ทักษะการพูดภาษาอังกฤษแล้วนำ ข้อสรุปที่ได้ไปพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับพัฒนาทักษะการพูดภาษาอังกฤษที่สอดคล้องและเหมาะสมที่จะช่วยเป็นแนวทาง แก้ปัญหาและเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ได้ดี

เทคโนโลยีสารสนเทศที่นำมาใช้สำหรับการเรียนการสอนเป็นการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่หลายอย่าง สอนด้วยสื่ออุปกรณ์ที่ทันสมัย คอมพิวเตอร์ช่วยสอน เป็นการนำเอาเทคโนโลยี รวมกับการออกแบบโปรแกรมการสอน มาใช้ช่วยสอน ซึ่ง เรียกกันโดยทั่วไปว่าบทเรียน Computer - Assisted Instruction (CAI) การจัดโปรแกรมการสอน โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนใน ปัจจุบันมักอยู่ในรูปของสื่อประสม (Multimedia) ซึ่งหมายถึงนำเสนอได้ทั้งภาพ ข้อความ เสียง ภาพเคลื่อนไหวฯลฯ โปรแกรม ช่วยสอนนี้เหมาะกับการศึกษาด้วยตนเอง และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถโต้ตอบ กับบทเรียนได้ตลอด จนมีผลป้อนกลับ เพื่อให้ผู้เรียนรู้ บทเรียนได้อย่างถูกต้อง และเข้าใจในเนื้อหาวิชาของบทเรียนนั้นๆ

ดังนั้นผู้พัฒนาระบบจึงได้จัดทำแอพพลิเคชันฝึกการออกเสียงภาษาอังกฤษบนมือถือขึ้นเพื่อให้ผู้ที่สนใจและต้องการเรียนรู้การออกเสียงภาษาอังกฤษได้ศึกษาด้วยตนเองบนมือถือ ซึ่งเป็นการประหยัดเวลาและค่าคอร์สเรียนที่แสนแพงอีกด้วย ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า สื่อการเรียนรู้นี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจภาษาอังกฤษไม่มากก็น้อย

ขอบเขตของงาน

ส่วนของผู้ใช้งาน

1. ผู้ใช้งานสามารถสมัครสมาชิกเพื่อเข้าสู่ระบบได้
2. ผู้ใช้งานสามารถเลือกดูบทเรียนได้
3. ผู้ใช้งานสามารถเรียนรู้บทเรียนได้
4. ผู้ใช้งานสามารถฟังและดูคลิปการเรียนออกเสียงได้
5. ผู้ใช้งานสามารถทำแบบทดสอบท้ายบทเรียนได้
6. ผู้ใช้งานสามารถดูผลการทดสอบของตนเองได้

ส่วนของผู้ดูแล

1. ผู้ดูแลสามารถเลือกดูบทเรียนได้
2. ผู้ดูแลสามารถแก้ไขและอัพเดทบทเรียนได้
3. ผู้ดูแลสามารถแก้ไขและอัพเดทบททดสอบได้
4. ผู้ดูแลสามารถดูผลการทดสอบของผู้ใช้งานได้

เนื้อหาบทเรียน

1. Vowel Sounds การออกเสียงสระ
2. Consonant Sounds (Voiced) การออกเสียงพยัญชนะเสียงก้อง
3. Consonant Sounds (Voiceless) การออกเสียงพยัญชนะเสียงไม่ก้อง

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer Assisted Instruction) หมายถึง การนำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นเครื่องมือช่วยผู้สอนในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยแทนที่ผู้สอนจะสอนเนื้อหาด้วยตนเอง ผู้สอนก็จะบรรจุเนื้อหาไว้ในโปรแกรม ที่มีทั้งรูปแบบการสอน ความรู้ การทำแบบฝึกหัด การฝึกฝนโดยผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองและมีการปฏิสัมพันธ์ได้ตลอดเวลาระหว่างผู้เรียนกับเครื่องคอมพิวเตอร์ ในรูปแบบตัวหนังสือและกราฟิก มีการตั้งคำถาม รับคำตอบตรวจคำตอบ

ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เป็นระบบปฏิบัติการที่พัฒนามาจากการนำเอา แกนกลางของระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (Linux Kernel) ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการที่ออกแบบมาเพื่อทำงานเป็นเครื่องให้บริการ (Server) มาพัฒนาต่อ เพื่อให้กลายเป็นระบบปฏิบัติการบนอุปกรณ์พกพา (Mobile Operating System)

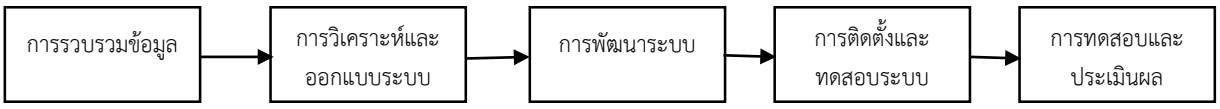
โปรแกรม Adobe Captivate เป็นโปรแกรมสร้างสื่อการสอนและการนำเสนอแบบมัลติมีเดียที่สามารถโต้ตอบกับผู้ใช้ งานได้อย่างดี มีจุดเด่นคือสามารถสร้างแบบจำลองการใช้ซอฟต์แวร์ซึ่งผู้เรียนสามารถทำตามในสื่อการสอนได้ทันที นอกจากนี้ยังสามารถสร้างแบบทดสอบ ให้คะแนนและประเมินผลได้ในตัวโดยสามารถสรุปผลที่ได้จากโปรแกรม

จิราภรณ์ พลางวัน[1] ได้นำเสนอ การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยระบบมัลติมิเดียเพื่อใช้สอนเสริมการใช้ภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทดลองกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังใช้บทเรียนสูงกว่าก่อนใช้บทเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และจากการประเมินความคิดเห็นของผู้เรียนปรากฏว่า ผู้เรียนมีความคิดเห็นระดับมากที่สุดเกี่ยวกับการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้น

วรางคณา ศิริสถิตย์[2] ได้นำเสนอ การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน การเรียนรู้คำศัพท์ภาษาอังกฤษ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่าโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกการเรียนที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพร้อยละ 80.89/88.55 และดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.76 แสดงว่ามีคะแนนเฉลี่ยลดลงจากเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยสามารถคงทนความรู้ได้ร้อยละ 83.56 นักเรียนที่เรียนด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนรู้ เห็นว่าโปรแกรมดังกล่าวกระตุ้นการเรียนของผู้เรียนเหมาะสมได้มาก

กรรณิกา พลบุตร[3] ได้นำเสนอ การพัฒนาชุดการเรียนการสอนประกอบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาภาษาอังกฤษ เรื่อง หลักไวยากรณ์ภาษาอังกฤษเบื้องต้น เพื่อพัฒนาชุดการเรียนการสอนวิชาภาษาอังกฤษระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตามาตรฐานการศึกษา ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนรู้ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 84 คน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นและมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .88 และแบบวัดเจตคติต่อการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นและมีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ .96 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

วิธีการดำเนินงานวิจัย



ภาพที่ 1 Waterfall Model

1.การรวบรวมข้อมูล

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษารวบรวมข้อมูลจากการศึกษาเอกสารประกอบการสอนวิชา HS 103 การออกเสียงภาษาอังกฤษ สาขาวิชาภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารธุรกิจ คณะมนุษย์ศาสตร์และประยุกต์ศิลป์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย[4] โดยสรุปเนื้อหาออกมาได้ 3 บทเรียน ได้แก่

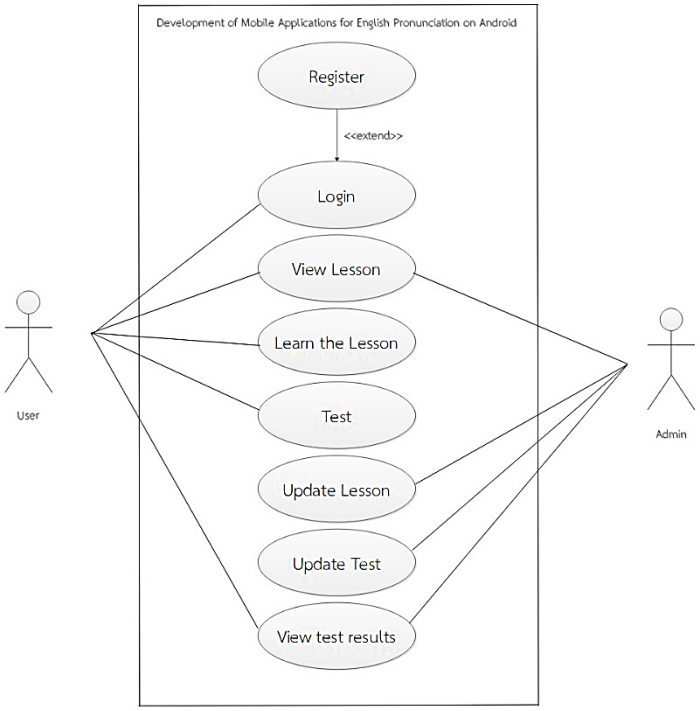
1.1 Vowel Sounds การออกเสียงสระ

1.2 Consonant Sounds (Voiced) การออกเสียงพยัญชนะเสียงก้อง

1.3 Consonant Sounds (Voiceless) การออกเสียงพยัญชนะเสียงไม่ก้อง

2.การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

การวิเคราะห์และออกแบบระบบได้ใช้วิธี Object Oriented Analysis and Design ซึ่งจะได้แผนภาพที่แสดงการทำงาน ของระบบผู้ใช้ (Use case Diagram) ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 Use Case Diagram การพัฒนาแอพพลิเคชันบนมือถือสำหรับการอ่านออกเสียงภาษาอังกฤษบนระบบแอนดรอยด์

3. การพัฒนาระบบ

ในการดำเนินการวิจัยผู้วิจัยได้ท้าการใช้เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบดังนี้

3.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ในการพัฒนาระบบ ประกอบด้วย

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ PC
2. มีหน่วยประมวลผล (CPU) Intel core i7
3. ฮาร์ดดิสก์ (Hard disk) ขนาดความจุ 500 กิกะไบต์
4. หน่วยความจำหลัก (RAM) ขนาด 16 กิกะไบต์

3.2 ซอฟต์แวร์ (Software) ที่ใช้ในการพัฒนาระบบประกอบด้วย

1. ระบบปฏิบัติการไมโครซอฟท์วินโดว์ 10 (Microsoft Windows 10)
2. โปรแกรม Adobe Captivate9

4. การติดตั้งและทดสอบระบบ

การสร้างและการพัฒนาแอพพลิเคชันบนมือถือสำหรับการอ่านออกเสียงภาษาอังกฤษบนระบบแอนดรอยด์ ผู้วิจัยเลือกการพัฒนาโดยใช้โปรแกรม Adobe Captivate9 และได้ใช้ BBC Learning[5] ในการทดสอบบทเรียนภาษาอังกฤษ ดังภาพที่ 3-8

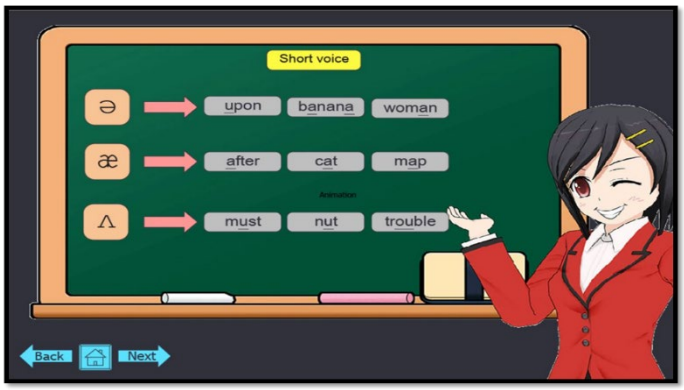


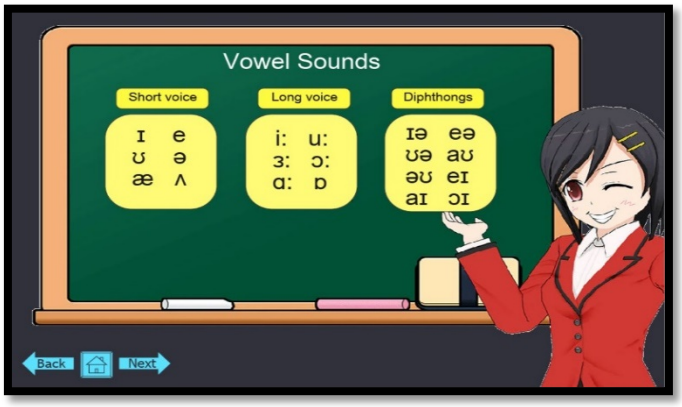
ภาพที่ 3 แสดงหน้า login



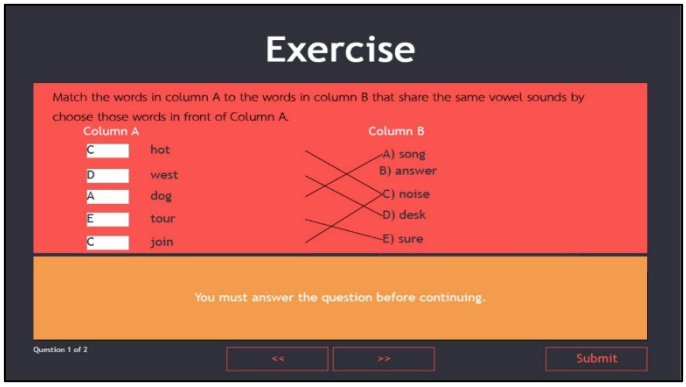
ภาพที่ 4 แสดงหน้าเลือกบทเรียน

ภาพที่ 5 แสดงเนื้อหาบทเรียน

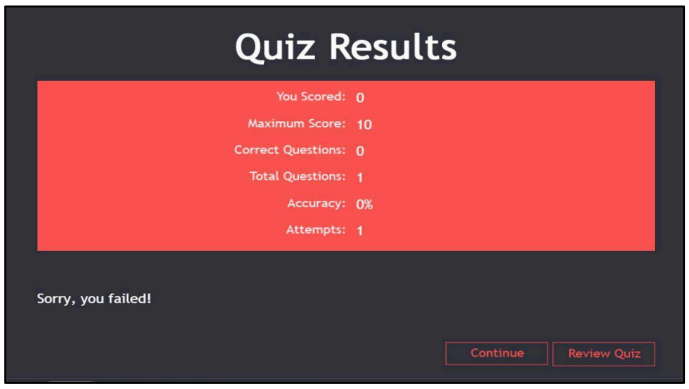




ภาพที่ 6 แสดงเนื้อหาบทเรียน



ภาพที่ 7 แสดงแบบฝึกหัด



ภาพที่ 8 แสดงหน้าผลคะแนน

ผลการวิจัย

ในการประเมินผู้วิจัยได้ใช้เกณฑ์ตามวิธีของไลเคอร์ท (Likert) ประกอบด้วย มาตรอันดับเชิงคุณภาพ 5 ระดับ ผู้วิจัยได้เชิญผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน และผู้ใช้งานจำนวน 30 ท่านทำการประเมินคุณภาพของแอพพลิเคชันด้านความสามารถของแอพพลิเคชันตรงตามความต้องการของผู้ใช้และด้านการทำงานได้ตรงตามฟังก์ชันการทำงานของแอพพลิเคชัน

ตารางที่ 1 แบบประเมินคุณภาพของแอพพลิเคชันด้านความสามารถของแอพพลิเคชันตรงตามความต้องการของผู้ใช้ (โดยผู้เชี่ยวชาญ)

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	การแปลผล
ปริมาณเนื้อหาในแต่ละหน้าในแต่ละบท	4.2	0.45	ดีมาก
ความถูกต้องของเนื้อหา	4.4	0.55	ดีมาก
ความสอดคล้องของแบบทดสอบกับเนื้อหา	4.6	0.55	ดีมาก
จำนวนข้อของแบบทดสอบ	4.4	0.55	ดีมาก
การใช้ภาพเคลื่อนไหวและเสียงประกอบ	4.8	0.45	ดีมาก
ความสะดวกในการใช้งาน	4.6	0.45	ดีมาก
รวม	4.5	0.50	ดีมาก

ตารางที่ 2 แบบประเมินคุณภาพของแอพพลิเคชันด้านความสามารถของแอพพลิเคชันตรงตามความต้องการของผู้ใช้ (โดยผู้ใช้งาน)

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	การแปลผล
ปริมาณเนื้อหาในแต่ละหน้าในแต่ละบท	4.2	0.57	ดีมาก
ความถูกต้องของเนื้อหา	4.3	0.45	ดีมาก
ความสอดคล้องของแบบทดสอบกับเนื้อหา	4.5	0.51	ดีมาก
จำนวนข้อของแบบทดสอบ	4.4	0.5	ดีมาก
การใช้ภาพเคลื่อนไหวและเสียงประกอบ	4.6	0.49	ดีมาก
ความสะดวกในการใช้งาน	4.8	0.38	ดีมาก
รวม	4.5	0.48	ดีมาก

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาแอพพลิเคชันบนมือถือสำหรับการอ่านออกเสียงภาษาอังกฤษบนระบบแอนดรอยด์ ผู้วิจัยได้เริ่มตั้งแต่การศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูลไปจนถึงการพัฒนาแอพพลิเคชัน เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งาน โดยได้มีการทดสอบการใช้งานโดยทีมผู้วิจัย บุคคลทั่วไป และบุคคลหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้ได้มีการประเมินคุณภาพของแอพพลิเคชันโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน โดยผลการประเมินด้านความสามารถของแอพพลิเคชันตรงตามความต้องการผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.5 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.50 การแปลผลอยู่ในระดับดีมาก การประเมินคุณภาพของแอพพลิเคชันโดยผู้ใช้งานจำนวน 30 ท่าน โดยผลการประเมินด้านความสามารถของแอพพลิเคชันตรงตามความต้องการผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.5 และ มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.48 การแปลผลอยู่ในระดับดีมาก แต่ควรปรับปรุงในเรื่องเนื้อหาบทเรียนที่ยังมีน้อยเกินไป หากมีการพัฒนาต่อไปในอนาคตควรเพิ่มเนื้อหาบทเรียน และแบบฝึกหัดให้มากกว่านี้

เอกสารอ้างอิง

1. กรรณิกา พลบุตร. (2549). การพัฒนาชุดการเรียนการสอนประกอบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาภาษาอังกฤษ เรื่อง ไวยากรณ์ภาษาอังกฤษเบื้องต้น : กรณีศึกษาโรงเรียนเทศบาล2. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.

2. จิราภรณ์ พลางวัน. (2541). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบมัลติมีเดียเพื่อใช้สอนเสริมการใช้ภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท มหาวิทยาลัยบูรพา.
3. วรางคณา ศิริสถิตย์. (2545). การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนรู้คำศัพท์ภาษาอังกฤษ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
4. อรรจมาภรณ์ วิทย์อุปสัย. (2557). เอกสารประกอบการสอนวิชา HS 103 การออกเสียงภาษาอังกฤษ สาขาวิชาภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารธุรกิจ คณะมนุษยศาสตร์และประยุกต์ศิลป์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.
5. Pronunciation Sounds and spelling (2011). [Online]. Available: bbclearningenglish.com [2011, 16 February].

[IT-P06] การพัฒนาระบบการจัดเรียงพาเลทขนาดมาตรฐานในตู้สินค้าโดยใช้ Heuristics Algorithm แบบ First-Fit Decreasing Algorithm

Development of a Standardized Pallet Sorting System in the Container Using the Heuristics Algorithm in Terms of First-Fit Decreasing Algorithm

ดวงกมล บุญส่ง, สุธีรา พึ่งสวัสดิ์*, ณัฐพร นันทจิระพงศ์ และกัญญารัตน์ ศุภฤกษ์
Duangkamon Boonsong, Suteera Puengsawad*, Nathaporn Nanthajirapong and Kanyarat Suparouk
สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล:* aj.tarns@gmail.com

บทคัดย่อ

การพัฒนาระบบการจัดเรียงพาเลทขนาดมาตรฐานในตู้สินค้าโดยใช้ Heuristics Algorithm แบบ First-Fit Decreasing Algorithm เป็นระบบที่จัดทำขึ้นเพื่อจัดการข้อมูลและจัดเรียงพาเลทใน ตู้สินค้า มีการจัดการข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดเรียงพาเลทในตู้สินค้า อาทิ ข้อมูลผู้ใช้งาน ข้อมูลลูกค้า ข้อมูลพาเลท ข้อมูลการจัดเรียงพาเลท เป็นต้น ซึ่งทำให้การจัดเรียงพาเลทเข้าตู้สินค้ามีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมีกระบวนการจัดเก็บข้อมูล ตรวจสอบข้อมูล ค้นหาข้อมูล และ กระบวนการจัดเรียงพาเลทที่นำวิธีวิทยาการศึกษาสำนึก (Heuristic Algorithm) แบบ First-Fit Decreasing Algorithm มาประยุกต์ใช้โดย เมื่อเสร็จสิ้นได้ทำการเปรียบเทียบการจัดเรียงพาเลทด้วยวิธี First In Last Out ในขนาดตู้ขนาด 40 ฟุต พบว่า วิธีการจัดเรียงแบบ First-Fit Decreasing Algorithm สามารถบรรจุพาเลทได้มากกว่าวิธีการจัดเรียงพาเลทด้วยวิธี First In Last Out ทั้งนี้สามารถนำระบบไปพัฒนาเพิ่มเติม ให้เหมาะสมกับตู้สินค้าขนาดต่าง ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการลดต้นทุนการขนส่งสินค้า และช่วยในการบริหารพื้นที่ของจัดวางหรือจัดเรียงสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: *พาเลท, ตู้สินค้า, วิธีวิทยาการศึกษาสำนึก*

Abstract

Development of a standardized pallet sorting system in the container using the Heuristics Algorithm in terms of First-Fit Decreasing Algorithm is a system that is created to manage the information and sort the pallets in the container. Users data, customer data, pallet data, pallet sorting data, etc., which makes pallet sorting more efficient because there is a data storage process information verification, search for information and pallet sorting processes using the Heuristics Algorithm in terms of First-Fit Decreasing Algorithm. When finished, compare the pallet arrangement with the First In Last Out method in 40-foot cabinet size, it was found that the First-Fit Decreasing Algorithm was able to pack more pallets than pallet arrangement methods. The system can be further developed to be suitable for different size containers, to be a guideline for reducing freight costs, and helps to manage the area of the arrangement or arrange products more efficiently.

Keywords: *pallet, container, Heuristic Algorithm*

บทนำ

ในยุคที่มนุษย์มีความต้องการในด้านการบริโภคสินค้าที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนสินค้าทั้งภายในและภายนอกประเทศเพื่อตอบสนองต่อความต้องการในการบริโภคสินค้าของมนุษย์จึงทำให้เกิดกระบวนการที่เรียกว่า การจัดการโลจิสติกส์ ซึ่งการจัดการโลจิสติกส์เป็นส่วนหนึ่งของการจัดการต้นทุนด้านการขนส่งของประเทศ การขนส่งสินค้าจึงจำเป็นต้องมีการบริหารงานในด้านการบรรจุสินค้าที่ต้องการขนส่งเข้าตู้สินค้าเพื่อทำให้การบรรจุสินค้า (Bin Packing Problem) เข้าตู้สินค้าหรือตู้คอนเทนเนอร์ให้เกิดความคุ้มค่าในการขนส่งแต่ละรอบมากที่สุด[1] โดยการบรรจุสินค้าเข้าตู้สินค้าถือเป็นงานประจำที่เกิดขึ้นและก่อให้เกิดต้นทุนที่สำคัญในอุตสาหกรรมการขนส่ง เนื่องจากการบรรจุสินค้าเพื่อการขนส่งในแต่ละครั้งถือเป็นปัญหาที่ยาก ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มปัญหา NP-hard ซึ่งเป็นปัญหาที่ยากแก่การหาคำตอบที่ดีที่สุด การจัดสินค้าเข้าตู้สินค้าขององค์กรโดยส่วนใหญ่เป็นการทำด้วยมือ โดยวางแผนการจัดสินค้าเข้าตู้สินค้าโดยวิธีนี้พบว่า มีการใช้ระยะเวลาที่นาน ในบางครั้งก่อให้เกิดปัญหาในการจัดสินค้าและส่งผลต่อต้นทุนการขนส่งที่สูงขึ้น[2]

นอกจากนี้ในการบรรจุสินค้าส่วนใหญ่นิยมใช้วิธีแบบ First In Last Out[3] คือ การเรียงลำดับสินค้าของลูกค้าที่มีการนำเข้าคลังสินค้าเพื่อการส่งออก โดยสินค้าของลูกค้าคนใดที่เข้าคลังสินค้าก่อนจะถูกนำไปใช้ในการจัดเรียงเพื่อบรรจุลงตู้สินค้าก่อนและนำสินค้าของลูกค้าลำดับถัดมาเรียงตามลำดับ เมื่อสินค้าถึงปลายทางสินค้าที่ถูกบรรจุเข้าตู้สินค้าไปเป็นลำดับแรกจะถูกนำออกมาจากตู้สินค้าเป็นลำดับสุดท้าย โดยพบปัญหาการเกิดพื้นที่ว่างในการจัดเรียงสินค้าและความไม่เหมาะสมของลำดับการนำสินค้าเข้าตู้สินค้าและการวางสินค้าในตู้สินค้า เนื่องจากไม่คำนึงถึงข้อมูลสินค้า เช่น ขนาด น้ำหนัก และปริมาตรของสินค้าก่อนนำเข้าตู้สินค้า

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้นคณะผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดในการพัฒนาระบบเพื่อการจัดการการบรรจุผลิตภัณฑ์เข้าตู้สินค้า ซึ่งพัฒนาโดยใช้วิธีการแก้ปัญหาในการบรรจุสินค้า (Bin Packing Problem) โดยขั้นตอนวิธีวิทยาการศึกษาสำนึก (Heuristic Algorithm) แบบ First-Fit Decreasing Algorithm ด้วยภาษา C#.Net และมีระบบจัดเก็บฐานข้อมูลด้วย Microsoft SQL Server 2008 ประกอบไปด้วยกระบวนการจัดการการบรรจุสินค้าเพื่อให้สามารถจัดเรียงสินค้าโดยใช้จำนวนตู้สินค้าน้อยที่สุดเพื่อช่วยลดต้นทุนการขนส่งแก่ผู้ประกอบการ

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาระบบการจัดเรียงพาเลทขนาดมาตรฐานในตู้สินค้าโดยใช้ Heuristics Algorithm แบบ First-Fit Decreasing Algorithm คณะผู้วิจัยอาศัยหลักวงจรชีวิตของการพัฒนาซอฟต์แวร์ หรือ SDLC (System Development Life Cycle) โดยมีรายละเอียดดังนี้

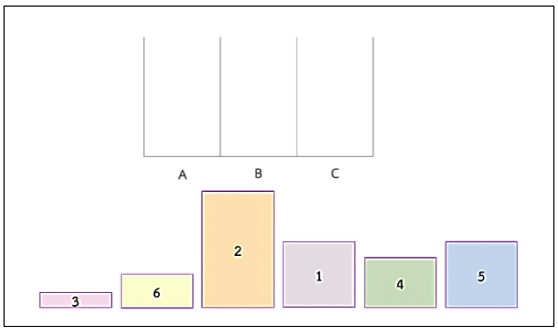
1. ศึกษา Heuristics Algorithm แบบ First-Fit Decreasing Algorithm

Heuristics Algorithm แบบ First-Fit Decreasing Algorithm คือ ขั้นตอนวิธีในการเลือกพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่กว่าหรือเท่ากับพื้นที่ที่ต้องการ (ตู้สินค้า) จัดเรียงพาเลทที่ต้องการบรรจุทั้งหมดเรียงตามขนาด น้ำหนัก หรือเงื่อนไขที่กำหนด โดยเริ่มค้นหาตั้งแต่จุดเริ่มต้นของกลุ่มพื้นที่ว่างหรือค้นหาต่อจากจุดที่หยุดลงจากการค้นหาครั้งก่อนหน้า หากพาเลทสามารถบรรจุเข้าตู้สินค้าได้จึงบรรจุเข้าไปในตู้สินค้า เมื่อตู้เต็มสินค้าจึงไม่สามารถบรรจุได้ [4] ยกตัวอย่างเช่น กำหนดขนาดพาเลทดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดพาเลท

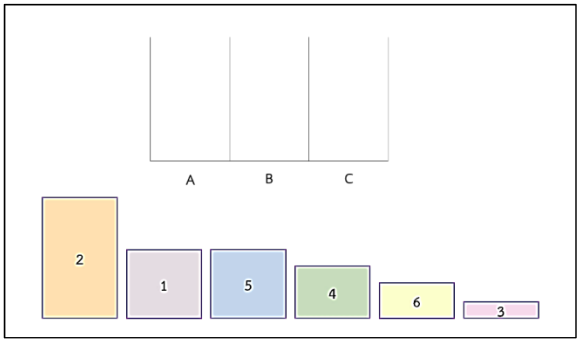
พาเลท	ความกว้าง (ซม.)	ความยาว (ซม.)	ความสูง (ซม.)	ปริมาตร (คิวบิกเมตร)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)
1	100	120	140	1.68	500
2	100	120	235	2.82	1,000
3	100	120	30	0.36	200
4	100	120	100	1.2	475
5	100	120	140	1.68	650
6	100	120	70	0.84	205

1) มีจำนวนพาเลทที่ใช้เป็นตัวอย่างในการดำเนินการตามขั้นตอนวิธี First-Fit Decreasing Algorithm ทั้งหมด 6 พาเลทและตู้สินค้า 1 ตู้ (โดยตู้สินค้าถูกแบ่งเป็นช่อง A B C) ที่ต้องการจัดเรียงเข้าตู้สินค้า ดังภาพที่ 1

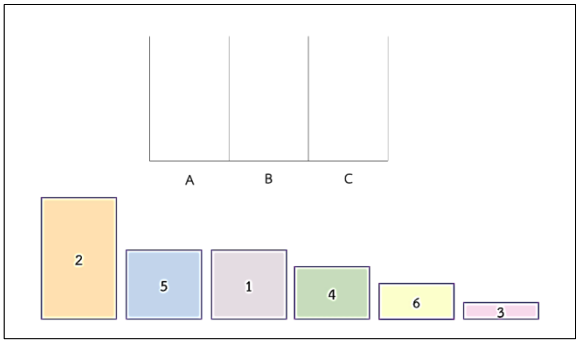


ภาพที่ 1 ตัวอย่างพาเลทและตู้สินค้าที่ต้องการจัดเรียง

2) จัดเรียงพาเลททั้ง 6 ตามปริมาตรโดยเรียงจากพาเลทที่มีปริมาตรใกล้เคียงกับค่า Heuristics ที่กำหนดไว้มากที่สุด ได้ผลลัพธ์การเรียงลำดับ คือ พาเลทหมายเลข 2 1 5 4 6 3 ดังภาพที่ 2 จากนั้นจัดเรียงพาเลทที่มีปริมาตรเท่ากันตามน้ำหนัก ได้ผลลัพธ์การเรียงลำดับ คือ 2 5 1 4 6 3 ดังภาพที่ 3



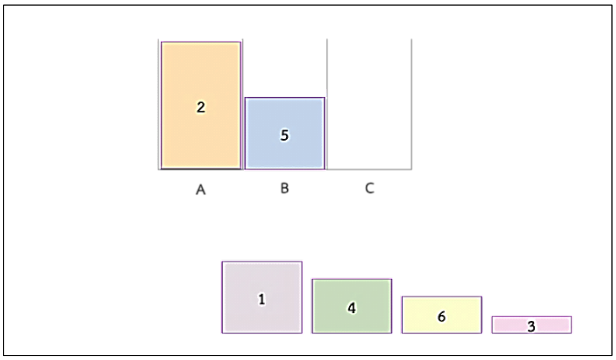
ภาพที่ 2 การจัดเรียงพาเลทตามขนาด



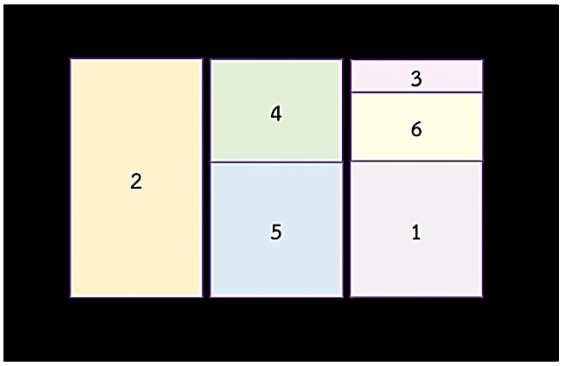
ภาพที่ 3 การจัดเรียงพาเลทตามน้ำหนัก

3) จัดเรียงพาเลทเข้าตู้สินค้าพิจารณาจากลำดับการเรียงพาเลทจากขั้นตอนก่อนหน้า โดยนำพาเลทที่มีปริมาตรใกล้เคียงค่า Heuristics มากสุดบรรจุเข้าตู้ก่อน (พาเลทหมายเลข 2) จากนั้นนำพาเลทที่มีปริมาตรรองลงมาบรรจุตามเข้าไปตามลำดับ (หมายเลข 5) พิจารณาพาเลทหมายเลข 1 ไม่สามารถบรรจุได้เนื่องจากความสูงเกินความสูงตู้สินค้า ดังภาพที่ 4 จึง

นำพาเลทหมายเลข 4 มาพิจารณาปรากฏว่าสามารถบรรจุได้จึงบรรจุลงไปในตู้สินค้า พิจารณาพาเลทสินค้าและบรรจุจนตู้สินค้าเต็ม แต่หากไม่สามารถบรรจุได้ให้เปิดตู้สินค้าใหม่แล้วนำพาเลทบรรจุในตู้สินค้า โดยจะบรรจุพาเลทเข้าตู้สินค้าจนเต็มและครบทั้งหมด จากนั้นทำการปิดตู้สินค้าเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการขนส่ง ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 4 การนำพาเลทเข้าตู้สินค้า

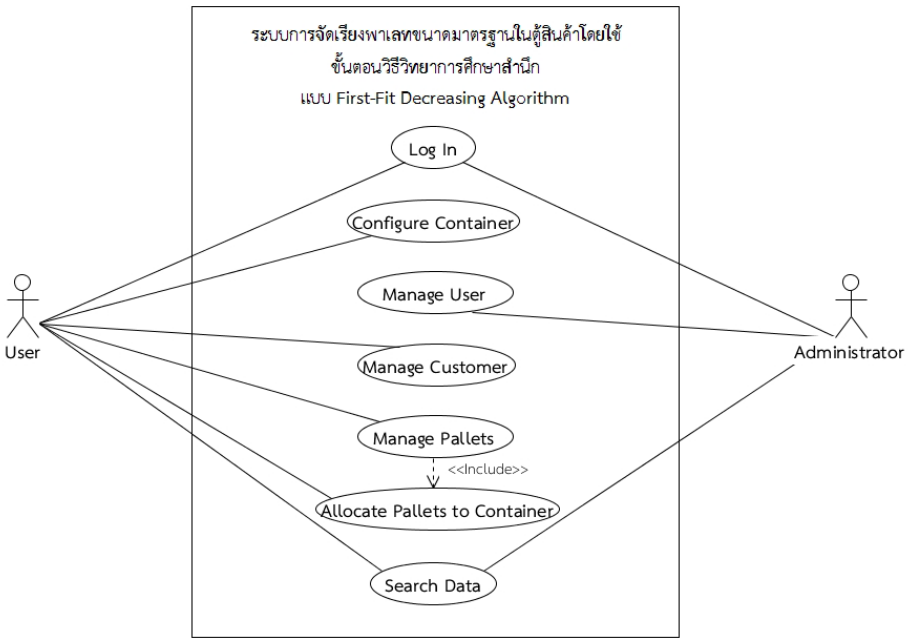


ภาพที่ 5 พาเลทที่ได้รับการจัดเรียงจนเต็มตู้สินค้า

2. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

จากการวิเคราะห์และออกแบบของการพัฒนาระบบการจัดเรียงพาเลทขนาดมาตรฐานในตู้สินค้าโดยใช้ Heuristics Algorithm แบบ First-Fit Decreasing Algorithm สามารถอธิบายภาพรวมของการทำงานโดยใช้แผนภาพยูเอ็มแอล (Unified Modeling Language)ซึ่งประกอบด้วยแผนภาพการทำงานของผู้ใช้ระบบ (Use Case Diagram) และแผนภาพกิจกรรม (Activity Diagram) ได้ดังนี้

แผนภาพแสดงการทำงานของผู้ใช้ระบบ(Use Case Diagram)คือ แผนภาพที่แสดงหน้าที่ที่ระบบสามารถกระทำได้ (Functionality) โดยแบ่งการทำงานดังภาพที่ 6

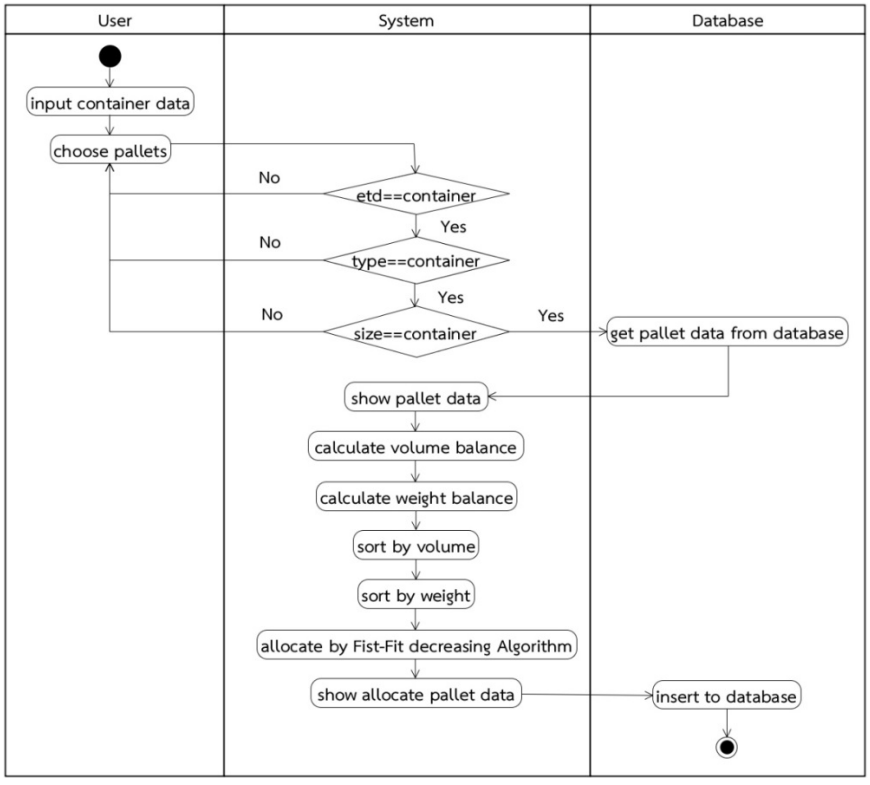


ภาพที่ 6 Use Case Diagram ของการพัฒนาระบบการจัดเรียงพาเลทขนาดมาตรฐานในตู้สินค้า
โดยใช้ Heuristics Algorithm แบบ First-Fit Decreasing Algorithm

จากภาพที่ 6 แผนภาพการทำงานของผู้ดูแลระบบและผู้ใช้ของการพัฒนาระบบการจัดเรียงพาเลทขนาดมาตรฐานในตู้สินค้าโดยใช้ Heuristics Algorithm แบบ First-Fit Decreasing Algorithm สามารถแบ่งการใช้งานได้เป็น 6 ส่วน ได้แก่

1) Log In การเข้าสู่ระบบเพื่อดำเนินการต่าง ๆ ภายในระบบ
2) Configure Container ผู้ใช้งานระบบสามารถกำหนดข้อมูลคอนเทนเนอร์และค่า Heuristics ที่ใช้ในการจัดเรียงข้อมูลพาเลท
3) Manage User ผู้ดูแลระบบสามารถจัดการข้อมูลของผู้เข้าใช้งานระบบ
4) Manage Customer ผู้ใช้งานระบบสามารถจัดการข้อมูลของลูกค้า
5) Manage Pallets ผู้ใช้งานระบบสามารถจัดการข้อมูลพาเลท
6) Allocate Item to Container ผู้ใช้งานระบบสามารถจัดเรียงข้อมูลพาเลทเข้าตู้สินค้าการนำข้อมูลพาเลทเข้าตู้สินค้า
7) Search Data ผู้ดูแลระบบและผู้ใช้งานระบบสามารถค้นหาข้อมูลภายในระบบได้ตามสิทธิ์ที่ได้รับ

แผนภาพกิจกรรม (Activity Diagram) คือ แผนภาพกิจกรรมเป็นแผนภาพที่อธิบายกิจกรรมที่เกิดขึ้นในการทำงานของการพัฒนาระบบการจัดเรียงพาเลทขนาดมาตรฐานในตู้สินค้าโดยใช้ Heuristics Algorithm แบบ First-Fit Decreasing Algorithm โดยแสดงถึงกิจกรรมย่อยต่าง ๆ ในการทำงานแต่ละขั้นตอนของระบบที่เกี่ยวข้องกัน ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 Activity Diagram ของการพัฒนาระบบการจัดเรียงพาเลทขนาดมาตรฐานในตู้สินค้าโดยใช้ Heuristics Algorithm แบบ First-Fit Decreasing Algorithm

ภาพที่ 7 แสดงฟังก์ชันที่ใช้ในการจัดเรียงข้อมูลพาเลทในตู้สินค้า โดยผู้ใช้ต้องกรอกข้อมูลคอนเทนเนอร์ ทำการเลือกข้อมูลพาเลทที่ต้องการจัดเรียงจากฐานข้อมูลโดยระบบจะแสดงข้อมูลพาเลทที่ตรงกับเงื่อนไขของตู้สินค้า เช่น วันที่เรือออกตรงกัน น้ำหนักไม่เกินตู้สินค้า เป็นต้น ระบบแสดงข้อมูลที่ถูกเลือก คำนวณปริมาตรและน้ำหนักคงเหลือที่ตู้สินค้าสามารถรับได้ จัดเรียงตามปริมาตรและน้ำหนักแล้วจึงเข้าสู่ฟังก์ชันการจัดเรียงโดยใช้ Heuristics Algorithm แบบ First-Fit Decreasing Algorithm เมื่อจัดเรียงเสร็จสิ้น ระบบจะแสดงผลลัพธ์และบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล

3. การพัฒนาระบบ

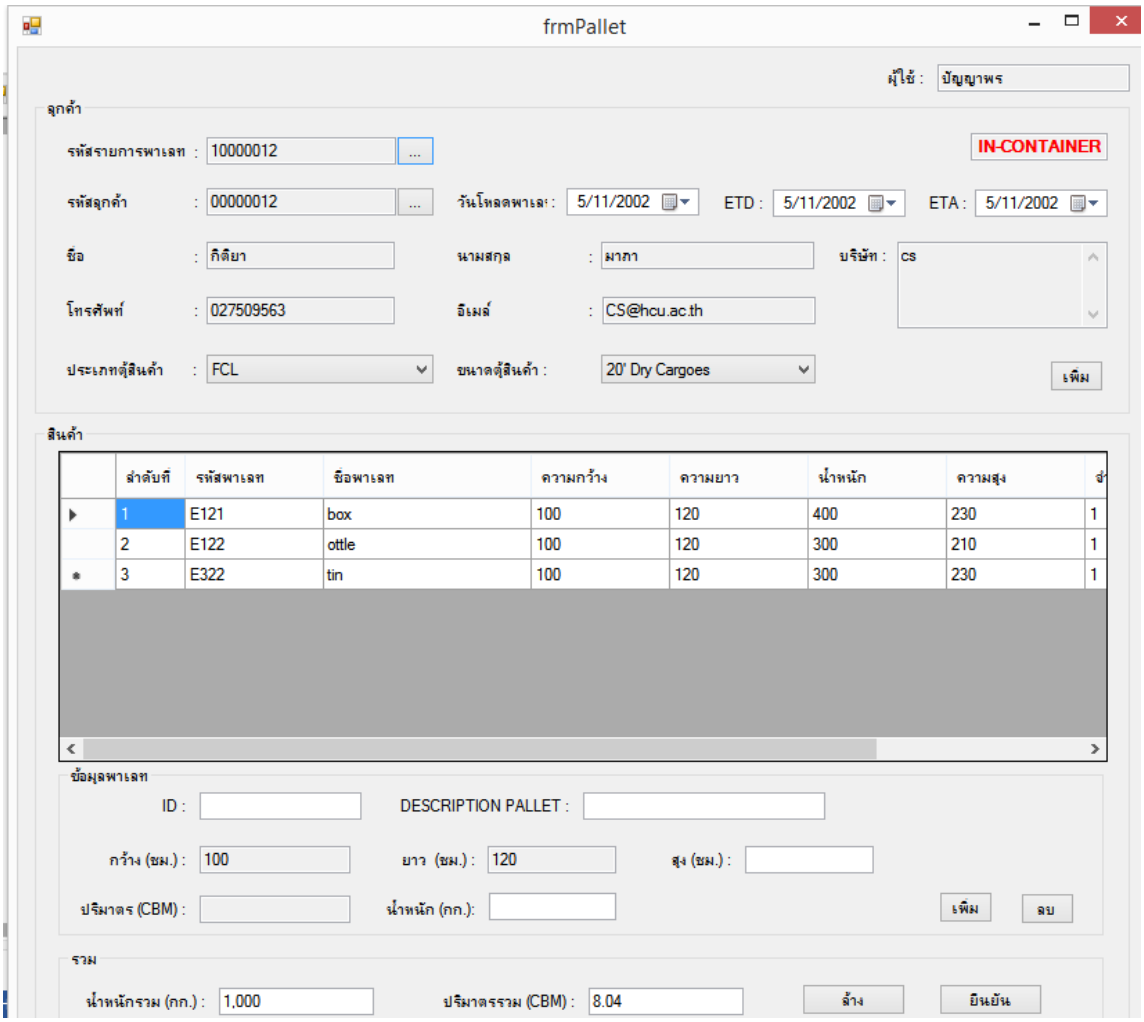
การพัฒนาระบบการจัดเรียงพาเลทขนาดมาตรฐานในตู้สินค้าโดยใช้ Heuristics Algorithm แบบ First-Fit Decreasing Algorithm ด้วยภาษา C#.Net และมีระบบจัดเก็บฐานข้อมูลด้วย Microsoft SQL Server 2008 โดยผู้ดูแลระบบสามารถจัดการข้อมูลผู้ใช้งานได้และผู้ใช้ระบบสามารถจัดการข้อมูลเพื่อใช้ในการจัดเรียงพาเลทสินค้าเข้าตู้สินค้าที่ใช้ในการขนส่ง อาทิ ข้อมูลลูกค้า ข้อมูลพาเลทและข้อมูลการจัดเรียง โดยระบบจะคำนวณปริมาตรพาเลทเมื่อผู้ใช้กรอกข้อมูลพาเลทเข้าระบบ จากนั้นระบบจึงจัดเรียงพาเลทสินค้าของลูกค้าจากข้อมูลที่ผู้ใช้ได้กรอกเข้าระบบให้เกิดความคุ้มค่ามากที่สุด ระบบจัดเรียงสินค้าพร้อมทั้งคำนวณความจุรวมทั้งหมดของพาเลทสินค้าที่อยู่ภายในตู้สินค้า ผู้ใช้สามารถยืนยันหมายเลขตู้ (Container Seal) ซึ่งใช้ในการปิดตู้เพื่อจบการทำงานและนำการจัดเรียงที่ระบบได้ประมวลผลเรียบร้อยแล้วไปดำเนินงานในขั้นตอนต่อไป

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการดำเนินการตามขั้นตอนการวิจัย สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

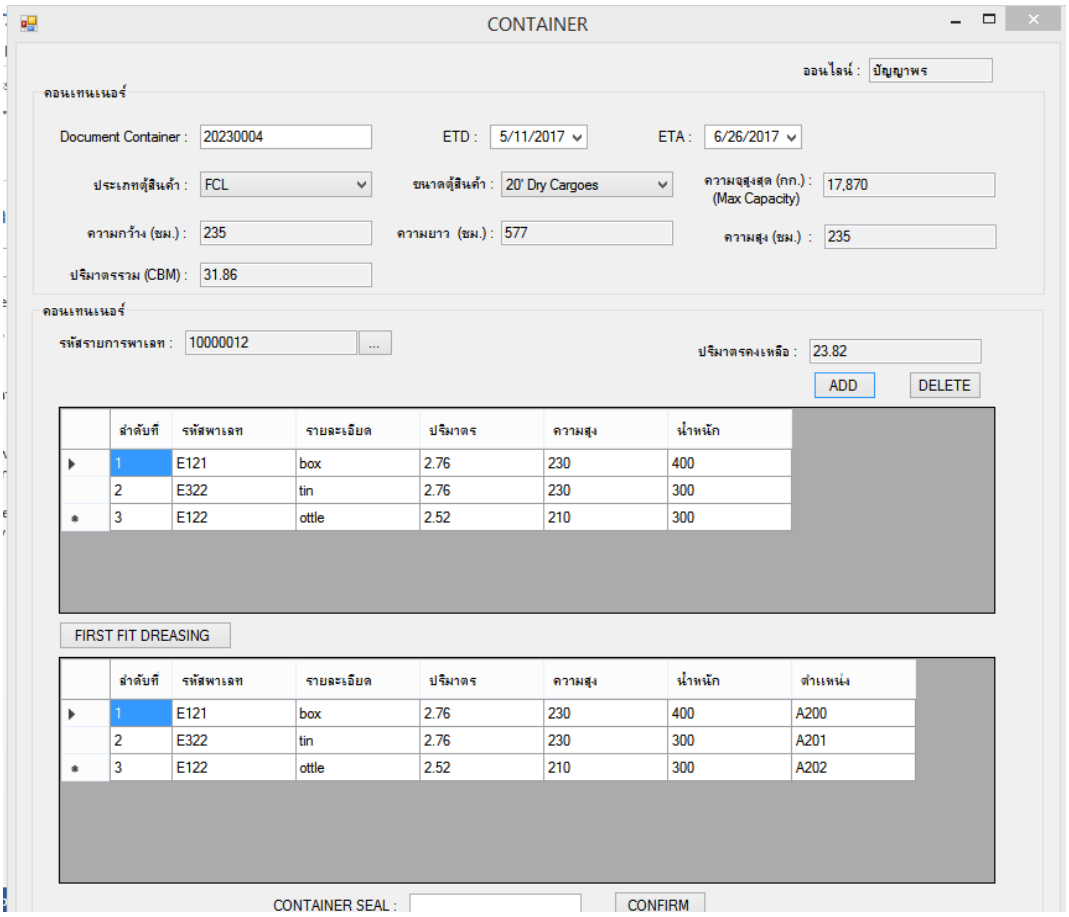
1. ผลการพัฒนาระบบ

ในการพัฒนาระบบการจัดเรียงพาเลทขนาดมาตรฐานในตู้สินค้าโดยใช้ Heuristics Algorithm แบบ First-Fit Decreasing Algorithm ผู้ใช้จะต้องทำการเพิ่มข้อมูลลูกค้า จัดการข้อมูลตู้สินค้า และเพิ่มข้อมูลของพาเลท ผู้ใช้ต้องเรียกข้อมูลลูกค้า และทำการกรอกข้อมูลพาเลท เมื่อเพิ่มสำเร็จข้อมูลจะปรากฏในตาราง โดยระบบจะคำนวณปริมาตรอัตโนมัติ ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 หน้าจอการจัดการข้อมูลพาเลท

เมื่อผู้ใช้เปิดใช้งานหน้าฟอร์มการจัดเรียงพาเลท หน้าจอการจัดเรียงพาเลท ผู้ใช้ต้องกรอกข้อมูลตู้สินค้า ในกลุ่มข้อมูลตู้สินค้า จากนั้นเลือกข้อมูลรายการ พาเลทที่มีการบันทึกก่อนหน้าที่ปุ่มรหัสรายการพาเลท ระบบจะคำนวณปริมาตรและน้ำหนักเพื่อไม่ให้พาเลทมีปริมาตรและน้ำหนักเกินตู้สินค้า เมื่อผู้ใช้เลือกรหัสรายการพาเลทสำเร็จจึงกดปุ่มเพิ่ม เพื่อเพิ่มข้อมูลรายการพาเลทของลูกค้าที่ต้องการจัดเรียง จากนั้นระบบจะคำนวณปริมาตรคงเหลือและแสดงในช่องปริมาตรคงเหลือเพื่อให้ผู้ใช้ได้ทราบ เมื่อผู้ใช้เลือกรายการพาเลทเสร็จสิ้นจึงกดปุ่ม ‘FIRST FIT DECREASING’ เพื่อให้ระบบจัดเรียงพาเลทอัตโนมัติ ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 หน้าจอการจัดเรียงข้อมูลพาเลท

2. ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับระบบอื่น

ในการพัฒนาระบบ ผู้พัฒนาระบบได้ทำการเปรียบเทียบการจัดเรียงด้วยขั้นตอนวิธี First In Last Out เนื่องจากเป็นวิธีจัดเรียงที่ได้รับความนิยม และมีผู้พัฒนาระบบด้วยวิธีนี้มากมาย ผู้พัฒนาระบบมีแนวคิดในการเปรียบเทียบกับการจัดเรียงวิธี First-Fit Decreasing Algorithm โดยได้ทำการเปรียบเทียบระหว่างระบบอื่นที่ใช้วิธีการจัดเรียงด้วยขั้นตอนวิธี First In Last Out กับแบบ First-Fit Decreasing Algorithm ที่พัฒนาขึ้น

กระบวนการเปรียบเทียบการจัดเรียง ระหว่างวิธี First-Fit Decreasing Algorithm (วิธีการของระบบ) กับ ขั้นตอนวิธี First In Last Outเริ่มจากการที่ระบบทำการรับข้อมูลพาเลท ดังตารางที่ 2 เข้าสู่ตู้สินค้าเพื่อจัดเรียงในตู้ขนาด 40 ฟุต ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 3 แล้วทำการจัดเรียงข้อมูลพาเลทตามขั้นตอนวิธีทั้งสองที่กล่าวมาข้างต้น เมื่อเสร็จสิ้นระบบจะทำการประมวลผลและแสดงจำนวนพาเลทที่สามารถนำเข้าตู้สินค้าได้ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 2 ข้อมูลพาเลทที่ใช้ในการเปรียบเทียบ

พาเลท	ความกว้าง (ซม.)	ความยาว (ซม.)	ความสูง (ซม.)	ปริมาตร (คิวบิกเมตร)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)
1	100	120	130	1.56	500
2	100	120	230	2.76	1,000
3	100	120	200	2.4	200
4	100	120	100	1.2	475
5	100	120	100	1.2	650
6	100	120	210	2.52	205
7	100	120	190	2.28	300
8	100	120	190	2.28	150
9	100	120	90	1.08	200
10	100	120	135	1.62	100
11	100	120	120	1.44	325
12	100	120	200	2.4	600
13	100	120	120	1.44	340

ตารางที่ 3 ข้อมูลคอนเทนเนอร์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ

ขนาดตู้สินค้า / รายละเอียด	ตู้สินค้าขนาด 40’
1. ปริมาตร (คิวบิกเมตร)	67.57
2. น้ำหนักที่บรรจุได้ (กิโลกรัม)	26,580

ตารางที่ 4 ผลลัพธ์การเปรียบเทียบของขั้นตอนวิธี

รายละเอียด	ขั้นตอนวิธี	
	First-Fit decreasing	First In Last Out
จำนวนพาเลทที่รับได้	13	12

จากตารางที่ 3 เมื่อนำข้อมูลพาเลทเข้าตามลำดับ และทำการจัดเรียงตามวิธีของระบบแล้ว ได้ผลลัพธ์จากการเปรียบเทียบของ 2 ขั้นตอนวิธี คือ First-fit decreasing และ First In Last Out พบว่า การจัดเรียงพาเลทด้วยวิธี First-Fit Decreasing Algorithm สามารถบรรจุพาเลทได้ ทั้งหมด 13 พาเลท และการจัดเรียงพาเลทด้วยวิธี First In Last Out บรรจุได้ 12 พาเลท ซึ่งน้อยกว่าการจัดเรียงพาเลทด้วยวิธี First-Fit Decreasing Algorithm นอกจากตัวอย่างนี้ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบตัวอย่างจำนวน 10 ชุด โดยพบว่า จัดเรียงพาเลทด้วยวิธี First-Fit Decreasing Algorithm สามารถบรรจุพาเลทได้มากกว่า จึงสรุปได้ว่า การจัดเรียงพาเลทด้วยวิธี First-Fit Decreasing Algorithm สามารถบรรจุพาเลทได้มากกว่าการจัดเรียงพาเลทด้วยวิธี

First In Last Out ซึ่งเกิดความคุ้มค่าในการขนส่งแต่ละรอบ ทั้งลดต้นทุนในการจัดส่งสินค้า ข้อจำกัดของระบบคือ ระบบรองรับได้เพียงพาเลทขนาดปกติ และตู้สินค้าขนาด 40’ เท่านั้น โดยระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปต่อยอดกับพาเลทที่มีขนาดต่างกันหรือตู้สินค้าประเภทต่าง ๆ ซึ่งเป็นการสนับสนุนการแลกเปลี่ยนสินค้าและบริการระหว่างผู้ผลิตและผู้บริโภคทำได้โดยคุ้มค่ามากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. คทา ประดิษฐวงษ์และธีรศักดิ์ ทะเลทอง. ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมและการค้นเฉพาะที่สำหรับการแก้ปัญหาการบรรจุผลิตภัณฑ์ในสามมิติ. วิทยานิพนธ์. หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. 2559.
2. มารีนเนอร์ไทยดอทคอม. การขนส่งทางเรือด้วยระบบตู้คอนเทนเนอร์ [อินเทอร์เน็ต]. มปป. [เข้าถึงเมื่อ 10 ก.พ. 2560]. เข้าถึงได้จาก : http://www.marinerthai.net/sara/viewsara 1006.php.
3. Leo Sun. First-in, last-out (FILO) [Internet]. 2015 [cited 1 July 2017]. Available from: http://www.businessdictionary.com/definition/First-in-last-out-FILO.html.
4. György Dósa. The Tight Bound of First Fit Decreasing Bin-Packing Algorithm Is FFD(I) ≤ 11/9 OPT(I)+6/9 [Internet]. 2007 [cited 1 July 2017]. Available from: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-74450-4_1.

[IT-P07] การพัฒนาแอพพลิเคชันบนมือถือสำหรับขายวัสดุก่อสร้างออนไลน์ กรณีศึกษา: ร้านสมุยนานาภัณฑ์

Development of Mobile Application for Online Construction Materials Case Study: Samuinanaphan

รังสิมา หล่อนภาชัยสกุล[1], กัณฐิกา มีเพียร[1,*], จันจิรา แก้วสุวรรณ[1] และ น้ำฝน อัศวเมฆิน[2]
Rangsima Lawnapachaisakul[1], Kantiga Meepean[1,*], Janjira Kaewsuwan[1], and Namfon Assawamekin[2]
[1]หลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
[2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
** ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: Pair.ktg39@gmail.com*

บทคัดย่อ

ในปัจจุบัน การขายอุปกรณ์ก่อสร้างมีปัญหาในหลาย ๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นการทำงานที่ล่าช้า บุคลากรในร้านไม่เพียงพอ หรือแม้กระทั่งปัญหาการจัดเก็บข้อมูลต่าง ๆ ที่มีการบันทึกด้วยมือ ทำให้บางครั้งเกิดการตกหล่นและเอกสารหาย ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะสร้างแอพพลิเคชันบนมือถือเกี่ยวกับการขายวัสดุก่อสร้างออนไลน์ เพื่อช่วยอำนวยความสะดวก ประหยัดเวลาในการมาซื้อหรือเลือกชมสินค้า เพิ่มช่องทางในการให้บริการมากขึ้น และสร้างความพึงพอใจเมื่อมาใช้บริการของทางร้าน เช่น ลูกค้าสามารถสั่งของออนไลน์ได้ แม้ว่าจะอยู่ที่บ้านหรือสถานที่อื่น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดพัฒนาแอพพลิเคชันขายวัสดุก่อสร้างออนไลน์ โดยใช้โปรแกรม MIT App Inventor 2 ฟังก์ชันการทำงานแบ่งเป็นฝ่ายเจ้าของร้าน ได้แก่ แก้ไข เพิ่ม ลดสินค้า เช็คจำนวนสินค้า ส่วนฝ่ายของลูกค้านั้นจะมีฟังก์ชันการทำงาน ได้แก่ ระบบสมาชิก สั่งซื้อสินค้า ค้นหาสินค้า เมื่อลูกค้าสั่งสินค้าเข้ามาจะให้กรอกรายละเอียดและชำระเงินและทำการจัดส่ง ทำให้ทำงานอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น จากนั้น นำระบบไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน โดยเป็นพนักงานภายในร้านและกลุ่มลูกค้า ผลการทดสอบพบว่า พนักงานและลูกค้ามีความพึงพอใจในการใช้งานระบบระดับมากที่สุด

***คำสำคัญ**: วัสดุก่อสร้าง ร้านสมุยนานาภัณฑ์ แอพพลิเคชันบนมือถือ*

Abstract

At present, sales of construction equipment encounter several issues including the delayed work, not enough staffs, or document lost due to manually data gathering. The researchers are interested in developing a mobile application for online construction materials store. The application helps customers to save time and increase convenience to browse and buy products, thus, providing another marketing channel with greater service satisfaction. Customers can order products online while they are at home or in other places. The researchers have developed the application using MIT App Inventor 2. The functionality of the application consists of two parts, one is for the store owners to modify, add or reduce the number of products in stock. The other part allows the customers to register for an account, search for a product, place the purchasing orders, etc. A customer has to specify the details of payment and delivery method when purchasing a product which makes the process work more systematically and efficiently. The application has been tested with a group of 30 people consisting of staffs and customers. From the feedback, both staffs and customers are satisfied when using this application at a high level.

***Keywords**: construction materials, Samuinanaphan, mobile application*

บทนำ

ปัจจุบัน ธุรกิจจำหน่ายวัสดุก่อสร้างมีการแข่งขันที่รุนแรง เนื่องจากผู้ประกอบกิจการค้าวัสดุก่อสร้างขนาดใหญ่ขยายสาขาไปยังภูมิภาคมากขึ้น ส่งผลให้ผู้ประกอบการขนาดเล็กต้องเร่งปรับตัวเพื่อรองรับการแข่งขัน และรองรับความต้องการของลูกค้าที่เพิ่มขึ้น เช่น การเลือกซื้อสินค้าที่สะดวกและรวดเร็ว สร้างความดึงดูดในการเลือกซื้อสินค้า ซึ่งสมัยนี้เป็นยุคที่ผู้คนส่วนใหญ่เน้นการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตและโทรศัพท์มือถือ ทางร้านสมุยนานาภัณฑ์ ตั้งอยู่ที่ 148/3 หมู่ 4 ตำบลมะเร็ต อำเภอเกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84310 เปิดจำหน่ายอุปกรณ์ก่อสร้างต่างๆ พร้อมให้ข้อมูลความรู้เกี่ยวกับอุปกรณ์ก่อสร้างแก่ลูกค้าที่สนใจ เมื่อเปิดกิจการได้ระยะหนึ่ง ร้านเกิดประสบปัญหาหลายด้าน เช่น ปริมาณสินค้ามีจำนวนมาก ทั้งตะปู ท่อ PVC ฯลฯ ทำให้มีความยากลำบากในการค้นหาสิ่งของ ถ้ามีลูกค้าจำนวนมาก ทำให้การทำงานเกิดปัญหา คือ เกิดความล่าช้าในการตรวจสอบจำนวนสินค้า หรือการสรุปยอดขายและการสั่งซื้อนั้นทำได้ยาก เนื่องจากยังไม่มีระบบฐานข้อมูลเข้ามาช่วยในการทำงาน หากต้องการสรุปยอดขายหรือการสั่งซื้อจะเกิดความล่าช้า เนื่องจากปัจจุบันกิจมีการจัดเก็บข้อมูลโดยการจดบันทึกด้วยมือ เช่น การจดบันทึกข้อมูลของลูกค้า ข้อมูลสินค้า การตรวจสอบ การทำบัญชี และการออกรายงานต่างๆ ไม่มีประสิทธิภาพและก่อให้เกิดปัญหา คือ ข้อมูลแต่ละฝ่ายจัดเก็บอย่างไม่เป็นระบบ ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการค้นหาหรือการออกรายงานการขาย จึงเป็นจุดเริ่มต้นในการทำวิจัยครั้งนี้

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาแอพพลิเคชันบนมือสำหรับขายวัสดุก่อสร้าง ทำให้เพิ่มความสะดวกของลูกค้าในการเลือกสินค้าและสั่งซื้อสินค้า อีกทั้งยังช่วยตรวจสอบข้อมูลการซื้อ ข้อมูลการขาย การควบคุมสินค้าคงคลัง การบันทึกข้อมูลลูกค้า ให้มีประสิทธิภาพในการดำเนินธุรกิจมากขึ้น เพื่อเพิ่มความรวดเร็วในการสืบค้นข้อมูล และยังสามารถนำข้อมูลทั้งหมดมาสรุปยอดการขายและทำเป็นรายงานการขายได้ เพื่อประกอบการตัดสินใจของเจ้าของกิจการ ส่งผลให้กิจการสามารถดำเนินกิจการได้อย่างมีประสิทธิภาพและบริหารจัดการได้อย่างรวดเร็ว

ขอบเขตของงาน

1. สามารถจัดการเกี่ยวกับรายละเอียดข้อมูลต่างๆ ได้ดังนี้

    1.1 ข้อมูลร้านค้า เช่น ที่อยู่ เบอร์ติดต่อ วันเวลาร้านเปิด-ปิด รูปภาพร้าน

    1.2 ข้อมูลสินค้า เช่น รหัสสินค้า ชื่อสินค้า รายละเอียดสินค้า ราคา

2. สามารถกดสั่งสินค้าแล้วนำใส่ในตะกร้า
3. สามารถชำระเงินได้

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Mobile Application เป็นการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับอุปกรณ์เคลื่อนที่ โดยโปรแกรมจะช่วยตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค อีกทั้งยังสนับสนุน ให้ผู้ใช้โทรศัพท์ได้ใช้ง่ายยิ่งขึ้น ส่วนที่เป็นที่นิยมมากคือ iOS และ Android จึงทำให้เกิดการเขียนหรือพัฒนา Application ลงบน Smartphone เป็นอย่างมาก หลายธุรกิจก็เข้าไปเน้นในการพัฒนา Mobile Application เพื่อเพิ่มช่องทางในการสื่อสารกับลูกค้ามากขึ้น

App Inventor2 เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับสร้าง Application สำหรับ Smartphone และ Tablet ที่เป็นระบบปฏิบัติการ Android โดยมีลักษณะการเขียนโปรแกรมแบบจินตนาภาพ (Visual Programming) เป็นการเขียนโปรแกรมด้วยการต่อบล็อกคำสั่ง เน้นการออกแบบเพื่อแก้ปัญหาด้วยการสร้างโปรแกรมที่สนใจ

Mobile Application for Retail or Wholesale เป็น Mobile Application สำหรับการขายสินค้า หรือ บริการทั้งแบบค้าปลีก ค้าส่ง ตัวแทนจำหน่าย หรือขายผ่านพนักงานขาย

ชนิศา มณีรัตนรุ่งโรจน์[1] บทความนี้เป็นการศึกษาธุรกิจครอบครัวค้าปลีกวัสดุก่อสร้างเพื่อศึกษากระบวนการวางแผนและดำเนินงานรวมทั้งเพื่อสรุปแนวทางที่ธุรกิจใช้ในการปรับตัว เพื่อสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันและการเติบโตอย่างยั่งยืน

ชัยวัฒน์ จรัสแสง[2] งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการดำเนินงานและผลกระทบที่เกิดขึ้นกับร้านวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิม ในการเข้ามาของร้านวัสดุก่อสร้างสมัยใหม่ ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี ศึกษาพฤติกรรมการเลือกซื้อและปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเลือกซื้อวัสดุก่อสร้าง รวมถึงเพื่อเสนอแนะแนวทางในการปรับตัวและพัฒนาของธุรกิจค้าปลีกวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิม

สราลี ตังตระกูลไพศาล[3] การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาแนวทางการวางแผนกลยุทธ์ทางการตลาด เพื่อพัฒนาธุรกิจร้านค้าวัสดุก่อสร้าง โดยทำการศึกษาพฤติกรรมการเลือกซื้อวัสดุก่อสร้างและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกใช้บริการ พบว่าผู้ตอบ แบบสอบถามให้ความสำคัญกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการร้านค้าวัสดุก่อสร้างในระดับมากขึ้น

วิธีการดำเนินการวิจัย

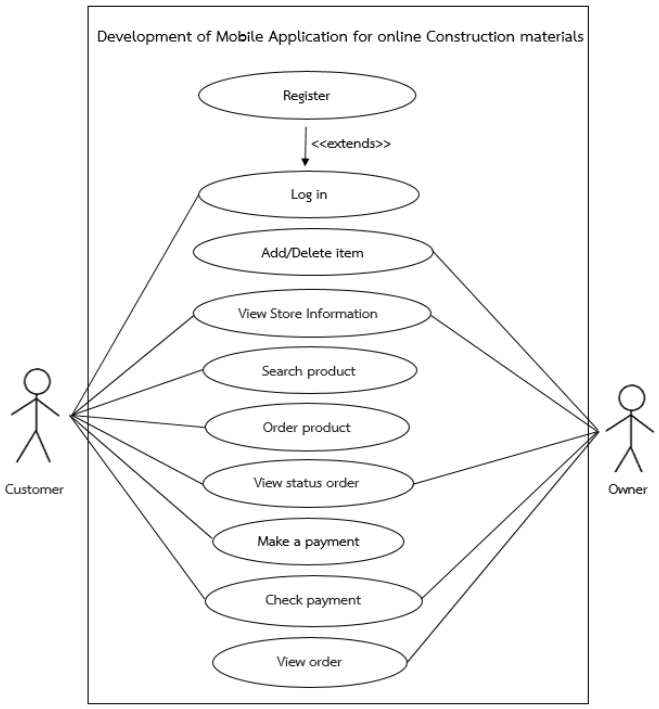
ผู้วิจัยได้เริ่มดำเนินการพัฒนาแอพพลิเคชันขายวัสดุก่อสร้างออนไลน์ร้านสมุยนานาภัณฑ์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแอพพลิเคชันบนมือเกี่ยวกับการขายวัสดุก่อสร้าง เพื่อเพิ่มความสะดวกของลูกค้าในการเลือกสินค้าและสั่งสินค้า อีกทั้งยังช่วยตรวจสอบข้อมูลการซื้อ ข้อมูลการขาย การควบคุมสินค้าคงคลัง การบันทึกข้อมูลลูกค้า ให้มีประสิทธิภาพในการดำเนินธุรกิจมากขึ้น เพื่อเพิ่มความรวดเร็วในการสืบค้นข้อมูล และยังสามารถนำข้อมูลทั้งหมดมา สรุปยอดการขายและสามารถทำเป็นรายงานการขายได้เพื่อประกอบการตัดสินใจของเจ้าของกิจการ ส่งผลให้กิจการสามารถดำเนินกิจการได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถบริหารจัดการได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งในส่วนนี้จะนำเสนอถึงกรอบแนวคิดของการวิจัย วิธีการวิจัย และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย โดยมีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล

ในขั้นตอนนี้ ทีมผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลโดยวิธีสังเกตการณ์สักระยะหนึ่งและสอบถามความต้องการของผู้ใช้จากบุคคล 2 กลุ่ม คือ กลุ่มของลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการและอีกกลุ่มคือกลุ่มของพนักงานที่ประจำอยู่ที่ร้าน เพื่อทำความเข้าใจถึงปัญหา และการศึกษาการพัฒนาแอพพลิเคชัน เพื่อให้ตอบรับกับความต้องการในการใช้งานและนำมาวิเคราะห์และออกแบบระบบต่อไป

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

ในการวิเคราะห์และออกแบบระบบ ทีมผู้วิจัยได้วิเคราะห์และออกแบบระบบโดยวางโครงสร้างในส่วนต่างๆของแอพพลิเคชัน โดยใช้วิธี Object-Oriented Analysis and Design โดยทีมผู้วิจัยขอนำเสนอแผนภาพแสดงการทำงานของระบบผู้ใช้ (Use case Diagram) แสดงขอบเขตของระบบงาน ฟังก์ชันงานต่างๆ และความสัมพันธ์ของผู้ใช้งานกับฟังก์ชันงาน ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 Use Case Diagram การพัฒนาแอพพลิเคชันบนมือถือสำหรับขายวัสดุก่อสร้างออนไลน์

ขั้นตอนที่ 3 การพัฒนาระบบ

ในการดำเนินการวิจัยทีมผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาแอพพลิเคชันขายวัสดุก่อสร้างออนไลน์ ร้านสมุยนานาภัณฑ์ ดังนี้

3.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ในการพัฒนาระบบ ประกอบด้วย

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ PC มีหน่วยประมวลผล (CPU) intel CORE i7

2. Smartphone ระบบปฏิบัติการ Android

3.2 ซอฟต์แวร์ (Software) ที่ใช้ในการพัฒนาระบบประกอบด้วย

1. ระบบปฏิบัติการไมโครซอฟท์วินโดว์ 10 (Microsoft Windows 10)

2. Web Browser Google Chrome โดยทำงานผ่านเว็บแอพพลิเคชัน App Inventor2

ขั้นตอนที่ 4 การทดสอบระบบ

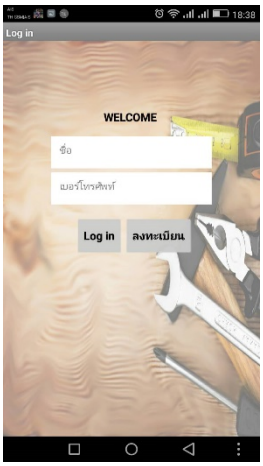
หลังจากที่ได้วิเคราะห์และออกแบบระบบเรียบร้อยแล้ว ทางทีมผู้วิจัยได้พัฒนาระบบแอพพลิเคชันขายวัสดุก่อสร้างออนไลน์ ร้านสมุยนานาภัณฑ์โดยการใช้โปรแกรมประยุกต์ App Inventor2 และในการจัดการข้อมูลได้ใช้ Firebase Realtime Database ซึ่งผู้ใช้กรอกชื่อ และเบอร์โทรติดต่อ เพื่อที่จะเข้าไปใช้งานแอพพลิเคชันขายวัสดุก่อสร้างออนไลน์ ร้านสมุยนานาภัณฑ์ที่ทำงานสอดคล้องกับที่ได้วิเคราะห์และออกแบบไว้ โดยมีฟังก์ชันการทำงาน ดังภาพที่ 3-10



ภาพที่ 3 หน้าจอการลงทะเบียนสำหรับลูกค้าใหม่



ภาพที่ 4 หน้าจอยืนยันข้อมูลการลงทะเบียน



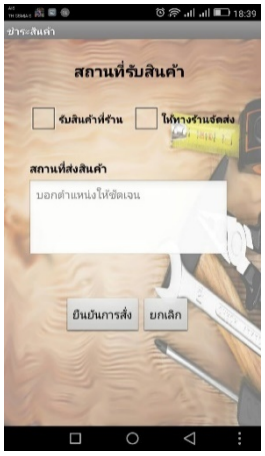
ภาพที่ 5 หน้าจอ log in สำหรับลูกค้าที่ลงทะเบียนแล้ว



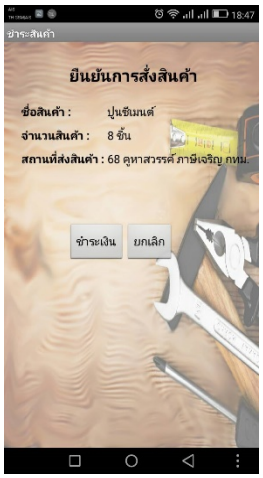
ภาพที่ 6 หน้าจอรายการสินค้า



ภาพที่ 7 หน้าจอเลือกสินค้า



ภาพที่ 8 หน้าจอการระบุสถานที่ส่งสินค้า



ภาพที่ 9 หน้าจอการยืนยันการสั่งสินค้า



ภาพที่ 10 หน้าจอการยืนยันการชำระเงิน

ขั้นตอนที่ 5 ผลการวิจัย

การทดสอบหรือประเมินคุณภาพของระบบทำด้วยวิธีการแบบกล่องดำ (Black-Box Testing) และประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานแอพพลิเคชันขายวัสดุก่อสร้างออนไลน์ ร้านสมุยนานาภัณฑ์โดยทำการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ใช้แบบประเมินชนิดมาตราส่วน ประมาณค่า (Rating Scale) ตามวิธีของลิเคอร์ท (Likert) ซึ่งมี 5 ระดับ โดยกำหนดเกณฑ์การตัดสินดังนี้

ตารางที่ 1 การแปลผลการหาค่าเฉลี่ยของแบบประเมิน

ระดับ	ความหมาย
4.50-5.00	มีความเหมาะสมระดับมากที่สุด
3.50-4.49	มีความเหมาะสมระดับมาก
2.50-3.49	มีความเหมาะสมระดับปานกลาง
1.50-2.49	มีความเหมาะสมระดับน้อย
1.00-1.49	มีความเหมาะสมระดับน้อยที่สุด

ตารางที่ 2 การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานแอพพลิเคชันขายวัสดุก่อสร้างออนไลน์ ร้านสมุยนานาภัณฑ์

หัวข้อที่ประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เชิงคุณภาพ
1. ความสะดวกในการใช้งานแอพพลิเคชัน	4.67	0.48	มากที่สุด
2. ความสามารถในการทำงานของแอพพลิเคชัน	4.43	0.77	มาก
3. ประสิทธิภาพของแอพพลิเคชัน	4.40	0.50	มาก
4. ความง่ายในการใช้แอพพลิเคชัน	4.63	0.49	มากที่สุด
5. ความปลอดภัยในการใช้งานแอพพลิเคชัน	4.47	0.51	มาก
รวม	4.52	0.55	มากที่สุด

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาแอพพลิเคชันบนมือถือขายวัสดุก่อสร้างออนไลน์ ร้านสมุยนานาภัณฑ์ ผู้วิจัยได้เริ่มตั้งแต่การศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูลไปจนถึงการพัฒนาแอพพลิเคชัน เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งาน โดยได้มีการทดสอบการใช้งานโดยกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน โดยแบ่งเป็นพนักงานประจำร้านจำนวน 7 คนและกลุ่มลูกค้าที่มาใช้บริการในร้านอีก 23 คน โดยผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.52 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55 การแปลผลอยู่ในระดับมากที่สุด แต่ควรปรับปรุงในเรื่องของสินค้าที่มีไว้เพียงบางส่วนเท่านั้น และการชำระเงินยังไม่มีความสะดวกสักเท่าไรนัก ซึ่งข้อจำกัดที่ผู้พัฒนากำลังศึกษาและหาแนวทางพัฒนาต่อไป หากมีการพัฒนาต่อไปในอนาคตควรเพิ่มรายการสินค้า และควรมีช่องทางการชำระเงินที่หลากหลายมากกว่านี้

เอกสารอ้างอิง

1. ชนิศา มณีรัตนรุ่งโรจน์. (2557). การปรับตัวของธุรกิจครอบครัวค้าปลีกวัสดุก่อสร้างในจังหวัดนครราชสีมา. สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการ สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม มหาวิทยาเทคโนโลยีสุรนารี.
2. ชัยวัฒน์ จรัสแสง. (2554). การศึกษาผลกระทบทางธุรกิจของร้านวัสดุก่อสร้างสมัยใหม่ต่อร้านวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิมในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี. หลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต วิทยาลัยบัณฑิตศึกษาการจัดการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
3. สราลี ตังตระกูลไพศาล. (2558). การวางแผนกลยุทธ์ทางการตลาดเพื่อพัฒนาธุรกิจร้านค้าวัสดุก่อสร้าง. วิทยาลัยบัณฑิตศึกษาการจัดการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[IT-P08] การพัฒนาแอพพลิเคชันสอนกีตาร์บนระบบแอนดรอยด์

Development of Guitar Teaching Application on Android

ปิยพล พาณิชยาภิวัฒน์[1,*], สิรภพ ชมสุข[1], ชินดนัย เหมะปัทมะ[1], และ น้ำฝน อัศวเมฆิน[2]
Piyapol Panichapiwathna[1,*], Sirapop Chomsuk[1,] Chindanai Hemapattama[1], and Namfon Assawamekin[2]
[1]หลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
[2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
[*]ผู้ประสานงานหลัก) อีเมล: piyaponpanich@gmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบัน มีการเรียนการสอนดนตรีกันอย่างแพร่หลาย การที่ผู้ปกครองส่งบุตรหลานให้เรียนดนตรี เพื่อพัฒนาการทั้งทางด้าน EQ และ IQ หรือแม้กระทั่งการเรียนดนตรีเพื่อเป็นนักดนตรีอาชีพ แต่การเรียนการสอนนั้นจำเป็นจะต้องเดินทางไปเรียนกับครูที่สถาบันสอนดนตรี หรือให้คุณครูเดินทางมาสอนที่บ้าน ทำให้เสียค่าใช้จ่ายสูง และ เสียเวลาในการเดินทางเป็นอย่างมาก ผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงปัญหาในจุดนี้ จึงได้พัฒนาแอพพลิเคชันการสอนกีตาร์ โดยใช้โปรแกรม App Inventor 2 เพื่ออำนวยความสะดวกต่อการเรียนการสอน ผู้ใช้สามารถเรียนรู้ได้ทุกที่ทุกเวลา และ ไม่ต้องเสียเวลาเดินทางไปเรียนที่สถาบันดนตรี กีตาร์เป็นเครื่องดนตรีชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย ไม่ว่าจะเล่นเพื่อผ่อนคลาย หรือฝึกเล่นเพื่อเป็นอาชีพ จึงมุ่งเน้นการเรียนการสอนโดยใช้กีตาร์เป็นเครื่องดนตรีหลัก และ มีการสอนทฤษฎี และ เทคนิคการเล่นกีตาร์ขั้นพื้นฐานให้กับผู้ใช้ เพื่อเพิ่มทักษะในการเล่นกีตาร์ให้ดีขึ้น พร้อมทั้งมีแบบฝึกหัดให้ผู้ใช้นำไปฝึกเล่นกีตาร์ และ มีภาพถ่ายเทคนิคต่าง ๆ เพื่อให้ผู้ใช้เห็นภาพ และ เข้าใจเทคนิคต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ ยังมี Backing Track ให้ผู้ใช้เปิดประกอบการฝึกฝนของตน และ สอนเซ็ทอัพกีตาร์พื้นฐานให้กับผู้ใช้ แอพพลิเคชันนี้ถูกประเมินผลด้วยผู้ใช้งานจำนวน 30 คน พบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจระดับมาก

คำสำคัญ: *แอพสอนกีตาร์, ทฤษฎีกีตาร์, แอพอินเวนเตอร์ 2*

Abstract

Currently, music teaching is widely common. Parents send their children to study music to improve both IQ and EQ, or even to become a musical professional. Traditionally, music teaching requires students to go to a music school; or teachers come to give music lessons at home. The cost and time of travel are dramatically high. The researchers realize this problem and thus develop an application to teach guitar, using App Inventor 2, in order to facilitate music teaching and learning. Users can learn music anywhere and anytime saving the travel time to go to and from music schools. Since guitar is one of the popular musical instruments which is used in leisure, practice and professional, we will focus on teaching guitar. The application gives lessons in musical theory and fundamental guitar techniques to users to enhance their skills of playing guitar. There are hand-on exercises for users to practice playing guitar as well as photos of various playing techniques to help users visualize and understand the techniques more easily. The application has a backing track for users to play along with their practice. There are also instructions for basic guitar setup. The application was evaluated with 30 users and the result shows users' high satisfaction.

Keywords: *Guitar Teaching application, guitar theory, App Inventor 2*

บทนำ

กีตาร์เป็นเครื่องดนตรียอดนิยมชนิดหนึ่งซึ่งหาซื้อได้ง่าย ในปัจจุบันนี้เครื่องดนตรีประเภทนี้หาได้ง่ายมาก และมีผู้เล่นจำนวนมาก การเล่นดนตรีมีประโยชน์ทางด้านอารมณ์ สมาธิ สามารถสร้างเป็นอาชีพ และสร้างความบันเทิงให้เราได้อีกด้วย และในปัจจุบันเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายผ่านเครื่องมือสื่อสารแบบพกพา เมื่อมีเทคโนโลยีสื่อสารไร้สายความเร็วสูงรองรับก็ยิ่งทำให้ผู้ใช้สามารถใช้งานแอพพลิเคชันได้ทุกที่ทุกเวลา และในหลาย โอกาสมากยิ่งขึ้น ซึ่งการเรียนการสอนในอดีตจำเป็นต้องเดินทางไปยังสถาบันสอนดนตรีเพื่อทำการเรียนการสอนกีตาร์ ทางผู้พัฒนาแอพพลิเคชันเล็งเห็นถึงปัญหาในจุดนี้ จึงได้ทำการพัฒนาแอพพลิเคชันการเรียนการสอนกีตาร์ผ่านทางแอพพลิเคชันขึ้น เพื่อเป็นการสะดวกต่อการเรียนการสอน ที่ผู้ใช้สามารถเรียนรู้ได้ทุกที่ทุกเวลา ทำให้ประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายในการเดินทาง

เนื่องด้วยปัจจุบันได้มีการนำระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์มาใช้ในการสร้างแอพพลิเคชัน เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในการใช้ชีวิตประจำวันและเพื่อเป็นการใช้เทคโนโลยีให้เกิดประโยชน์และ สร้างสรรค์ ผู้จัดทำจึงได้คิดริเริ่มที่จะพัฒนาแอพพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนและแท็บเล็ต โดยเน้นไปที่ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์แอพพลิเคชัน และมีผู้ใช้เป็นจำนวนมากและมีแนวโน้มว่าจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทั้งนี้แอพพลิเคชันแอนดรอยด์ กับการพัฒนาครั้งนี้ได้ทำในส่วนของการแนะนำผู้ที่สนใจในการฝึกเล่นกีต้าร์ แอพพลิเคชันจะสอนการเล่นเบื้องต้น แนะนำทฤษฎีที่จำเป็นและถูกต้องสำหรับมือใหม่ที่พึ่งหัดเล่น โดยไม่เสียค่าบริการใดๆ

ขอบเขตของงาน

ระบบแจ้งสอนกีตาร์ออนไลน์แบ่งผู้ใช้ออกเป็น 3 กลุ่ม และแต่ละกลุ่มสามารถทำงานได้ดังนี้

1. กลุ่มผู้ใช้บริการ
    1.1 ผู้ใช้บริการสามารถเข้าถึงการเรียนการสอนผ่านทางแอพพลิเคชันได้โดยตรง
    1.2 ผู้ใช้บริการสามารถเข้ามาเรียนรู้เทคนิคและทฤษฎีได้ก่อน โดยที่ยังไม่ต้องมีเครื่องดนตรี
    1.3 ผู้ใช้บริการสามารถตรวจสอบ การวัดระดับ และวัดคะแนนผ่านทางแบบฝึกหัด
2. ครูผู้สอน
    2.1 ครูผู้สอนสามารถเข้าดูข้อมูลการทำงานของลูกค้าได้
    2.2 ครูผู้สอนสามารถทำการเพิ่มหรือแก้ไข ข้อมูลแบบฝึกหัดได้
3. ผู้ดูแลระบบ
    3.1 ผู้ดูแลระบบสามารถแก้ไขปรับปรุงข้อมูลของผู้ใช้งานและครูผู้สอนได้
    3.2 ผู้ดูแลระบบสามารถบำรุงซ่อมแซมเครื่องแม่ข่ายได้

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android Operating System) หมายถึง ระบบปฏิบัติการที่มีพื้นฐานอยู่บนลินุกซ์ถูกใช้สำหรับอุปกรณ์เคลื่อนที่และอุปกรณ์พกพา เช่น มือถือ คอมพิวเตอร์ เป็นต้น ระบบแอนดรอยด์เป็นโอเพนซอร์ซ ซึ่งเปิดโอกาสให้ผู้พัฒนาหรือ ผู้ใช้งานสามารถนำไปพัฒนาต่อได้ ทำให้มีความนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมากยิ่งขึ้น

ไฟร์เบส (Firebase) หมายถึง ระบบโครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการพัฒนาแอพพลิเคชัน โดยที่ตัวไฟร์เบสถูกออกแบบมา ให้สามารถทำงานได้ในหลากหลายแพลตฟอร์ม ทั้งแอพพลิเคชันสำหรับเว็บไซต์สมาร์ทโฟน ที่สามารถใช้งานได้ทั้งในระบบปฏิบัติการไอโอ เอส และระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

แอพอินเวนเตอร์ (App Inventor) หมายถึง เครื่องมือที่ใช้สำหรับสร้างแอพพลิเคชันสำหรับสมาร์ทโฟนและแท็บเล็ตที่เป็นระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยมีลักษณะการเขียนโปรแกรมแบบจินตภาพ (Visual Programming) เป็นการเขียนโปรแกรมด้วยการต่อบล็อกคำสั่ง เน้นการออกแบบ เพื่อแก้ปัญหาด้วยการสร้างโปรแกรมที่สนใจบนโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟน

จิรวิญญ์ ดีเจริญชิตพงศ์ [1] ได้ทำการศึกษาและออกแบบแอพพลิเคชันสำหรับระบบการขนส่งของบริษัทสี่สหายขนส่ง จำกัด บน ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ระบบสามารถจัดการข้อมูลผู้ใช้งาน ข้อมูลการขนส่งพัสดุ ให้บริการขนส่งพัสดุแก่ลูกค้า ติดตามสถานการณ์ขนส่งพัสดุ ยืนยันการขนส่งพัสดุ และแสดงรายงานสรุปรายละเอียดการให้บริการ

พิชญา นิทรุ่งรัตนา [3] ได้ทำการศึกษาและออกแบบแอพพลิเคชันแบบอินเตอร์แอคทีฟสำหรับไอแพด เพื่อเป็นกรณีศึกษาสื่อแนะนำการท่องเที่ยวจังหวัดเชียงใหม่ว่าแอพพลิเคชันนี้สะดวกกับผู้ใช้งาน ใช้งานง่าย จากความพึงพอใจของประสิทธิภาพการใช้งานของผู้ใช้ระบบอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้เพราะผู้วิจัยได้ศึกษาหลักการสร้างแอพพลิเคชันและสามารถใช้งานได้จริง สะดวก มีความดึงดูดในการใช้งาน

ดาราวรรณ นนทวาสี [2] การพัฒนาแอพพลิเคชันเพื่อการเรียนรู้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์: กรณีศึกษาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนทาขุมเงินวิทยาคาร จังหวัดลำพูน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความคิดเห็นของผู้ใช้ที่มีต่อแอพพลิเคชันเพื่อการเรียนรู้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยแอพพลิเคชันที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

นราธิป บาลลา [4] การพัฒนาแอพพลิเคชันเพื่อการเรียนรู้ภาษาอังกฤษบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์: กรณีศึกษาสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนประถมสาธิต มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาคุณภาพของแอพพลิเคชันเพื่อการเรียนรู้ภาษาอังกฤษบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และเพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อแอพพลิเคชัน

สุธิรา จันทร์ปุ่ม [5] การพัฒนาโมบายแอพพลิเคชันแหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดสกลนครบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยมีวัตถุประสงค์ พัฒนาโมบายแอพพลิเคชันแหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดสกลนคร บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และ ศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้โมบายแอพพลิเคชัน โดยแอพพลิเคชันที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ มีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมาก

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ผู้วิจัยได้ออกแบบขั้นตอนการพัฒนาระบบออกเป็น 5 ขั้นตอน โดยการใช้หลักการของ Waterfall Model ดังภาพที่ 1



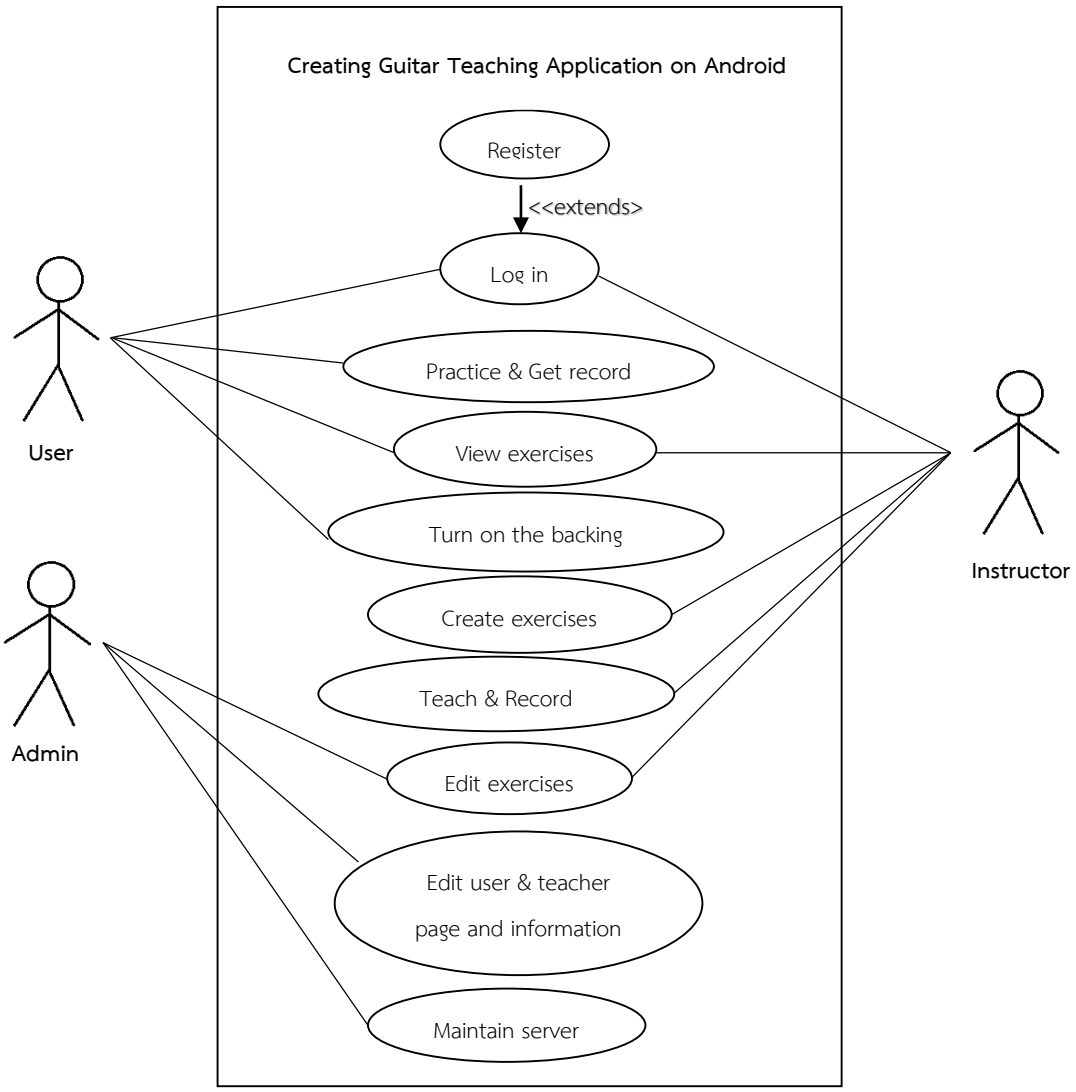
ภาพที่ 1 Waterfall Model

ขั้นตอนที่ 1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ โดยวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลนั้นทางผู้วิจัยได้ใช้วิธีสังเกตการณ์จากการเรียนการสอนดนตรีในโรงเรียนดนตรี แล้วจึงนำมาวิเคราะห์และออกแบบระบบต่อไป

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์ระบบและออกแบบระบบ

การวิเคราะห์และออกแบบระบบได้ใช้วิธี Object Oriented Analysis and Design ซึ่งจะได้แผนภาพที่แสดงการทำงานของระบบผู้ใช้ (Use case Diagram) ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 Use Case Diagram การพัฒนาแอพพลิเคชันสอนกีต้าร์บนระบบแอนดรอยด์

ขั้นตอนที่ 3 การพัฒนาระบบ

ในการดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการใช้เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ ดังนี้

3.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ในการพัฒนาระบบ ประกอบด้วย

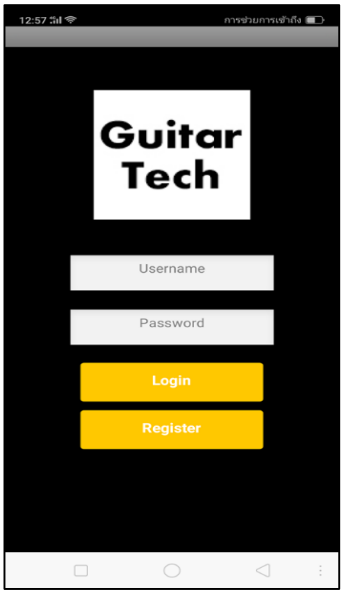
1. เครื่องคอมพิวเตอร์ PC
2. มีหน่วยประมวลผล (CPU) Intel core i7
3. ฮาร์ดดิสก์ SSD (SSD-hard disk) ขนาดความจุ 500 กิกะไบต์
4. หน่วยความจำหลัก (RAM) ขนาด 32 กิกะไบต์

3.2 ซอฟต์แวร์ (Software) ที่ใช้ในการพัฒนาระบบประกอบด้วย

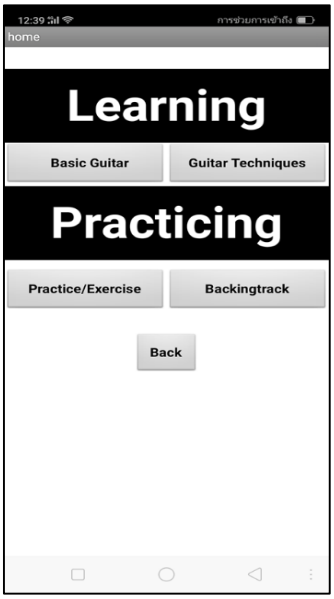
1. ระบบปฏิบัติการไมโครซอฟท์วินโดว์ 10 (Microsoft Windows 10)
2. Web Browser Google Chrome โดยทำงานผ่านเว็บแอพพลิเคชัน App Inventor2

ขั้นตอนที่ 4 การติดตั้งและทดสอบระบบ

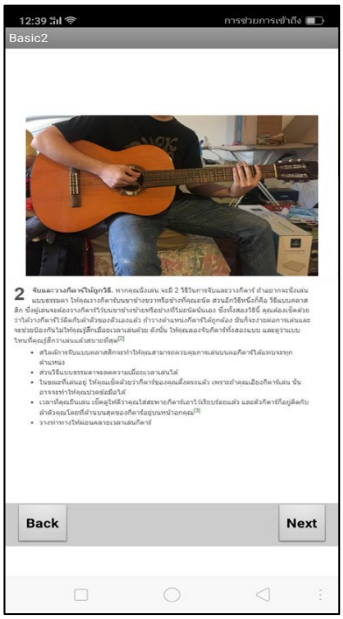
การสร้างและพัฒนาระบบแอพพลิเคชันสอนกีตาร์บนระบบแอนดรอยด์ ผู้วิจัยเลือกการพัฒนาโดยการใช้โปรแกรมประยุกต์ App Inventor2 และในการจัดการข้อมูลได้ใช้ Firebase Realtime Database ซึ่งผู้ใช้ต้องสมัครสมาชิกโดยการกรอก ID และ Password เพื่อที่จะทำการ login เพื่อเข้าไปใช้บริการการเรียนการสอน ดังภาพที่ 3-8



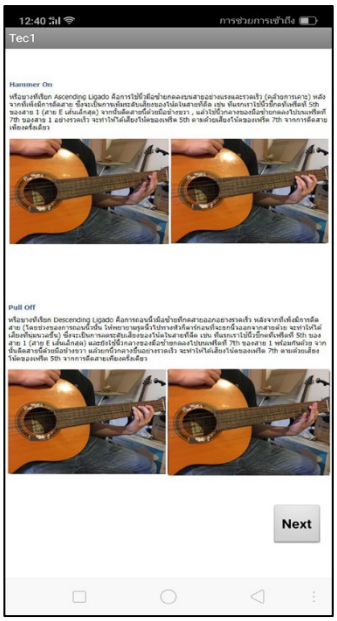
ภาพที่ 3 หน้าจอการเข้าสู่ระบบและลงทะเบียน



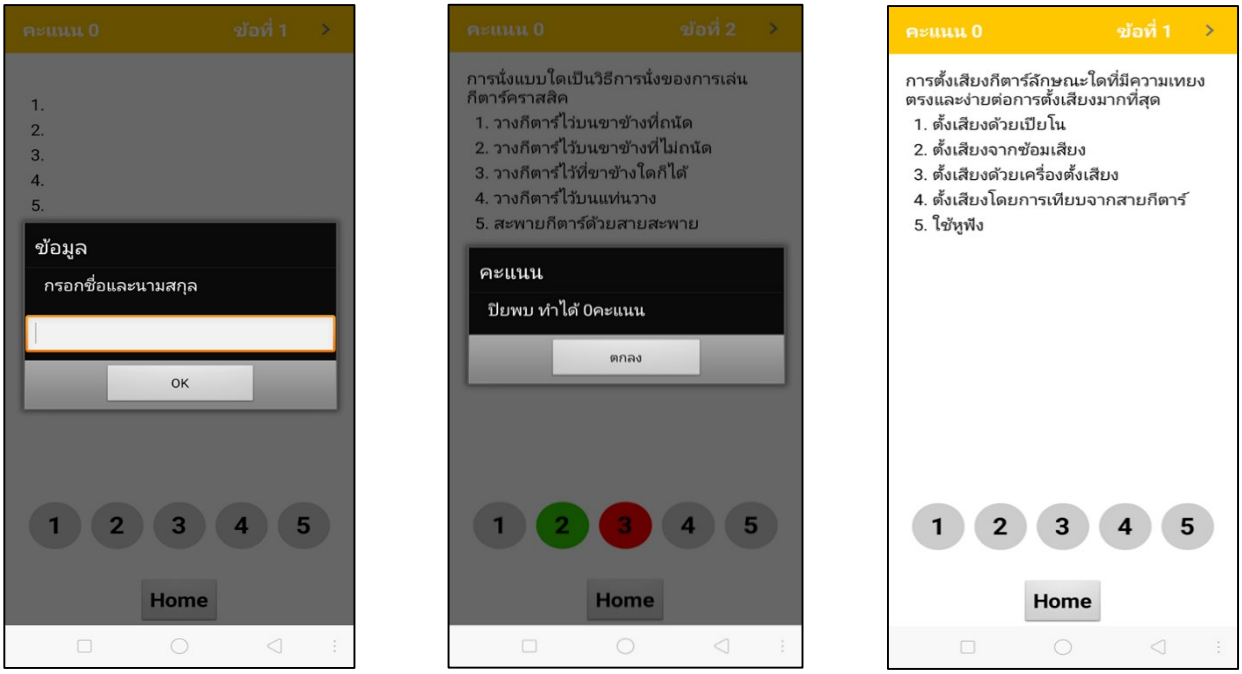
ภาพที่ 4 หน้าจอหลัก



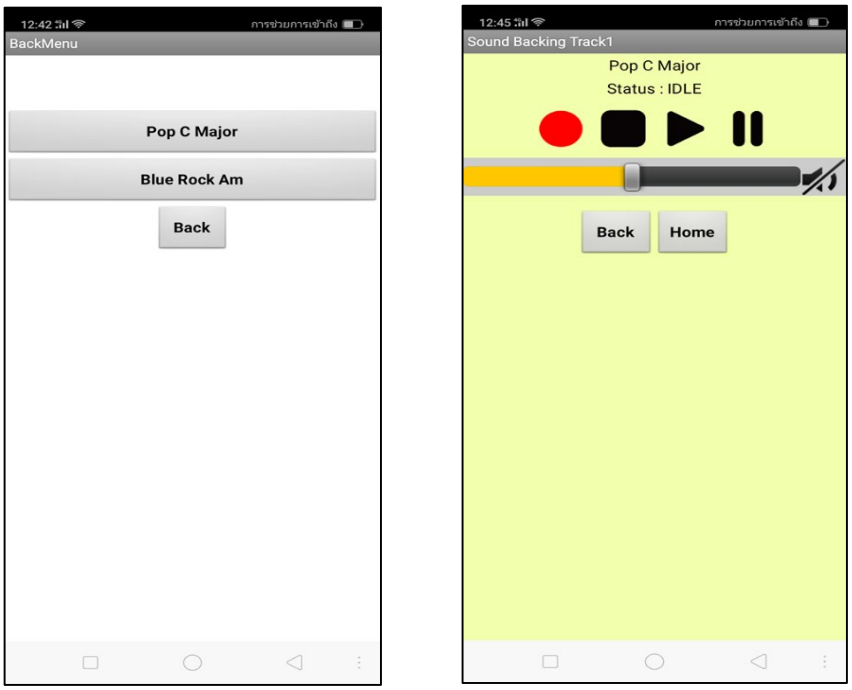
ภาพที่ 5 หน้าจอการสอนเบสิคเบื้องต้น



ภาพที่ 6 หน้าเทคนิคการเล่นกีตาร์



ภาพที่ 7 หน้าจอแบบฝึกหัด



ภาพที่ 8 หน้าจอ Backing Track

ขั้นตอนที่ 5

การทดสอบและประเมินผล การทดสอบหรือประเมินคุณภาพของระบบทำด้วยวิธีการแบบกล่องดำ (Black-Box Testing) และประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานแอพลิเคชันสอนกีตาร์บนระบบแอนดรอยด์ โดยใช้แบบประเมินชนิดมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามวิธีของลิเคอร์ท (Likert) ซึ่งมี 5 ระดับ โดยกำหนดเกณฑ์การตัดสิน ดังนี้

ตารางที่ 1 การแปลผลการหาค่าเฉลี่ยของแบบประเมิน

ระดับ	ความหมาย
4.50-5.00	มีความเหมาะสมระดับมากที่สุด
3.50-4.49	มีความเหมาะสมระดับมาก
2.50-3.49	มีความเหมาะสมระดับปานกลาง
1.50-2.49	มีความเหมาะสมระดับน้อย
1.00-1.49	มีความเหมาะสมระดับน้อยที่สุด

ตารางที่ 2 การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานแอพพลิเคชันสอนกีตาร์บนระบบแอนดรอยด์

หัวข้อที่ประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เชิงคุณภาพ
1. ความสะดวกในการใช้งานแอพพลิเคชัน	4.18	0.72	มาก
2. ความสามารถในการทำงานของแอพพลิเคชัน	4.02	0.50	มาก
3. ประสิทธิภาพของแอพพลิเคชัน	4.17	0.65	มาก
4. ความง่ายในการใช้แอพพลิเคชัน	3.31	0.82	มาก
5. ความปลอดภัยในการใช้งานแอพพลิเคชัน	4.14	0.54	มาก
รวม	4.16	0.65	มาก

สรุป

จากผลการทดสอบของการพัฒนาแอพพลิเคชันสอนกีตาร์บนระบบแอนดรอยด์โดยใช้โปรแกรม Apps Inventor 2 และ Firebase จากนั้น จึงทำการทดลองฟังก์ชันของระบบ ได้แก่ ระบบล็อคอิน ระบบการเรียนการสอน ระบบแบบฝึกหัดและคำนวณคะแนน และระบบการเล่นเสียง backing track จากนั้น จึงทำการทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้โดยใช้แบบสอบถาม จากผู้ใช้งานจำนวน 30 คน พบว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในการใช้แอพพลิเคชันอยู่ในระดับมาก แต่ควรปรับปรุงในเรื่องของความต่อเนื่องของแต่ละหน้าของแอพ และเนื่องจากปัจจุบันได้ใส่แบบเรียนไว้เพียงเบื้องต้น จึงมีเนื้อหาของแบบเรียนน้อย ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่ผู้พัฒนากำลังศึกษาและหาแนวทางพัฒนาต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

1. จิรวิญญ์ ดีเจริญชิตพงศ์. (2559). การศึกษาและออกแบบแอพพลิเคชั่นสำหรับระบบการขนส่งของบริษัทสี่สหายขนส่งจำกัดบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์. คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพ.
2. ดาราวรรณ นนทวาสี. (2557). การพัฒนาแอพลิเคชั่นเพื่อการเรียนรู้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์: กรณีศึกษาสำหรับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนทาขุมเงินวิทยาคาร จังหวัดลำพูน.

3. พิชญา นิทรุ่งรัตนา. (2556). การศึกษาและออกแบบแอพพลิเคชั่นแบบอินเตอร์แอคทีฟสำหรับไอแพดเพื่อเป็นกรณีศึกษาสื่อแนะนำการท่องเที่ยวจังหวัดเชียงใหม่ หลักสูตรปริญญาศิลปกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมการออกแบบ มหาวิทยาลัยศรีนครินวิโรฒ.
4. นราธิป บาลลา. (2558). การพัฒนาแอพพลิเคชั่นเพื่อการเรียนรู้ภาษาอังกฤษบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์: กรณีศึกษาสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนประถมสาธิต มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.
5. สุธิรา จันทร์ปุ่ม. (2558). การพัฒนาโมบายแอพพลิเคชั่นแหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดสกลนครบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.

[IT-P09] การพัฒนาแอพพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนแนะนำสถานที่ในมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

A Development of Mobile Application for Location Guide in UTCC

สรรชัย ไชยศรีษะ[1], อนุชิต จอกน้อย[1,*], นันทเนศ บุปผาสวรรค์[1], และ น้ำฝน อัศวเมฆิน[2]
Sunchai Chaisrisa[1], Anuchit Joknoi[1,*], Nantaned Buppsawan[1], and Namfon Assawamekin[2]
[1]หลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
[2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
[*]ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: joknoianuchit@gmail.com

บทคัดย่อ

ในปัจจุบัน มหาวิทยาลัยหอการค้าไทยยังไม่มีแอพพลิเคชันที่อำนวยความสะดวกให้กับบุคคลภายนอกในการที่จะมาติดต่อสอบถามหรือเยี่ยมชมสถานที่ต่าง ๆ ภายในมหาวิทยาลัย อีกทั้งมหาวิทยาลัยมีการจัดสอบให้กับหน่วยงานภายนอก ซึ่งผู้สอบจะต้องเดินทางมาที่มหาวิทยาลัยนี้เป็นครั้งแรก แต่จะไม่รู้ว่าห้องสอบอยู่ที่ไหน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่าควรมีแอพพลิเคชันที่สามารถเข้าถึงสถานที่ต่าง ๆ ได้ และ แนะนำส่วนต่าง ๆ ภายในมหาวิทยาลัย หรือแม้แต่นักศึกษาที่ไม่รู้ว่าภายในมหาวิทยาลัยนั้นมีสถานที่สำคัญใดบ้าง จะได้ทำความรู้จักมหาวิทยาลัยหอการค้าไทยให้มากขึ้น ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม App Inventor ในการพัฒนาแอพพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนที่สะดวกและเข้าถึงได้ง่ายในยุคปัจจุบันหรือยุค 4.0 ที่นำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในชีวิตประจำวัน อีกทั้งแอพพลิเคชันนี้ง่ายต่อการเรียกใช้ และสะดวกรวดเร็วต่อการค้นหาสถานที่ต่าง ๆ ในมหาวิทยาลัย เมื่อนำระบบไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ผลการทดสอบพบว่า ผู้ใช้งานส่วนใหญ่มีความพึงพอใจในการใช้ระบบในระดับมาก

คำสำคัญ: *แนะนำสถานที่, แอพอินเวนเตอร์, มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย*

Abstract

At present, there does not exist an application to facilitate guests who come to contact and visit various places in the University of Thai Chamber of Commerce. As realized by the researchers, such a navigation application should be developed to find and recommend a building, sometimes it may help to find the exam room. Because the university has arranged examinations for external agencies frequently outside, he/she must come to the university. But they do not know where the examination room is. The researchers used App Inventor in developing the mobile application which provides convenience and easy access in the present day of Thailand 4.0 where technology plays important roles in our daily lifes. The application was tested on a group of 30 sample students. The test results show that most students are satisfied with the application at high level.

Keywords: application guide place, App Inventor, University of the Thai Chamber of Commerce

บทนำ

เทคโนโลยีในยุคปัจจุบัน มีการวิวัฒนาการไปอย่างรวดเร็ว ไม่ว่าจะเป็นสมาร์ทโฟน สมาร์ททีวี สมาร์ทคาร์ สมาร์ทซิตี้ อีกทั้งยังมีการนำทางโดยใช้ GPS การใช้แอพพลิเคชันต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น Google Map เองก็ดี ที่ใช้ในการนำทางหรือค้นหาสถานที่ต่างๆ แต่ข้อเสียอย่างหนึ่งของ Google Map คือ พื้นที่ในบางบริเวณไม่สามารถมองเห็นข้างในของสถานที่นั้นได้ เช่น ภายในศูนย์ราชการต่างๆ หรือแม้กระทั่งภายในมหาวิทยาลัยเอง ทางคณะผู้จัดทำเล็งเห็นถึงปัญหานี้ แล้วคิดว่าถ้าหากมีแอพลิเคชันนำทางหรือแนะนำสถานที่บริเวณต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัยก็คงจะดีไม่น้อย เป็นการประชาสัมพันธ์มหาวิทยาลัย เช่น นักเรียนที่มาสมัครเรียน ไม่รู้จะไปทางไหน หรือไม่รู้ว่าสถานที่นี้อยู่ที่ไหน คณะผู้วิจัยจึงพัฒนาแอพพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนแนะนำสถานที่ในมหาวิทยาลัยหอการค้าไทยขึ้น โดยจะแนะนำสถานที่ต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ไม่ว่าจะเป็น ศูนย์รับสมัคร IDE

หอประชุม ห้องสมุด ศูนย์อาหาร ตึกจอดรถที่มีวิวที่สวยแห่งหนึ่งในมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย และยังมีสถานที่ต่างๆ มากมายที่จะทำให้คุณเปิดโลกทัศน์ที่มีอยู่ในเพิ่มมากขึ้นกว่าเดิมแน่นอน

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาแอพพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนแนะนำสถานที่ในมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ซึ่งบุคคลภายนอกสามารถเข้าถึงสถานที่ต่างๆ ในมหาวิทยาลัยได้ง่าย เป็นการแนะนำมหาวิทยาลัยไปในตัว เกิดประโยชน์กับนักศึกษาในมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย อีกทั้งช่วยในการหาห้องสอบ การหาสถานที่ต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัยได้

ขอบเขตของงาน

แอพพลิเคชันแนะนำสถานที่ภายในมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย แบ่งผู้ใช้ออกเป็น 2 กลุ่ม และแต่ละกลุ่มสามารถทำงานได้ ดังนี้

1. กลุ่มผู้ใช้
    1.1 ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข่าวสารใหม่ๆ ในแอพพลิเคชัน
    1.2 ผู้ใช้สามารถค้นหาสถานที่ในมหาวิทยาลัย

2. กลุ่มผู้ให้บริการ
    2.1 นักศึกษาสามารถเข้าดูข้อมูลการเข้าใช้แอพพลิเคชันของมหาวิทยาลัยได้
    2.2 นักศึกษาสามารถทำการเพิ่มหรือแก้ไข ข้อมูล ในการสมัครสมาชิกได้
    2.3 นักศึกษาสามารถทำการเพิ่มหรือแก้ไขข้อมูลข่าวสารในแอพพลิเคชันได้

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android Operating System) หมายถึง ระบบปฏิบัติการที่มีพื้นฐานอยู่บนลินุกซ์ถูกใช้สำหรับอุปกรณ์เคลื่อนที่และอุปกรณ์พกพา เช่น มือถือ คอมพิวเตอร์ เป็นต้น ระบบแอนดรอยด์เป็นโอเพ่นซอร์ส ซึ่งเปิดโอกาสให้ผู้พัฒนาหรือผู้ใช้งานสามารถนำไปพัฒนาต่อได้ ทำให้มีความนิยมอย่างแพร่หลายมากยิ่งขึ้น ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาโครงสร้างของ ‘ภาษาจาวา’ เป็นหลัก

ไฟร์เบส (Firebase) หมายถึง ระบบโครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการพัฒนาแอพพลิเคชัน โดยที่ตัวไฟร์เบสถูกออกแบบมาให้สามารถทำงานได้หลากหลายแพลตฟอร์ม ทั้งแอพพลิเคชันสำหรับเว็บไซต์ สมาร์ทโฟน ที่สามารถใช้งานได้ทั้งในระบบปฏิบัติการไอโอเอสและระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

แอพอินเวนเตอร์ (App Inventor) หมายถึง เครื่องมือที่ใช้ในการสร้างแอพพลิเคชันสำหรับสมาร์ทโฟนและแทปเล็ตที่เป็นระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ใช้หลักการคล้ายกับแสครทช แต่มีความซับซ้อนน้อยกว่า โดยมีลักษณะการเขียนโปรแกรมแบบจินตภาพ (Visual Programming) เป็นการเขียนโปรแกรมด้วยการต่อบล็อคคำสั่ง เน้นการออกแบบ เพื่อแก้ปัญหาด้วยการสร้างโปรแกรมที่สนใจบนโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟน

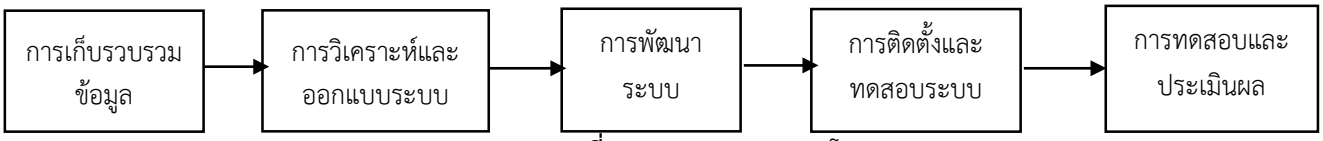
(ชุมพล, 2555) ทำการวิจัยเรื่องเส้นทางการท่องเที่ยวเชิงศิลปวัฒนธรรม อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจมาท่องเที่ยว ค่าใช้จ่าย ระยะเวลาที่ ใช้ในการท่องเที่ยวเฉลี่ยต่อคน และเส้นทางการท่องเที่ยวเชิงศิลปวัฒนธรรม อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี สรุปผลวิจัยพบว่านักท่องเที่ยวที่ได้รับการสัมภาษณ์จะกลับมาท่องเที่ยวในสถานที่เดิม

(วนารัตน์, 2558) ได้ศึกษาเรื่องระบบแนะนำข้อมูลการท่องเที่ยวเฉพาะบุคคลเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้นักท่องเที่ยวได้รับข้อมูลที่ต้องการค้นหาได้รวดเร็วขึ้น โดยระบบพยายามที่จะแนะนำข้อมูลการท่องเที่ยวให้ตรงกับความสนใจ อย่างไรก็ตามความท้าทายสำหรับผู้วิจัยคือปัญหาโคลด์สตาร์ท ซึ่งเกิดจากการขาดข้อมูลที่เพียงพอมาวิเคราะห์หาความสนใจของนักท่องเที่ยว สรุปผลการวิจัยสามารถแสดงให้เห็นว่าข้อมูลการเช็คอิน บนเฟสบุ๊คสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในระบบแนะนำข้อมูลการท่องเที่ยวได้

(พรทิพย์, 2557) ได้ศึกษาเรื่องการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมมีบทบาทมากยิ่งขึ้นในปัจจุบัน ประเทศไทยให้ความสำคัญกับเศรษฐกิจสร้างสรรค์ ซึ่งได้นำเอาภูมิปัญญาหรือวัฒนธรรม มาเป็นผลิตภัณฑ์มากกว่าการผลิตที่ต้องใช้กระบวนการในโรงงานอุตสาหกรรม ผู้วิจัยจึงสนใจนำสื่อการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมศรีวิชัยว่า มีผลต่อทัศนคติของนักท่องเที่ยวไทยอย่างไร โดยเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการใช้แบบสอบถามจากนักท่องเที่ยวชาวไทยที่เดินทางมา

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ออกแบบขั้นตอนการพัฒนาระบบออกเป็น 5 ขั้นตอน โดยใช้หลักการของ Waterfall Model ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 Waterfall Model (โอภาส, 2558)

ขั้นตอนที่ 1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ โดยวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลนั้นทางผู้วิจัยได้สังเกตการณ์จากบริเวณมหาวิทยาลัยเป็นระยะหนึ่ง แล้วจึงนำมาวิเคราะห์และออกแบบระบบต่อไป

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

การวิเคราะห์และออกแบบระบบได้ใช้วิธี Object-Oriented & Design ซึ่งได้แบบแผนที่แสดงการทำงานของระบบผู้ใช้ (Use Case Diagram) ดังภาพที่ 2

ขั้นตอนที่ 3 การพัฒนาระบบ

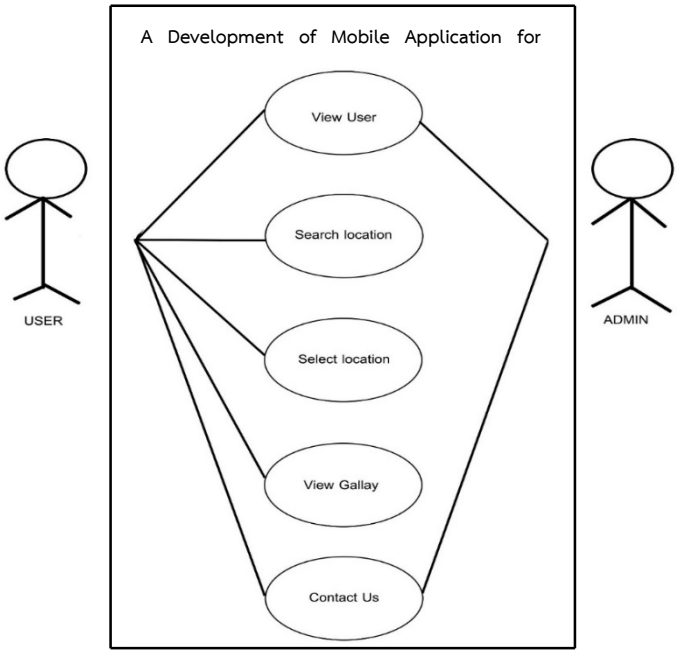
ในการดำเนินงานวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการใช้เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบดังนี้

3.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ในการพัฒนาระบบ ประกอบด้วย

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ PC
2. มีหน่วยประมวลผล (CPU) Intel core i7
3. ฮาร์ดดิสก์ (Hard Disk) ขนาดความจุ 1 เทราไบต์
4. หน่วยความจำหลัก (RAM) ขนาด 16 กิกะไบต์

3.2 ซอฟต์แวร์ (Software) ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ ประกอบด้วย

1. ระบบปฏิบัติการไมโครซอฟท์วินโดว์ 10 (Microsoft Windows 10)
2. Web Browser Google Chrome โดยทำงานผ่านเว็บแอพพลิเคชัน App Inventor2



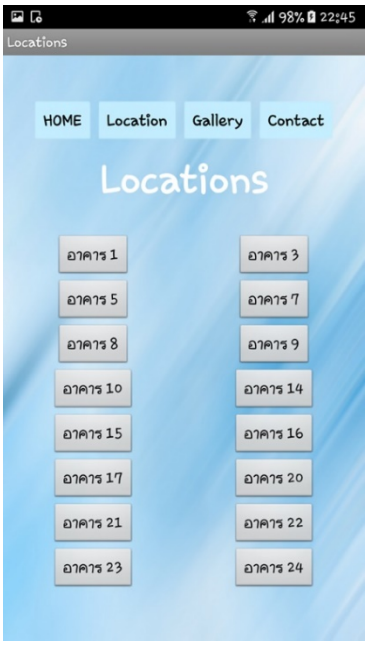
ภาพที่ 2 Use Case Diagram การพัฒนาแอพพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนแนะนำสถานที่ในมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

ขั้นตอนที่ 4 การติดตั้งและทดสอบระบบ

หลังจากที่ได้วิเคราะห์และออกแบบระบบเรียบร้อยแล้ว ทางทีมผู้วิจัยได้การพัฒนาแอพพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนแนะนำสถานที่ในมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย โดยใช้โปรแกรมประยุกต์ App Inventor2 และในการจัดการข้อมูลได้ใช้ Firebase Realtime Database โดยมีฟังก์ชันการทำงาน ดังภาพที่ 3-8



ภาพที่ 3 หน้าจอ Home



ภาพที่ 4 หน้าจอ Location



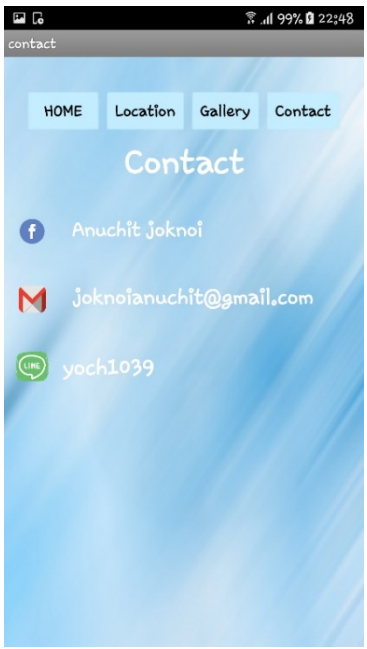
ภาพที่ 5 หน้าจออาคาร 1



ภาพที่ 6 หน้าจออาคาร 24



ภาพที่ 7 หน้าจอ Gallery



ภาพที่ 8 หน้าจอ Contact

ขั้นที่ 5 การทดสอบและประเมินผล

การทดสอบและประเมินคุณภาพระบบทำด้วยวิธีการแบบกล่องดำ (Black-Box Testing) และประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบแอพพลิเคชันสมาร์ทโฟนแนะนำสถานที่ภายในมหาวิทยาลัย โดยใช้แบบประเมินชนิดมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามวิธีของลิเคอร์ท (Likert) ดังตารางที่ 1 ซึ่งมี 5 ระดับ โดยกำหนดเกณฑ์การตัดสิน ดังนี้

ตารางที่ 1 การแปลผลการหาค่าเฉลี่ยของแบบประเมิน

ระดับ	ความหมาย
4.50-5.00	มีความเหมาะสมระดับมากที่สุด
3.50-4.49	มีความเหมาะสมระดับมาก
2.50-3.49	มีความเหมาะสมระดับปานกลาง
1.50-2.49	มีความเหมาะสมระดับน้อย
1.00-1.49	มีความเหมาะสมระดับน้อยที่สุด

ตารางที่ 2 การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานแอพพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนแนะนำสถานที่ภายในมหาวิทยาลัย

หัวข้อที่ประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เชิงคุณภาพ
1. ความสะดวกในการใช้งานแอพพลิเคชัน	4.15	0.49	มาก
2. ความสามารถในการทำงานของแอพพลิเคชัน	4.70	0.63	มากที่สุด
3. ประสิทธิภาพของแอพพลิเคชัน	4.09	0.69	มาก
4. ความง่ายในการใช้แอพพลิเคชัน	3.90	0.74	มาก
5. ความปลอดภัยในการใช้งานแอพพลิเคชัน	4.10	0.79	มาก
รวม	4.19	0.67	มาก

จากตารางที่ 2 คณะผู้วิจัยได้ทำการประเมินความพึงพอใจให้กับกลุ่มผู้ใช้งาน จำนวน 30 คน พบว่า หัวข้อที่เป็นที่พึงพอใจต่อผู้ใช้งานมากที่สุด คือ ความสามารถในการทำงานของแอพพลิเคชัน (ค่าเฉลี่ย 4.70 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.63) รองลงมา คือ ความสะดวกในการใช้งานแอพพลิเคชัน (ค่าเฉลี่ย 4.15 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.49) ความปลอดภัยในการใช้งานแอพพลิเคชัน (ค่าเฉลี่ย 4.10 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.79) ประสิทธิภาพของแอพพลิเคชัน (ค่าเฉลี่ย 4.09 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.69) และความง่ายในการใช้แอพพลิเคชัน (ค่าเฉลี่ย 3.90 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.74) โดยสรุปทั้ง 5 หัวข้อ พบว่า มีค่าเฉลี่ย 4.19 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.67 ซึ่งอยู่ในระดับมาก

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดสอบของการพัฒนาแอพพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนแนะนำสถานที่ในมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย โดยใช้โปรแกรม Apps Inventor 2 และ Firebase ในการสร้าง Application นั้น ได้มีการทดสอบฟังก์ชันของระบบโดยผู้ใช้งานจริง โดยทดลองใช้ฟังก์ชัน Search Location ในการค้นหาสถานที่อาคารต่างๆ ใช้ฟังก์ชัน Select Location เลือกดูอาคารที่สนใจ ใช้ฟังก์ชัน View Gallery เพื่อดูสถานที่ที่เป็นแลนด์มาร์คต่างๆ ของมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย จากนั้น จึงทำการทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้ โดยใช้แบบสอบถามจากผู้ใช้งานจริงจำนวน 30 คน พบว่า ความพึงพอใจของผู้ใช้งานจริงอยู่ในระดับมาก แต่ควรปรับปรุงด้านการทำงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น ในหน่วยงาน มีใครเป็นผู้ดูแล และหน่วยงานนั้นให้บริการเกี่ยวกับเรื่องใด ซึ่งผู้พัฒนาจะนำฟังก์ชันเหล่านี้ไปพัฒนาต่อในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

1. ชุมพล รอดแจ่ม. (2555). เรื่องเส้นทางการท่องเที่ยวเชิงศิลปวัฒนธรรม อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี. วิทยาลัยราชพฤกษ์ กระทรวงศึกษาธิการ.
2. พรทิพย์ ทวีพงษ์. (2557). สื่อการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมศรีวิชัยที่มีต่อทัศนคติของนักท่องเที่ยวชาวไทย. วารสารวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี.
3. วนารัตน์ จุฬพันธ์ทอง. (2558). ระบบแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวโดยใช้ข้อมูลจากเครือข่ายสังคม. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.
4. โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. (2560). การวิเคราะห์และออกแบบระบบ (ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม). สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น.
5. McConnell, Steve. (2006). Software Estimation: Demystifying the Black Art. Microsoft Press. ISBN 0-7356-0535-1.

[IT-P10] การพัฒนาแอพพลิเคชันบนมือถือสำหรับอพาร์ทเมนต์ กรณีศึกษา: บีพี อพาร์ทเมนต์

Development of Mobile Application for Apartment Case Study: B.P. Apartment

กาญจนา ตรีกุล[1,*],พฤศจิกา ธนูแก้ว[1], และ น้ำฝน อัศวเมฆิน[2]

Kanjana Trikun[1,*], Prusajika thanukaew[1], and Namfon Assawamekin[2]

[1]หลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

[2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

[*]ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: kanjana1997.k@gmail.com

บทคัดย่อ

ในปัจจุบัน อพาร์ทเมนต์มีการแข่งขันกันสูงมาก ทั้งด้านราคา ทำเลที่ตั้ง ความสะอาด และความสะดวกสบาย ในปัจจุบันประชาชนเลือกที่จะมองหาอพาร์ทเมนต์มากขึ้น เพราะว่าหาเช่าอยู่ได้ง่าย ราคาเอื้อมถึง ปัจจุบัน เทคโนโลยีได้เข้ามามีส่วนในชีวิตประจำวันของเรามากขึ้น และบีพี อพาร์ทเมนต์ ยังบริหารจัดการกับอพาร์ทเมนต์ด้วยการเขียนด้วยมือ ใช้กระดาษในการจดค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่ลูกค้าต้องชำระ และ มีการชำระเงินด้วยเงินสด ทำให้เจ้าของอพาร์ทเมนต์มองหาช่องทางในการนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ เข้ามาใช้ในอพาร์ทเมนต์ เพื่อให้ลูกค้ามีความสะดวกสบายมากขึ้น สามารถเข้าถึงข้อมูลหอพักได้อย่างรวดเร็ว เช่น ตรวจเช็คค่าเช่าห้อง สามารถชำระเงินออนไลน์ได้ ส่วนเจ้าของอพาร์ทเมนต์ สามารถอัพเดตห้องว่าง แบบห้อง ค่าเช่าห้อง และข่าวสารต่าง ๆ ใ ห้ลูกค้าทราบได้ทันที ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาเว็บแอพพลิเคชัน โดยใช้โปรแกรม App Inventor2 และ Line ในการติดต่อกับลูกค้าหรือผู้เช่าพัก พร้อมทั้งนำระบบนี้ให้กับเจ้าของอพาร์ทเมนต์ และผู้เช่า จำนวน 30 คน ได้ทดลองใช้งานแอพพลิเคชัน ผลการทดสอบพบว่า ลูกค้าส่วนใหญ่มีความพึงพอใจในการใช้ระบบระดับมาก

คำสำคัญ: *อพาร์ทเมนต์, ทำเลที่ตั้ง, เทคโนโลยี*

Abstract

Currently, the apartment is very competitive in terms of price, location, cleanliness, and comfort. Currently, more people choose to look for an apartment because It is easy for rent at reasonable prices. At present technology are more involved in daily activities. BP apartment manages the work with a hand-written on the paper to write down expenses. Some customer pays cash for the payments. The apartment owners looking for a way to bring new technologies to use in the apartment to make customers more comfortable. Dormitory access quickly, such as checking the rent can be paid online. The owner of the apartment updated room availability, room rent and news to customers immediately. The researchers developed a web application using App Inventor2 and Line in contact with customers or tenants stay put this system to the owner of the apartment, and the tenant of 30 trial apps. The result shows that most of the customers satisfied with the new application at a high level.

Keywords*: apartment, location, technology*

บทนำ

ในปัจจุบัน อพาร์ทเมนต์มีการแข่งขันกันสูงมาก ไม่ว่าจะเป็น หอพัก อพาร์ทเมนต์ คอนโดมีเนียม ล้วนหาเช่าได้ง่าย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความชอบส่วนบุคคล ทำเลที่ตั้ง และราคา ถ้าหากต้องการที่จะเพิ่มยอดขายหรือต้องการให้เป็นที่รู้จักแล้ว จะต้องพัฒนาอพาร์ทเมนต์ของตนให้ทันต่อยุคสมัย ในสมัยนี้เป็นยุคที่ผู้คนส่วนใหญ่เน้นใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตและโทรศัพท์มือถือ อพาร์ทเมนต์บางแห่งจึงปรับตัวให้เข้ากับยุคสมัย บีพี อพาร์ทเมนต์ตั้งอยู่ที่ 48/1 ซอยสุนทรศิริ (แยก4) ถนนประชาราษฎบำเพ็ญ6 เขตห้วยขวาง กรุงเทพมหานคร 10310 เป็นอพาร์ทเมนต์ขนาดกลาง มี 24 ห้อง แบ่งเป็น ห้องแอร์ 16 ห้อง ห้องพัดลม 8 ห้อง และในปัจจุบันยังไม่มีการนำเทคโนโลยีใดๆ เข้ามาช่วยในการจัดการเกี่ยวกับการอัพเดตห้อง และแจ้งข่าวสารต่างๆ ให้ผู้เช่า ส่วนผู้เช่ายังคงชำระเงินเป็นเงินสดอยู่ ในปัจจุบัน ยังคงแจ้งข่าวสารต่างๆ โดยจดกระดาษด้วยมือ และไม่ทันสมัย จึงเป็นจุดเริ่มต้นในการทำวิจัยครั้งนี้

ในปัจจุบัน โทรศัพท์มือถือและอินเทอร์เน็ตนั้นได้มีส่วนเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของคนเราเป็นอย่างมาก ทางผู้วิจัยจึงได้คิดที่จะนำเอาเทคโนโลยีทางอินเทอร์เน็ตเข้ามาช่วยในการส่งใบแจ้งหนี้ ใบเสร็จออนไลน์ ระบบช่วยติดตามการจ่ายเงินมาช่วยในการอำนวยความสะดวกให้กับลูกค้า เพื่อเพิ่มความสะดวกสบายในการเข้าพัก โดยระบบการจัดการอพาร์ทเมนต์ส่วนใหญ่จะเป็นระบบที่ใช้ได้เฉพาะในคอมพิวเตอร์ แต่ระบบที่ได้พัฒนานั้นเป็นระบบที่ใช้ได้สำหรับมือถือให้กับผู้ที่ต้องการพักอาศัย และพัฒนาเว็บแอพพลิเคชันให้เจ้าของอพาร์ทเมนต์ เพื่อนำเสนออพาร์ทเมนต์ การศึกษางานวิจัยนี้ มีแนวคิดมาจากการนำเทคโนโลยีเว็บเข้ามาช่วยในการจัดการอพาร์ทเมนต์แบบปกติให้ดูทันสมัยตามเทคโนโลยีในปัจจุบัน

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

App Inventor เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับสร้างแอพพลิเคชันสำหรับสมาร์ทโฟนและแท็บเล็ตที่เป็นระบบปฏิบัติการ Android ซึ่งบริษัท Google ร่วมมือกับ MIT พัฒนาโปรแกรม App inventor ขึ้น ต่อมา Google ถอนตัวออกมาและยกให้ MIT พัฒนาต่อเอง (โดยเน้นกลุ่มผู้ใช้ด้านการศึกษามากกว่า) ในนาม MIT App inventor App inventor ใช้หลักการคล้ายๆ กับ Scratch แต่ซับซ้อนกว่า โดยลักษณะการเขียนโปรแกรมแบบ Visual Programming คือ เขียนโปรแกรมด้วยการต่อบล็อกคำสั่ง เน้นการออกแบบเพื่อแก้ปัญหา (Problem Solving) ด้วยการสร้างโปรแกรมที่ผู้เรียนสนใจบนโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟน

ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android Operating System) หมายถึง ระบบปฏิบัติการที่มีพื้นฐานอยู่บนลินุกซ์ถูกใช้สำหรับอุปกรณ์เคลื่อนที่และอุปกรณ์พกพา เช่น มือถือ คอมพิวเตอร์ เป็นต้น ระบบแอนดรอยด์เป็นโอเพนซอร์ซ ซึ่งเปิดโอกาสให้ผู้พัฒนาหรือผู้ใช้งานสามารถนำไปพัฒนาต่อได้ ทำให้มีความนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมากยิ่งขึ้น ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาจะเป็นโครงสร้างของ ‘ภาษาจาวา’ เป็นหลัก

ชนายุส เชี่ยวเชิงการุณ[1] ศึกษาพบว่า โดยรวมปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดด้านสภาพแวดล้อม มีผลต่อการตัดสินใจเลือกเช่าห้องพักของกลุ่มตัวอย่างในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า อยู่ในระดับมากเกือบทุกข้อ ยกเว้นเรื่องความปลอดโปร่ง อากาศถ่ายเทได้ดีเป็นอันดับมากที่สุด โดยปัจจัยรายข้อด้านสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเลือกเช่าห้องพักดังกล่าว เช่น ความปลอดโปร่ง อากาศถ่ายเทได้ดี สภาพแวดล้อมที่เงียบ ความกว้างของการเดินในห้องพัก

ปิติ โชติสุกานต์[2] ศึกษาพบว่า ลูกค้าที่กำลังตัดสินใจเลือกเช่าห้องพัก จะมองการเช่าห้องเสมือนการอยู่อาศัยแบบชั่วคราวที่มีระยะยาว ความสวยงามของอพาร์ทเมนต์ จึงมีส่วนช่วยสร้างความรู้สึกที่สบาย เปรียบเสมือนบ้านหลังที่สองที่จะมาพักอาศัย

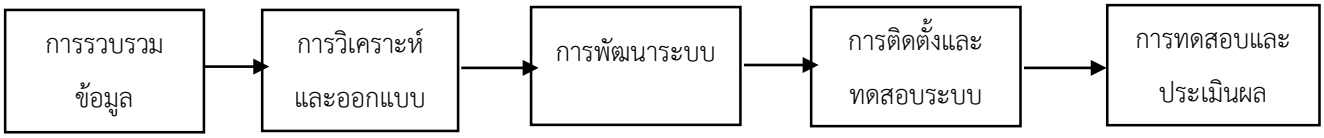
พจนารถ อิ่มสอน[3] ศึกษาพบว่า ปัจจัยด้านการจัดจำหน่ายหรือทำเลที่ตั้ง มีผลต่อการตัดสินใจเช่าห้องพัก ความสะดวกสบายในการเดินทาง กระบวนการรักษาความปลอดภัย และระยะห่างระหว่างที่พักกับที่ทำงาน

ลัดดาวัลย์ ประกอบมูล[4] ศึกษาพบว่า ภาพรวมลูกค้าให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับสูง และปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการตัดสินใจสูงสุด คือ การออกแบบและความสวยงามของอาคาร รองลงมาคือห้องน้ำใช้สุขภัณฑ์คุณภาพดี รวมถึงการออกแบบตกแต่ง การแบ่งส่วนการใช้พื้นที่ให้เป็นกิจจะลักษณะ ความพร้อมของเฟอร์นิเจอร์ภายในห้องพัก มีโทรศัพท์ภายในห้องพัก มีพัดลม และเครื่องปรับอากาศภายในห้องพัก

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้น จะเห็นได้ว่า ยังไม่มีการใช้ Mobile Application ดังนั้น วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ เพื่อพัฒนาแอพพลิเคชันบนมือถือสำหรับอพาร์ทเมนต์ จะทำให้เจ้าของอพาร์ทเมนต์และผู้ใช้บริการหรือผู้เช่าพักได้รับความสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ได้ดำเนินการตามวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) เนื่องจากมีการแบ่งขั้นตอนการทำงานอย่างชัดเจน และเหมาะกับการพัฒนาระบบมากที่สุด โดยแบ่งขั้นตอนการวิจัยออกเป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่



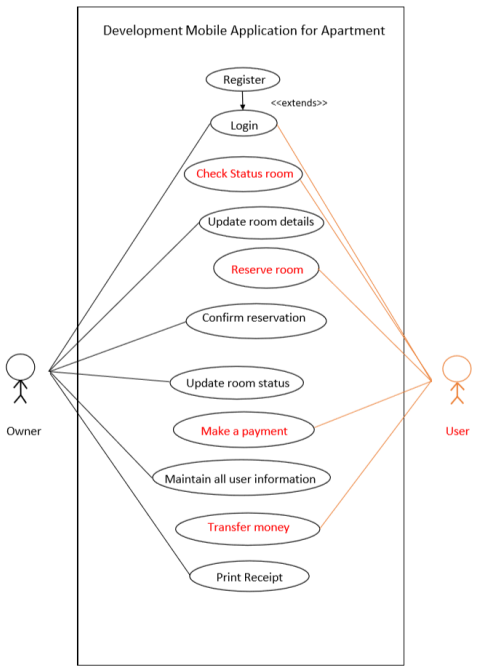
ภาพที่ 1 Waterfall Model

ขั้นตอนที่ 1 การรวบรวมข้อมูล

การรวบรวมข้อมูล เป็นการเก็บข้อมูล การสัมภาษณ์เชิงลึก (In-Depth Interview) จากผู้ที่เกี่ยวข้อง คือ เจ้าของ บีพีอพาร์ทเมนต์

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

มีการวิเคราะห์ระบบจากเจ้าของและผู้เช่า แต่ระบบจะเน้นให้เจ้าของอพาร์ทเมนต์ใช้มากกว่าผู้เช่า โดยจะแสดงออกมาในรูปแบบ Use Case Diagram ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 Use Case Diagram การพัฒนาโมบายแอพพลิเคชันสำหรับอพาร์ทเมนต์

ขั้นตอนที่ 3 การพัฒนาระบบ

ในการดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการใช้เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบดังนี้

3.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ในการพัฒนาระบบ ประกอบด้วย

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ PC
2. มีหน่วยประมวลผล (CPU) intel core i7
3. ฮาร์ดดิสก์ (Hard Disk) ขนาดความจุ 500 กิกะไบต์
4. หน่วยความจำหลัก (RAM) ขนาด 16 กิกะไบต์

3.2 ซอฟต์แวร์ (Software) ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ ประกอบด้วย

1. ระบบปฏิบัติการไมโครซอฟท์วินโดว์ 10 (Microsoft Windows 10)
2. Web Browser Google Chrome โดยทำงานผ่านเว็บแอพพลิเคชัน App Inventor2

ขั้นตอนที่ 4 การติดตั้งและทดสอบระบบ

การสร้างและพัฒนาระบบแอพพลิเคชันการจัดการอพาร์ทเมนท์ออนไลน์ บีพี อพาร์ทเมนท์ผู้วิจัยเลือกการพัฒนาโดยการใช้โปรแกรมประยุกต์ App Inventor2 และ Line เพื่อติดต่อกับลูกค้า ตัวอย่าง หน้าจองห้องพักและตรวจสอบการเข้าถึงของ BP APARTMENT ดังภาพที่ 3-10



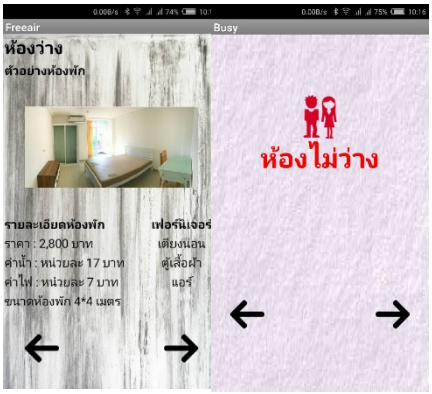
ภาพที่ 3 หน้าจอการลงทะเบียน



ภาพที่ 4 หน้าจอการ Log in



ภาพที่ 5 หน้าจอการตรวจสอบห้องพัก

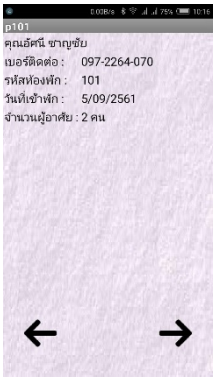


ภาพที่ 6 หน้ารายละเอียดห้องพัก



ภาพที่ 7 หน้าจอการจองห้องพัก





ภาพที่ 8 หน้าจอการยืนยันการจองห้องพัก





ภาพที่ 9 หน้าจอผู้พัก **ภาพที่ 10** หน้าจอติดต่อสอบถาม

ขั้นตอนที่ 5 การทดสอบและประเมินผล

การทดสอบหรือประเมินคุณภาพของระบบทำด้วยวิธีการแบบกล่องดำ (Black-Box Testing) และประเมินความพึงพอใจของ ผู้ใช้งานระบบการจองห้องพัก BP Apartment คือ ผู้อยู่อาศัยและเจ้าของอพาร์ทเมนต์ จำนวน 30 คน โดยใช้แบบประเมินชนิดมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามวิธีของลิเคอร์ท (Likert) ซึ่งมี 5 ระดับ โดยกำหนดเกณฑ์การตัดสิน ดังนี้

ตารางที่ 1 การแปลผลการหาค่าเฉลี่ยของแบบประเมิน

ระดับ	ความหมาย
4.50-5.00	มีความเหมาะสมระดับมากที่สุด
3.50-4.49	มีความเหมาะสมระดับมาก
2.50-3.49	มีความเหมาะสมระดับปานกลาง
1.50-2.49	มีความเหมาะสมระดับน้อย
1.00-1.49	มีความเหมาะสมระดับน้อยที่สุด

ตารางที่ 2 การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานแอพพลิเคชันบนมือถือสำหรับจองหอพัก บีพี อพาร์ทเมนต์

หัวข้อที่ประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เชิงคุณภาพ
1.ความสะดวกในการใช้งานแอพพลิเคชัน	4.33	0.60	มาก
2.ความสามารถในการทำงานของแอพพลิเคชัน	4.00	0.69	มาก
3.ประสิทธิภาพของการทำงาน	3.93	0.90	มาก
4.ความง่ายในการใช้แอพพลิเคชัน	3.96	0.61	มาก
5.ความปลอดภัยในการใช้แอพพลิเคชัน	4.00	0.78	มาก
รวม	4.04	0.72	มาก

สรุป

จากผลการทดสอบของการพัฒนาโมบายแอพพลิเคชันสำหรับอพาร์ทเมนต์ โดยใช้โปรแกรม App Inventor2 จากนั้นจึงทำการทดลองฟังก์ชันของระบบ ได้แก่ เข้าสู่ระบบ ตรวจสอบห้องพัก จองห้องพัก และชำระเงิน จากนั้น จึงทำการทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้โดยใช้แบบสอบถามจากผู้ใช้งานจำนวน 30 คน พบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในการใช้แอพพลิเคชันอยู่ในระดับมาก

แต่ควรปรับปรุงในเรื่องของประวัติผู้พักอาศัย เนื่องจากมีจำนวนน้อยเกินไป และปัจจุบันมีการใส่ข้อมูลไว้เพียงบางส่วนเท่านั้น ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่ผู้พัฒนากำลังศึกษาและหาแนวทางพัฒนาต่อไป หากมีการพัฒนาต่อไปในอนาคต ควรเพิ่มประวัติผู้พักอาศัยและข้อมูลผู้พักอาศัยให้เพิ่มมากขึ้น และเพิ่มความปลอดภัยในการเข้าสู่ระบบ เพื่อความปลอดภัยในการตรวจสอบข้อมูลของผู้พักอาศัย

เอกสารอ้างอิง

1. ชนายุส เชี่ยวเชิงการุณ. (2554). ปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดด้านสภาพแวดล้อม. นักศึกษาปริญญาโท บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยรังสิต.
2. ปิติ โชติสุกานต์. (2555). ปัจจัยด้านการเลือกห้องพักเปรียบเสมือนบ้าน. นักศึกษาปริญญาโท บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยนานาชาติแสตมฟอร์ด.
3. พจนารถ อิ่มสอน. (2558). ปัจจัยด้านการจัดจำหน่ายหรือทำเลที่ตั้ง. ภาควิชาบริหารธุรกิจ สาขาการจัดการ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
4. ลัดดาวัลย์ ประกอบมูล. (2556). ปัจจัยด้านการเลือกความสะดวกสบายและสิ่งอำนวยความสะดวก. บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต วิชาเอกการตลาด คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

[IT-P11] แอปพลิเคชันค้นหาร้านกาแฟ ร้านไหนดี
Coffee Shop Discovery Application: RaanNaiDee

เอก บำรุงศรี, วิชัยยันร์ ศรีอัดฮาด, และ ชัชวาลย์ โมกขะรัตน์
*Bamrungsi E., Sriadhad W., Mokkarat C.
ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: eak.bam@siam.edu*

บทคัดย่อ

กลุ่มผู้นิยมดื่มกาแฟมีความต้องการเข้าถึงข้อมูลร้านกาแฟให้ตรงกับเป้าหมายในการใช้บริการ เช่น รูปแบบของร้าน บรรยากาศร้าน เมนูเด่น รวมถึงการนำสัตว์เลี้ยงเข้าได้หรือไม่ เป็นต้น เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการตัดสินใจเลือกร้านกาแฟในพื้นที่ต่าง ๆ ได้รวดเร็วยิ่งขึ้น ผู้พัฒนาจึงได้ศึกษาพัฒนาแอปพลิเคชันค้นหาร้านกาแฟ “ร้านไหนดี” ขึ้น เพื่อเป็นแหล่งรวมข้อมูลร้านกาแฟ และเป็นช่องทางประชาสัมพันธ์ของร้านกาแฟได้อีกช่องทางหนึ่ง ระบบการทำงานถูกแบ่งออกเป็นส่วน Back-End System ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันสำหรับผู้ดูแลระบบใช้ในการจัดการหรือปรับปรุงแก้ไขมูลของร้านค้าทั้งหมด และร้านกาแฟใช้ในการปรับปรุงหรือแก้ไขข้อมูลของร้านตัวเอง พัฒนาด้วยภาษา PHP และ SQL และส่วน Front-End System เป็นโมบายแอปพลิเคชันบนแพลตฟอร์ม Android สำหรับผู้ใช้งานทั่วไป ใช้ในการแสดงผลข้อมูลร้านกาแฟ สามารถค้นหาร้านกาแฟได้จากบริเวณที่ตนเองอยู่หรือค้นหาจากการระบุชื่อจังหวัด สามารถเลือกดูข้อมูลรายละเอียดหรือสินค้าของร้านกาแฟที่ต้องการได้ มีระบบการให้คะแนนร้านกาแฟโดยผู้ใช้ต้องเข้าสู่ระบบก่อนจึงจะสามารถให้คะแนนร้านได้ พัฒนาด้วยภาษา Java ทำงานบนแพลตฟอร์ม Android มีการนำ Android SDK และ Google Maps API มาประยุกต์ใช้ ซึ่งหลังจากการพัฒนาแอปพลิเคชันนี้ขึ้นพบว่าผู้ใช้สามารถเข้าใช้งานแอปพลิเคชันได้โดยง่าย และยังสามารถใช้ค้นหาข้อมูลร้านกาแฟได้ตรงตามความต้องการ

คำสำคัญ: *โมบายแอปพลิเคชัน, เว็บแอปพลิเคชัน, ค้นหาร้านกาแฟ*

Abstract

The objective of the project is to develop an application to find cafes: RaanNaiDee. The developer can see the problems of coffee drinkers to access information about coffee shops more conveniently. So it has focused on developing an application that is easy to use and can also be an intermediate to promote the coffee shops. The system was divided into Web applications for system administrators use to manage or update the information of all the coffee shops. The section of the coffee shop owner is used to update or correct information on their own through the Web application. The last section used in the display is a mobile application on the Android platform for general users. They can find a coffee shop from their area or search by specifying the name of the province. They also can choose to view detailed information or products of a coffee shop that they preferred. Regarding the rating system of coffee shops by general users, they must log in first before rating it. Development of the system is divided into Back-End System, developed with PHP and SQL language is a Web application used to update or correct information for a coffee shop. And Front-End System, developed with Java language running on the Android platform and the Android SDK and Google Maps API are implemented. After developing this application it was found that users can access the applications easily and also can be used to find information coffee shop accurately.

Keywords: *mobile application, Web application, find coffee shop*

บทนำ

ประเทศไทยมีการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจทุกปี ทำให้เกิดรูปแบบของการบริการและร้านค้าต่างๆขึ้นมากมาย หนึ่งในนั้นคือธุรกิจร้านกาแฟซึ่งเป็นธุรกิจที่นิยมปัจจุบัน โดยจะมีลูกค้าที่ให้ความสนใจและชอบใช้บริการเป็นลูกค้าหลากหลายกลุ่ม ซึ่งในแต่ละกลุ่มลูกค้าจะมีรสนิยมและความต้องการในการเข้าใช้บริการร้านกาแฟที่แตกต่างกันออกไป เช่น สนใจด้านรสชาติกาแฟ สนใจบรรยากาศของร้าน เป็นต้น รวมถึงเงื่อนไขการให้บริการ เช่น การอนุญาตให้นำสัตว์เลี้ยงเข้าใช้บริการด้วย เป็นต้น และเนื่องด้วยปริมาณของร้านที่เปิดให้บริการที่มีอยู่อย่างมากมายและหลากหลายรูปแบบ เกิดการแข่งขันในทางธุรกิจสูง ร้านกาแฟจึงต้องการมีช่องทางในการประชาสัมพันธ์ร้านให้เข้าถึงลูกค้ากลุ่มเป้าหมายได้สะดวกและรวดเร็ว ในทางกลับกันผู้บริโภคกาแฟเองก็ต้องการเข้าถึงข้อมูลร้านกาแฟต่างๆ ก่อนที่จะตัดสินใจเดินทางไปรับบริการ จากแนวคิดดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดจัดทำแอปพลิเคชันสำหรับค้นหาร้านกาแฟ เพื่อเป็นตัวกลางในการตอบสนองระหว่างลูกค้าและกลุ่มร้านกาแฟ ระบบแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ ดังนี้ ส่วนที่ 1 สำหรับผู้ดูแลระบบในการจัดการข้อมูลร้านกาแฟที่สมัครเข้ามาเป็นสมาชิก และข้อมูลหลักอื่นๆ ที่ใช้ในระบบ โดยพัฒนาเป็นเว็บแอปพลิเคชัน ส่วนที่ 2 สำหรับผู้ใช้ที่เป็นร้านกาแฟเพื่อนำเสนอข้อมูลร้านของตน เช่น ข้อมูลร้าน ข้อมูลรายการเครื่องดื่ม เงื่อนไขการให้บริการต่างๆ โดยพัฒนาเป็นเว็บแอปพลิเคชัน และส่วนที่ 3 สำหรับผู้ใช้ที่เป็นผู้บริโภค สามารถกำหนดข้อมูลเพื่อใช้ในค้นหาร้านกาแฟที่มีผลิตภัณฑ์กาแฟและรูปแบบการบริการตรงตามความต้องการได้ รวมถึงสามารถให้คะแนนร้านกาแฟที่เข้ารับบริการได้ โดยพัฒนาเป็นโมบายแอปพลิเคชันที่ทำงานบนแพลทฟอร์มแอนดรอยด์ ในการพัฒนาระบบแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ Backend System ใช้ภาษาจาวาในการเขียนฟังก์ชันรองรับการทำงานของฝั่งโมบายแอปพลิเคชัน และจัดการฐานข้อมูลด้วย MySql และ Frontend System เป็นโมบายแอปพลิเคชัน พัฒนาด้วย Android SDK ผ่านโปรแกรม Android Studio ซึ่งระบบนี้จะช่วยให้การค้นหาร้านกาแฟได้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภคทั้งด้านผลิตภัณฑ์กาแฟและรูปแบบการบริการ และยังช่วยในการประชาสัมพันธ์ร้านกาแฟที่มาใช้บริการได้อีกด้วย

วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อพัฒนาแอพพลิเคชันร้านไหนดีสำหรับค้นหาร้านกาแฟ บนแพลทฟอร์มแอนดรอยด์

1.2 เพื่อพัฒนาเว็บแอพพลิเคชันร้านไหนดีสำหรับจัดการข้อมูลร้านกาแฟ

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Web Application (เว็บแอปพลิเคชัน)[1]

Web Application คือการพัฒนาระบบงานบนเว็บ เหมาะสำหรับงานที่ต้องการข้อมูลแบบ Real-time ระบบมีประสิทธิภาพ ใช้งานง่ายไม่ต้องติดตั้งโปรแกรมเสริมใดๆ ก็สามารถใช้งานได้จากทุกที่ ระบบที่พัฒนาขึ้นจะเป็นระบบเฉพาะ รองรับให้ตรงกับการทำงานมากที่สุด ไม่เหมือนกับโปรแกรมสำเร็จรูปที่สามารถประยุกต์กับงานได้หลายประเภท ตัวอย่างระบบงานที่เหมาะกับเว็บแอปพลิเคชัน เช่น ระบบการจองสินค้าหรือบริการต่าง ๆ เช่น การจองที่พัก การจองโปรแกรมทัวร์ จองตั๋วคอนเสิร์ต ฯลฯ ระบบงานบุคลากร ระบบการสั่งซื้อแบบพิเศษ ระบบร้านค้าและการขายสินค้า ระบบงานในโรงเรียน เช่น ระบบงานวัดและประเมินผล ระบบงานปกครอง ระบบงานห้องสมุด ระบบการลงทะเบียน ตรวจสอบผลการเรียน ฯลฯ ระบบงานอื่น ๆ ที่ต้องการนำข้อมูลมา Online ใช้สถาปัตยกรรม Web Application เนื่องจากสะดวกในการใช้งาน เพราะไม่จำเป็นต้องลงโปรแกรมก็สามารถใช้งานระบบได้

Mobile Application[2]

Mobile Application ประกอบขึ้นด้วยคำสองคำ คือ Mobile กับ Application มีความหมายดังนี้ Mobile คืออุปกรณ์สื่อสารที่ใช้ในการพกพา ซึ่งนอกจากจะใช้งานได้ตามพื้นฐานของโทรศัพท์แล้ว ยังทำงานได้เหมือนกับเครื่องคอมพิวเตอร์ เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่พกพาได้จึงมีคุณสมบัติเด่น คือ ขนาดเล็กน้ำหนักเบาใช้พลังงานค่อนข้างน้อย ปัจจุบันมักใช้ทำหน้าที่ได้หลายอย่างในการติดต่อแลกเปลี่ยนข่าวสารกับคอมพิวเตอร์ สำหรับ Application หมายถึงซอฟต์แวร์ที่ใช้เพื่อช่วยการทำงานของผู้ใช้ (User) โดย Application จะต้องมีสิ่งที่เรียกว่า ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface หรือ UI) เพื่อเป็นตัวกลางการใช้งานต่าง ๆ

Bootstrap[3]

Bootstrap คือ Front-end Framework ตัวหนึ่งที่ประกอบด้วยภาษา CSS, HTML และ Javascript เป็นชุดคำสั่งที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อกำหนดกรอบหรือ รูปแบบการพัฒนาเว็บไซต์ในส่วนของการปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้งานเว็บไซต์ (User Interface) เราจึงสามารถเรียก Bootstrap ว่าเป็น Front-end framework คือใช้สำหรับ พัฒนาเว็บไซต์ส่วนการแสดงผล ซึ่งแตกต่างจากภาษาประเภท Server Side Script อย่าง PHP, Python หรือภาษาอื่น ๆ

PHP[4]

ใช้ภาษา PHP เป็นหลักในการพัฒนาระบบ PHP คือ ภาษาคอมพิวเตอร์จำพวก scripting language ซึ่งคำสั่งต่างๆจะเก็บอยู่ในไฟล์ script เวลาใช้งานต้องใช้ตัวแปรชุดคำสั่ง แต่ลักษณะจะแตกต่างจากภาษาสคริปต์แบบอื่นๆ คือ PHP ได้รับการพัฒนาและออกแบบมา เพื่อใช้งานในการสร้างเอกสารแบบ HTML ดังนั้น PHP จึงเป็นภาษาที่เรียกว่า server-side หรือ HTML-embedded scripting language นั้นคือก่อนที่เครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งให้บริการเป็น Web server จะส่งหน้าเว็บเพจที่เขียนด้วย PHP จะทำการประมวลผลตามคำสั่งที่มีอยู่ให้เสร็จเสียก่อน แล้วจึงค่อยส่งผลลัพธ์ที่ได้ให้เรา จัดได้ว่า PHP เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้เราสามารถสร้าง Dynamic Web pages ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีลูกเล่นมากขึ้น

Javascript[5]

JavaScript คือ ภาษาคอมพิวเตอร์สำหรับการเขียนโปรแกรมบนระบบอินเทอร์เน็ต ที่กำลังได้รับความนิยมอย่างสูง Java JavaScript เป็น ภาษาสคริปต์เชิงวัตถุ (ที่เรียกกันว่า "สคริปต์" (script) ซึ่งในการสร้างและพัฒนาเว็บไซต์ (ใช่ร่วมกับ HTML) เพื่อให้เว็บไซต์ของเราดูมีการเคลื่อนไหว สามารถตอบสนองผู้ใช้งานได้มากขึ้น ซึ่งมีวิธีการทำงานในลักษณะ "แปลความและดำเนินงานไปทีละคำสั่ง" (interpret) หรือเรียกว่า อ็อบเจ็กโอเรียลเต็ด (Object Oriented Programming) ที่มีเป้าหมายในการ ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมในระบบอินเทอร์เน็ต สำหรับผู้เขียนด้วยภาษา HTML สามารถทำงานข้ามแพลตฟอร์มได้ โดยทำงานร่วมกับ ภาษา HTML และภาษา Java ได้ทั้งทางฝั่งไคลเอนต์ (Client) และ ทางฝั่งเซิร์ฟเวอร์ (Server)

MySQL[6]

MySQL คือ โปรแกรมระบบจัดการฐานข้อมูล ที่พัฒนาโดยบริษัท MySQL AB มีหน้าที่เก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบ รองรับคำสั่ง SQL เป็นเครื่องมือสำหรับเก็บข้อมูล ที่ต้องใช้ร่วมกับเครื่องมือหรือโปรแกรมอื่นอย่างบูรณาการ เพื่อให้ได้ระบบงานที่รองรับความต้องการของผู้ใช้ เช่นทำงานร่วมกับเครื่องบริการเว็บ (Web Server) เพื่อให้บริการแก่ภาษาสคริปต์ที่ทำงานฝั่งเครื่องบริการ (Server-Side Script) เช่น ภาษา php ภาษา aps.net หรือภาษาเจเอสพี เป็นต้น หรือทำงานร่วมกับโปรแกรมประยุกต์ (Application Program) เช่น ภาษาวิชวลเบสิกดอทเน็ต ภาษาจาวา หรือภาษาซีชาร์ป เป็นต้น โปรแกรมถูกออกแบบให้สามารถทำงานได้บนระบบปฏิบัติการที่หลากหลาย และเป็นระบบฐานข้อมูลโอเพนทซอร์ท (Open Source)ที่ถูกนำไปใช้งานมากที่สุด MySQL จัดเป็นระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (RDBMS : Relational Database Management System) ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน

Google Maps API[7]

Google Maps คือ บริการแผนที่ของ Google ซึ่งให้บริการ Services ที่เกี่ยวข้องกับแผนที่ทั้งหมด โดยในปัจจุบัน แผนที่ของกูเกิ้ลนั้นมีอยู่หลากหลายประเภทมาก อาทิเช่นที่เราใช้บริการแผนที่บนเว็บไซต์ หรือ Application บน Smartphone และทางช่องทางอื่นๆ อีกมากมายนับไม่ถ้วน โดย Services เหล่านี้เราสามารถเรียกใช้งานได้ฟรี ในกรณีที่ผ่าน Application ทั่วๆ ไป แต่ถ้าในกรณีที่เราจะมีการเรียกใช้งานในเว็บไซต์หรือ Application ที่พัฒนาขึ้นเอง Google Maps ก็จะมี API ให้ใช้งานได้เช่นเดียวกัน แต่ให้เข้าใจนิดหนึ่งว่า Services ต่างๆ ของ Google นั้นมีข้อจำกัดหรือ Limit ในการใช้งาน แต่ถ้าหากต้องการใช้ในบริมาณที่สูงขึ้น ก็จะต้องซื้อ Package ที่ทาง Google Maps มีมาให้ ซึ่งโดยปกติจะมีการจำกัดจำนวนที่ Request เข้ามาเรียกใช้งาน

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบตามแนวคิดในการพัฒนาวัฏจักรการพัฒนาระบบงาน (System Development Life Cycle หรือ SDLC) มาเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัย ซึ่งมีทั้งหมด 6 ขั้นตอน[8] ดังนี้

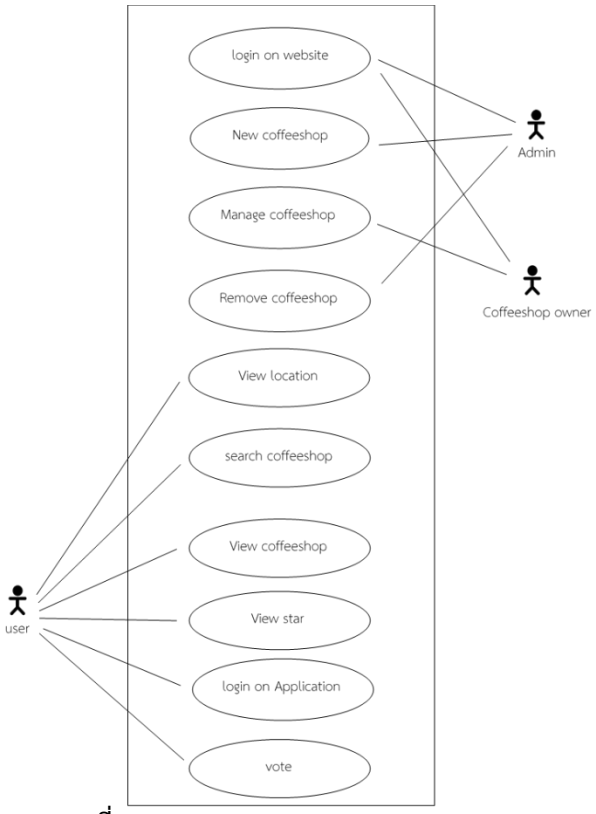
1. กำหนดปัญหา (Problem Definition)

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการศึกษาจากแอปพลิเคชันค้นหาร้านอาหารที่มีในปัจจุบันแล้วทำการหาจุดเด่นและจุดด้อยของแอปพลิเคชันดังกล่าว นอกจากนี้ได้ทำรวบรวมแนวทางในการเลือกร้านกาแฟจากกลุ่มผู้บริโภค รวมถึงศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง อาทิเช่น ข้อมูลประเภทเครื่องดื่ม ข้อมูลร้านกาแฟ เป็นต้น จากนั้นทำการศึกษาเทคโนโลยีที่ใช้ในการพัฒนาระบบรวมถึงข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการทำระบบค้นหาร้านกาแฟ พบว่าในปัจจุบันเทคโนโลยีของโทรศัพท์มือถือนั้นมีการพัฒนาที่รวดเร็วมากจึงเกิดโทรศัพท์ สมาร์ทโฟนที่มีประสิทธิภาพในการประมวลผลที่มีความเร็วสูงมาก จึงเกิดการพัฒนาระบบปฏิบัติการ (Operation System) ที่เป็นซอฟต์แวร์ช่วยทาหน้าที่เป็นตัวกลางระหว่างฮาร์ดแวร์และแอพพลิเคชันทั่วไป ระบบปฏิบัติการ (Operation System) ช่วยให้ตัวแอพพลิเคชัน ไม่ต้องจัดการเรื่องเหล่านั้นด้วยตนเอง เพียงแค่เรียกใช้บริการจากระบบปฏิบัติการก็พอ ทาให้พัฒนาแอพพลิเคชันได้ง่ายขึ้น

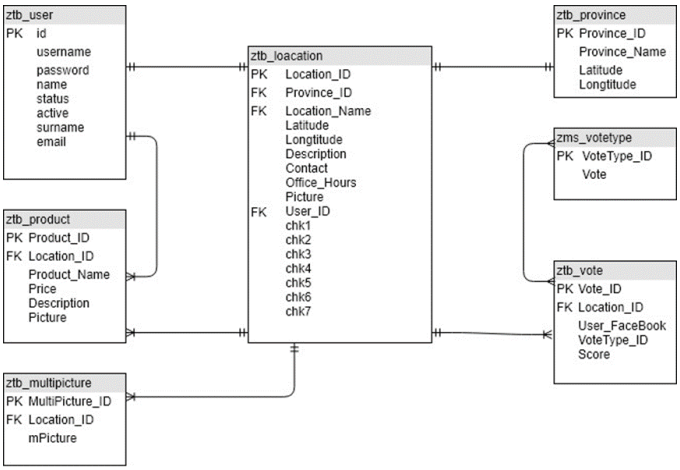
ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการที่จะพัฒนาแอพพลิเคชันร้านไหนดีสำหรับค้นหาร้านกาแฟ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานแอพพลิเคชันที่มีความต้องการจะค้นหาร้านกาแฟในบริเวณใกล้เคียง และมีรูปแบบร้านที่ตรงตามที่ผู้ใช้งานต้องการ

2. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลมาทำการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบถึงฟังก์ชั่นการทำงานของระบบ โครงสร้างของฐานข้อมูล และนำเสนอด้วยแผนภาพต่างๆ ประกอบด้วย Use Case Diagram เพื่อทราบถึงขอบเขตของระบบโดยรวมและฟังก์ชั่นการทำงานของระบบ Class Diagram เพื่อทราบถึงองค์ประกอบคลาสและความสัมพันธ์ระหว่างคลาส และ Entity Relationship Diagram เพื่อทราบถึงโครงสร้างของข้อมูลที่ใช้ในระบบโดยใช้สถาปัตยกรรมฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relation Database Architecture)



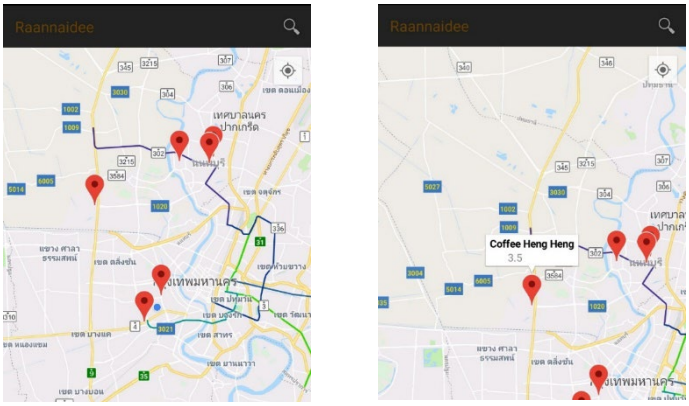
ภาพที่ 1 แสดงแผนภาพ Use Case Diagram



ภาพที่ 2 แสดงแผนภาพ Entity Relationship Diagram

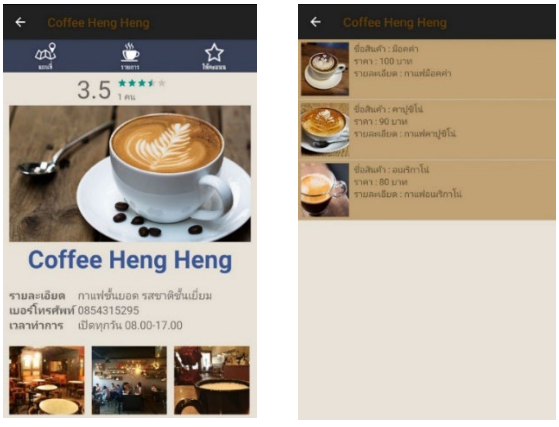
3. พัฒนาระบบ (Development)

หลังจากที่ทำการศึกษารวบรวมข้อมูลต่างๆ และทำการวิเคราะห์ข้อมูลแล้ว ในการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้ ได้ออกแบบโดยยึดหลัก UX (User Experience) เป็นหลัก ในส่วนของหน้าแสดงตำแหน่งของร้านใช้รูปแบบแผนที่ (Google Maps) และแสดงตำแหน่งของร้านในแผนที่ด้วยการปักหมุด (Marker)



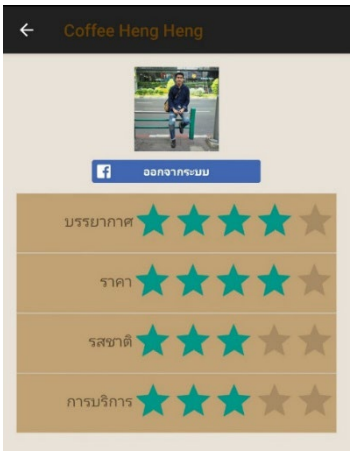
ภาพที่ 3 หน้าแสดงตำแหน่งร้านกาแฟ

จากภาพที่ 3 หน้าแรกเมื่อผู้ใช้ที่เข้าสู่โปรแกรม โดยจะแสดงตำแหน่งของร้านกาแฟบนแผนที่โดยจะเลือกแสดงร้านที่อยู่บริเวณโดยรอบผู้ใช้เป็นอันดับแรก หลังจากผู้ใช้กดบนปักหมุด (Marker) ที่แสดงบนแผนที่ระบบจะแสดงชื่อร้านและคะแนนรีวิวเฉลี่ยของร้าน ผู้ใช้สามารถกดเข้าไปดูรายละเอียดของร้านได้



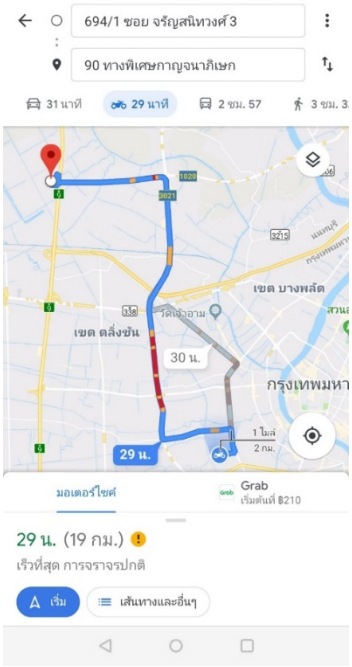
ภาพที่ 4 หน้าแสดงรายละเอียดของร้านกาแฟ

จากภาพที่ 4 เป็นหน้าแสดงรายละเอียดของร้านกาแฟหลังจากผู้ใช้กดเลือกหมุดของร้านกาแฟที่แสดงบนแผนที่ โดยจะแสดงข้อมูลเบื้องต้นของร้าน เช่น คะแนนรีวิวร้าน รูปภาพของร้าน รายละเอียด เบอร์ติดต่อ และเวลาเปิดให้บริการ เมื่อผู้ใช้กดปุ่ม “รายการ” จากหน้าแสดงรายละเอียดของร้านจะเข้ามายังหน้าแสดงรายการสินค้าของร้านทั้งหมด



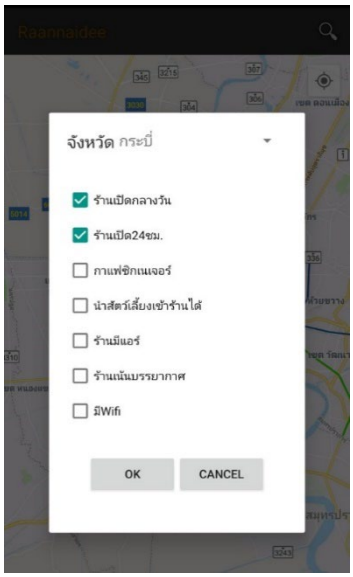
ภาพที่ 5 หน้าให้คะแนนร้านกาแฟ

จากภาพที่ 5 เมื่อผู้ใช้กดปุ่ม “ให้คะแนน” จากหน้าแสดงรายละเอียดของร้านจะเข้ามายังหน้านี้ที่เป็นหน้าสำหรับให้คะแนนร้านโดยจะแบ่งเกณฑ์การให้คะแนนเป็นหมวดได้แก่ บรรยากาศ ราคา รสชาด การบริการ โดยผู้ใช้จะต้องทำการเข้าสู่ระบบด้วย Facebook User ก่อนถึงจะทำการให้คะแนนได้



ภาพที่ 6 หน้าแสดงแผนที่นำทาง

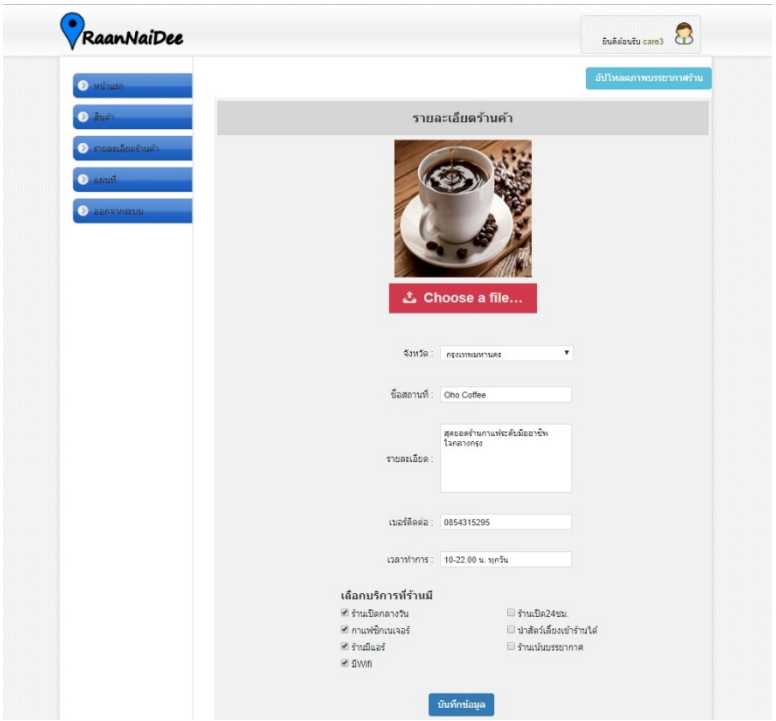
จากภาพที่ 6 เมื่อผู้ใช้กดปุ่ม “แผนที่” จากหน้าแสดงรายละเอียดของร้านระบบจะทำการเปิดแอปพลิเคชัน Google Maps และกำหนดจุดมุ่งหมายบนแผนที่ให้อัตโนมัติ



ภาพที่ 7 หน้าการค้นหาร้านกาแฟ

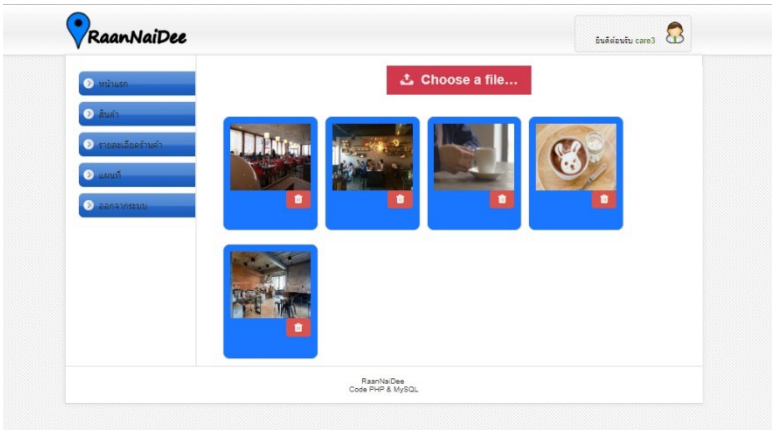
จากภาพที่ 7 เป็นหน้าแสดงผลสำหรับกำหนดเงื่อนไขในการค้นหาร้านในจังหวัดต่างๆ และสามารถกำหนดลักษณะหรือบริการเสริมของร้านที่ต้องการค้นหาได้

ส่วนของร้านกาแฟ



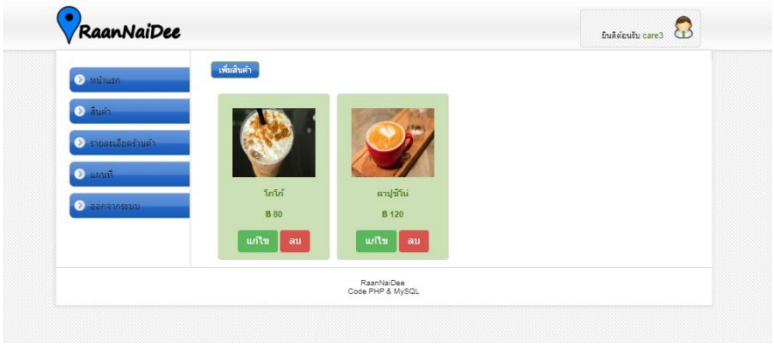
ภาพที่ 8 หน้าจัดการรายละเอียดของร้านกาแฟ

จากภาพที่ 8 เป็นหน้าแสดงผลสำหรับร้านกาแฟที่เป็นสมาชิกทำการเพิ่มหรือแก้ไขปรับปรุงข้อมูลร้านกาแฟในระบบ ข้อมูลประกอบไปด้วย ชื่อร้าน ประเภทร้าน รายการอาหาร ช่วงราคา ที่ตั้งของร้าน เบอร์โทรศัพท์ อีเมล์ ช่วงเวลาเปิด-ปิด สิ่งอำนวยความสะดวก สัญญาณอินเทอร์เน็ตไวไฟ อนุญาตให้นำสัตว์เลี้ยงเข้าร้านหรือไม่



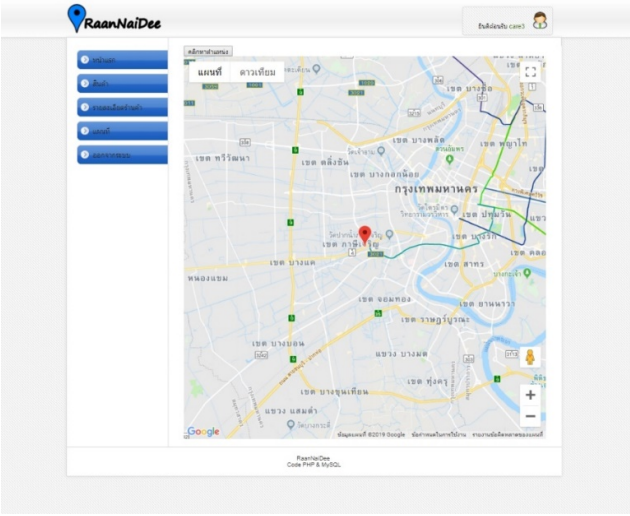
ภาพที่ 9 หน้าอัพโหลดภาพร้าน

จากภาพที่ 9 เมื่อคลิ๊กไอคอน Upload Images ในหน้ารายละเอียดร้านกาแฟ ระบบจะนำไปหน้าสำหรับอัพโหลดภาพของร้านที่จะไปแสดงในแอปพลิเคชัน



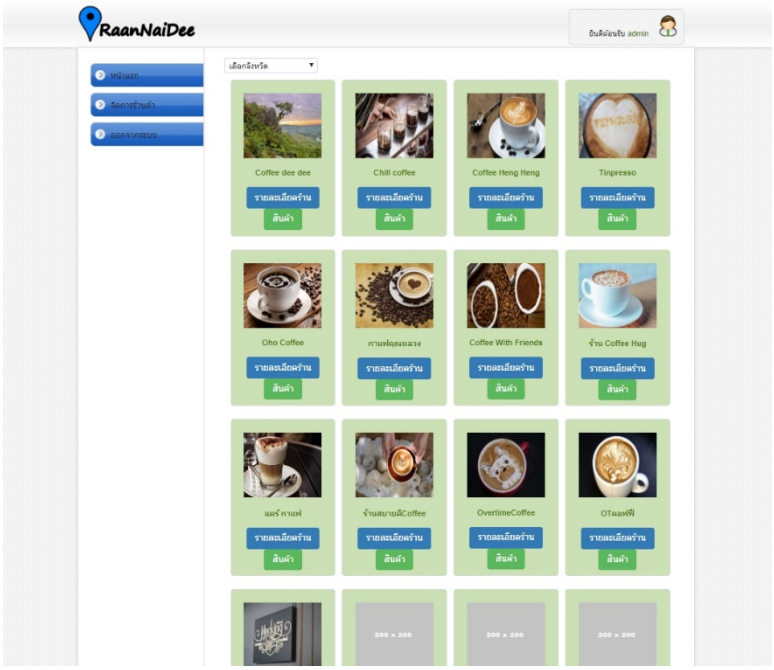
ภาพที่ 10 หน้าจัดการข้อมูลสินค้า

จากภาพที่ 10 เมื่อกดปุ่มเพิ่มสินค้า จะเข้าสู่หน้าสำหรับเพิ่มข้อมูลสินค้า เมื่อกดปุ่มแก้ไขสีเขียวใต้รูปสินค้าจะเป็นการไปสู่หน้าแก้ไขรายละเอียดสินค้าหรือเมนูนั้น กดปุ่มลบสีแดงจะเป็นการลบรายการสินค้านั้นออกจากหน้าแสดงข้อมูล



ภาพที่ 11 หน้าระบุพิกัดตำแหน่งที่ตั้งของร้าน

จากภาพที่ 11 เมื่อกดปุ่มแผนที่ ระบบจะนำเข้าสู่หน้าระบุพิกัดตำแหน่งที่ตั้งของร้าน โดยกำหนดได้จากการปักหมุดบนแผนที่ส่วนของผู้ดูแลระบบ



ภาพที่ 12 หน้าจัดการร้านกาแฟ

จากภาพที่ 12 เมื่อผู้ดูแลระบบกดปุ่มจัดการร้านกาแฟ ระบบจะแสดงรายชื่อร้านทั้งหมดในฐานข้อมูล ผู้ดูแลระบบสามารถเพิ่ม-ลบ ร้านกาแฟได้ แก้ไขปรับปรุงรายละเอียดของร้านและสินค้าของร้านได้ทุกร้านโดยเมื่อกดปุ่มสินค้าสีเขียว ระบบจะนำเข้าสู่หน้าจัดการรายละเอียดของร้าน เมื่อกดปุ่มสีฟ้าจะเข้าสู่หน้าจัดการรายละเอียดสินค้าของร้านนั้น

4. ทดสอบระบบ (System Testing)

ในการทดสอบระบบจะแบ่งการทดสอบตามส่วนการทางานออกเป็น 2 ส่วน คือ

4.1 ส่วนของเว็บไซต์ จะทดสอบการทำงานในส่วนของหน้าเว็บไซต์ การเพิ่มร้านกาแฟ การแสดงรายละเอียดร้านกาแฟ ว่าทำงานได้ครบถ้วนถูกต้องตามขอบเขตหรือไม่

4.2 ส่วนของแอพพลิเคชัน ส่วนนี้จะเป็นการทดสอบการเพิ่มข้อมูล การลบข้อมูล และค้นหาตาแหน่งร้านอาหารในระยะที่ผู้ใช้กาหนดได้ถูกต้องตามขอบเขตหรือไม่

5. การติดตั้งระบบ (Implementation)

ทำการทดลองติดตั้งแอพพลิเคชันร้านไหนดีและใช้งานจากการนำเข้าข้อมูลร้านกาแฟผ่านระบบเว็บแอพพลิเคชันร้านไหนดี

6. การบำรุงรักษา (Maintanance)

ทำการตรวจสอบข้อมูลและความถูกต้องระหว่างที่ได้ดำเนินการใช้งานแอพพลิเคชันทำการปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาดต่างๆ ให้มีความถูกต้องอยู่เสมอ และอัพเดทข้อมูลร้านกาแฟให้ครบถ้วนยิ่งขึ้น

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาแอพพลิเคชันร้านไหนดี ตามแนวคิดในการพัฒนาวัฏจักรการพัฒนาระบบงาน (System Development Life Cycle หรือ SDLC) พัฒนาแอพพลิเคชันร้านไหนดีสำหรับค้นหาร้านกาแฟ บนแพลทฟอร์มแอนดรอยด์ ด้วย Android SDK ผ่านโปรแกรม Android Studio ประกอบด้วยส่วนแสดงผลข้อมูลร้านค้า ได้แก่ ที่ตั้งร้าน รายการสินค้าบริการ คะแนน ส่วนการค้นหาร้านกาแฟ และส่วนการให้คะแนนร้านกาแฟ ดังแสดงในภาพที่ 3-7 พัฒนาเว็บแอพพลิเคชันร้านไหนดีสำหรับจัดการข้อมูลร้านกาแฟโดยใช้ PHP และใช้ภาษาจาวาในการเขียนฟังก์ชั่นรองรับการทำงานของฝั่งโมบายแอปพลิเคชั่น และจัดการฐานข้อมูลด้วย MySql ประกอบด้วยส่วนจัดการร้านกาแฟสำหรับผู้ดูแลระบบ ส่วนจัดการข้อมูลร้านกาแฟ ได้แก่ ข้อมูล

ทั่วไป ข้อมูลผลิตภัณฑ์กาแฟ รูปภาพ พิกัดร้านกาแฟ สำหรับร้านกาแฟ ดังแสดงในภาพที่ 8-12 ผลการทดสอบการทำงานของระบบพบว่าการนำเข้าข้อมูลและการแสดงผลข้อมูลมีความถูกต้องเป็นไปตามที่ได้ออกแบบระบบไว้

อภิปรายผล

ในการพัฒนาแอพพลิเคชันค้นหาร้านกาแฟ ร้านไหนดี เป็นระบบที่ประกอบด้วยการทำงานร่วมกันของสองแพลทฟอร์ม คือโมบายแอพพลิเคชันและเว็บแอพพลิเคชัน จากการออกแบบระบบดังกล่าวทำให้ผู้ใช้งานในแต่ละส่วนมีความสะดวกในการใช้งาน เหมาะสมต่อผู้ใช้งานในแต่ละกลุ่ม ระบบช่วยอำนวยความสะดวกและเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหาร้านกาแฟให้มีความถูกต้องรวดเร็ว สามารถให้บริการแก่ผู้ใช้บริการได้อย่างดีและมีประสิทธิภาพ โดยตัวแอพพลิเคชันจะมีความสามารถในส่วนการทำงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การกำหนดการค้นหา การค้นหาเส้นทาง และการให้คะแนนร้านกาแฟ เป็นต้น ส่วนเว็บแอพพลิเคชันจะมีความสามารถในส่วนการจัดการข้อมูลร้านกาแฟ ได้แก่ การจัดการร้านกาแฟสมาชิก การจัดการข้อมูลร้านค้า และการจัดการข้อมูลผลิตภัณฑ์กาแฟ เป็นต้น ในส่วนของแอพพลิเคชันนี้เป็นเครื่องมือที่ดีเครื่องมือหนึ่งในการช่วยค้นหาร้านในระยะใกล้ที่อยู่ปัจจุบันได้

เอกสารอ้างอิง

1. เอ็มดีซอฟท์. (2561). *เว็บแอปพลิเคชัน คืออะไร*. เข้าถึงได้จากhttps://mdsoft.co.th/ความรู้/359-web-application.html
2. แอดมิชชั่นพรีเมี่ยม. *โมบายแอปพลิเคชัน คืออะไร*. เข้าถึงได้จากhttps://www.admissionpremium.com/it/news/1852
3. โค้ดบี. (2561). *บูทสแตรป คืออะไร*. เข้าถึงได้จาก https://www.codebee.co.th/labs/bootstrap-%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3/
4. มายด์พีเอชพี. (2561). *พีเอชพี คืออะไร*. เข้าถึงได้จาก http://www.mindphp.com/คู่มือ/73-คืออะไร/2127-php-คืออะไร.html
5. มายด์พีเอชพี. (2561). *จาวาสคริปต์ คืออะไร*. เข้าถึงได้จาก http://www.mindphp.com/คู่มือ/73-คืออะไร/2187-java-javascript-คืออะไร.html
6. ไอทีจีเนียส. (2561). *มายเอสคิวแอล คืออะไร*. เข้าถึงได้จาก https://www.itgenius.co.th/article/(MySQL)%20%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3.html
7. มีเดี่ยม. (2561). *กูเกิล แมพ เอพีไอ คืออะไร*. เข้าถึงได้จาก https://medium.com/@todspolwonhchomphu/%E0%B9%83%E0%B8%8A%E0%B9%89-google-maps-%E0%B9%83%E0%B8%99-android-13252509dca0
8. Kendall, K.E. and Kendall, J.E. (1998). System analysis and design. 4th ed., Prentice Hall International.

[IT-P12] เว็บแอปพลิเคชันสังคมการประเมินประสิทธิภาพของผลการปฏิบัติงาน
Operational Social Performance Evaluation with Web Application: OSPE

ณัฐวุฒิ ปัญญากมลกิจ* และยุวธิดา ชิวปรีชา
Nattawut Panyakamonkit* and Yuwathida Chiwpreechar
สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: ntw.tae.pk@gmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสังคมการประเมินประสิทธิภาพของผลการปฏิบัติงานมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกให้พนักงานที่ได้รับมอบหมายจัดทำโครงงานสามารถสร้างโครงงานและคัดเลือกทีมงานที่มีทักษะความสามารถที่สอดคล้องและความเหมาะสมกับแต่ละโครงงาน และเป็นเครื่องมือให้กับผู้บริหารในการประเมินผลการทำงานของพนักงานตามประสิทธิภาพการปฏิบัติงานอย่างเหมาะสมและเป็นธรรม โดยสามารถดูภาพรวมของภาระงานในการรับผิดชอบการทำงานให้มีความสมดุล และสามารถนำข้อมูลมาช่วยประกอบการพิจารณาผลงานปลายปีของผู้บริหารได้ ซึ่งพัฒนาด้วยภาษา Java ร่วมกับ Spring MVC Framework กับ Hibernate และใช้ฐานข้อมูล MySQL ซึ่งจากการประเมินผู้ใช้จำนวน 30 คน มีความพึงพอใจโดยภาพรวมอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.48

คำสำคัญ: *การประเมินผลการปฏิบัติงาน, คุณภาพของการปฏิบัติงาน, การเลือกทีมงาน*

Abstract

This research is a development of the OSPE (Operational Social Performance Evaluation with Web Application) that is intended to help facilitate the assigned staff to create projects and recruiting team with skills that are consistent and suitable for each project. As well as being used as a tool for executives to evaluate the performance of employees based on the performance of work appropriately and fairly. The team leader can see an overview of the workload for balancing work and can bring information to help consider the end of the year. Developed with Java in conjunction with the Spring MVC Framework, Hibernate, and uses MySQL databases. 30 users satisfied at a good level with a mean of 4.48

Keywords: *performance evaluation, quality of work, recruiting team*

บทนำ

การประเมินผลการปฏิบัติงาน เป็นการประเมินอย่างเป็นระบบของบุคคลแต่ละราย โดยมองที่ผลการทำงานและศักยภาพในการพัฒนาของแต่ละบุคคล เพื่อทบทวนพฤติกรรมการปฏิบัติงาน (job behavior) ของผู้ปฏิบัติงานอย่างมีความหมาย โดยมุ่งที่ประสิทธิผลของการบรรลุข้อกำหนดและหน้าที่ที่รับผิดชอบ และมีกระบวนการพิจารณาตัดสินว่าผู้ปฏิบัติงานกำลังปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิผลหรือไม่ [(1)] โดยการประเมินผลงานนั้นเป็นระบบที่จัดทำขึ้นเพื่อหาคุณค่าของบุคคลในแง่ของการปฏิบัติงานและสมรรถภาพในการพัฒนาตนเอง [(2)] ซึ่งเป็นกระบวนการพิจารณาตัดสินคุณค่า ผู้ปฏิบัติงานทั้งในระดับบุคคลและระดับกลุ่ม โดยพิจารณาจากศักยภาพ คุณลักษณะด้านต่าง ๆ พฤติกรรม และผลการปฏิบัติงานที่ได้ว่าบรรลุตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้มากน้อยเพียงใด โดยอาศัยพื้นฐานของความเป็นระบบ ความมีมาตรฐานเดียวกัน และให้ความเป็นธรรมโดยทั่วกัน [(3)(4)] ซึ่งระบบการประเมินผลการปฏิบัติงาน เป็นระบบที่หน่วยงานออกแบบมาสำหรับประเมินผลการปฏิบัติงานของผู้ปฏิบัติงาน เพื่อ

ค้นหาแนวทางที่จะพัฒนาและส่งเสริมทักษะต่าง ๆ ของบุคลากรแต่ละคนให้มีเพิ่มมากยิ่งขึ้น เพื่อจะสามารถนำไปใช้ในการปฏิบัติงานให้ดียิ่งขึ้น [5] โดยการประเมินและการบันทึกผลการปฏิบัติงาน มีความสำคัญในการทำงานของพนักงานเป็นอย่างมาก เนื่องจากถ้าการทำงานของพนักงานไม่ได้ถูกประเมินและบันทึกไว้ จะทำให้ไม่สามารถตรวจสอบการทำงานของพนักงานได้ และอาจจะทำให้พนักงานเกิดความสงสัยในการประเมินผลงาน ซึ่งจะทำให้เป็นปัญหาในการทำงาน และการวางแผนงานต่อไปในอนาคต นอกจากนั้นผู้บริหารไม่สามารถทราบได้ถึงศักยภาพที่มีอยู่ของบุคลากรในหน่วยงาน และอาจจะทำให้การทำงานในภาพรวมขององค์กรออกมาไม่ชัดเจนและไม่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงมีแนวคิดในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสังคมการประเมินประสิทธิภาพของผลการปฏิบัติงาน (Operational Social Performance Evaluation with Web Application : OSPE) เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกให้พนักงานที่ได้รับมอบหมายจัดทำโครงงานสามารถสร้างโครงงานและคัดเลือกทีมงานที่มีทักษะความสามารถที่สอดคล้องและความเหมาะสมกับโครงงาน ผ่านทางเว็บแอปพลิเคชันซึ่งมีการประเมินผลประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของทีมงาน โดยสามารถดูภาพรวมของภาระงานในการรับผิดชอบการทำงานให้มีความสมดุล และสามารถนำข้อมูลมาช่วยประกอบการพิจารณาผลงานปลายปีของผู้บริหารได้ ซึ่งผู้พัฒนาได้ใช้ภาษา Java ร่วมกับ Spring MVC Framework กับ Hibernate และใช้ฐานข้อมูล MySQL ในการพัฒนา

วิธีดำเนินการวิจัย

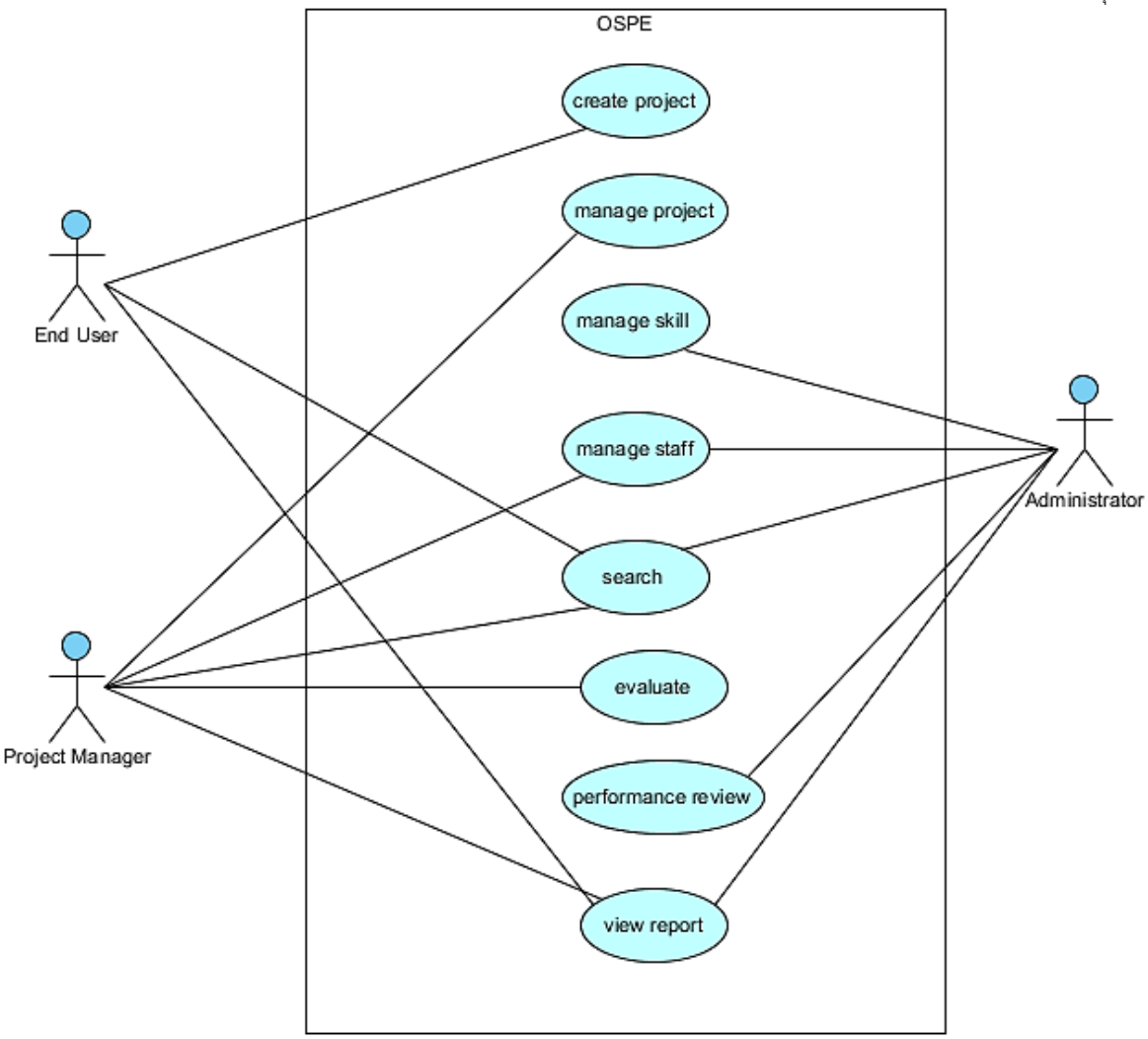
การวิจัยนี้เป็นการวิจัยโดยพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสังคมการประเมินประสิทธิภาพของผลการปฏิบัติงานเพื่อให้บุคลากรในองค์กรสามารถแบ่งปันความรู้และเทคโนโลยีใหม่ ๆ ร่วมกัน โดยมีกระบวนการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

1. การศึกษาปัญหาและความต้องการของระบบ

เนื่องจากองค์กรให้ความสำคัญในการจัดสรรพนักงานเข้าร่วมทีมพัฒนาโครงงานให้สอดคล้องกับทักษะความสามารถและภาระงานของพนักงานแต่ละคนเพื่อให้ได้ผลงานออกมาอย่างมีคุณภาพ โดยพนักงานแต่ละคนจะได้รับโอกาสให้สามารถเป็นผู้บริหารโครงงานและเป็นผู้คัดเลือกทีมงานที่มีทักษะความสามารถเหมาะสมกับโครงงานที่ได้รับมอบหมายเข้าร่วมทีมพัฒนาในตำแหน่งต่าง ๆ ได้ เพื่อให้โครงงานสำเร็จตามเป้าหมายและมีประสิทธิภาพเป็นไปตามระยะเวลาที่กำหนด โดยผู้บริหารโครงงานสามารถประเมินผลการปฏิบัติงานของทีมงานเป็นรายบุคคล และสามารถเพิ่มระดับทักษะความสามารถรวมถึงทักษะความสามารถใหม่ ๆ ที่ทีมงานแต่ละคนได้มีการเพิ่มพูนความรู้ในระหว่างที่ปฏิบัติงานอยู่ในทีมให้กับพนักงานในทีมของตนได้ และเพื่อให้ผู้บริหารมีเครื่องมือที่ช่วยในการประเมินผลการทำงานของพนักงานตามประสิทธิภาพของการปฏิบัติงานอย่างเหมาะสมและเป็นธรรม ดังนั้นจึงมีความต้องการให้พัฒนาระบบที่สามารถอำนวยความสะดวก และสนับสนุนการคัดเลือกทีมงานที่มีทักษะความสามารถสอดคล้องกับแต่ละโครงงาน และช่วยผู้บริหารให้สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินผลงานประจำปีได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นธรรมตามศักยภาพการปฏิบัติงานของพนักงานแต่ละคนได้ชัดเจนมายิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้ประกอบการวางแผนการบริหารงานเพื่อให้พนักงานมีภาระงานที่สมดุลและเหมาะสมมากยิ่งขึ้น ซึ่งอยู่ในรูปแบบของเว็บแอปพลเคชันเพื่อความสะดวกต่อการบริหารจัดการได้ทุกที่ทุกเวลา

2. การวิเคราะห์ระบบการทำงาน

จากการศึกษาปัญหาและรวบรวมข้อมูล สามารถวิเคราะห์ระบบงานได้ดังภาพที่ 1 โดยมีผู้ใช้งาน ได้แก่ ผู้ดูแลระบบ (administrator) ผู้ใช้ทั่วไป (end-user) และ หัวหน้าโครงงาน (project manager)



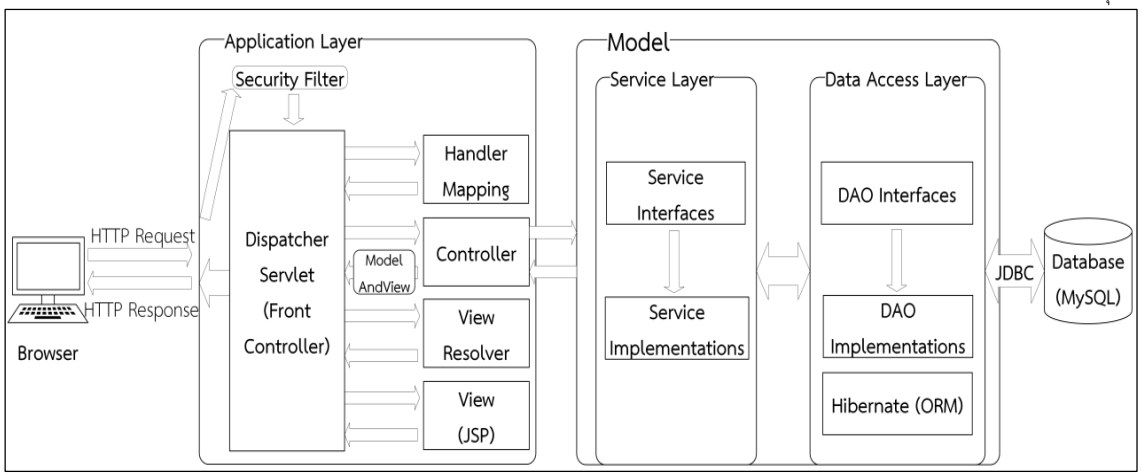
ภาพที่ 1 Use Case Diagram ของเว็บแอปพลิเคชันสังคมการประเมินประสิทธิภาพของผลการปฏิบัติงาน

จากภาพที่ 1 สามารถแบ่งกิจกรรมการทำงานของระบบได้ 8 ส่วน ดังต่อไปนี้

- Create Project: การสร้างโปรเจ็คโดยการใส่ชื่อโปรเจ็ค เลือกทักษะที่ต้องใช้ เลือกพนักงาน ใส่ขั้นตอนการทำงาน
- Manage Project: การแก้ไขโปรเจ็ค โดยสามารถแก้ไขชื่อโปรเจ็ค แก้ไขทักษะที่ต้องใช้ แก้ไขพนักงาน แก้ไขขั้นตอนการทำงาน และสามารถลบโปรเจ็คได้
- Manage Skill: การจัดการทักษะ โดยเพิ่มทักษะ แก้ไขทักษะ และลบทักษะ
- Manage Staff: การจัดการพนักงาน โดยเพิ่มพนักงาน แก้ไขพนักงาน และลบพนักงาน
- Search: การค้นหาข้อมูลต่าง ๆ
- Evaluate: การประเมินการทำงานของพนักงาน
- Performance Review: ผู้ดูแลระบบสามารถเลือกดูข้อมูลการประเมินของพนักงานแต่ละคนได้
- View Report: การดูรายงาน

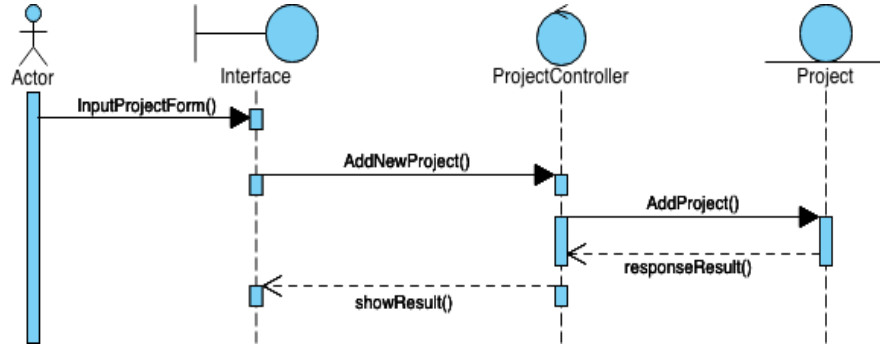
3. การออกแบบระบบการทำงาน

ในการออกแบบระบบการทำงานสามารถอธิบายสถาปัตยกรรมของของเว็บแอปพลิเคชันสังคมการประเมินประสิทธิภาพของผลการปฏิบัติงาน ซึ่งจำแนกชั้นของการทำงานใน Application Server ได้เป็น 3 ชั้นหลัก ได้แก่ Application Layer, Service Layer และ Data Access Layer ดังแสดงให้เห็นในภาพที่ 2

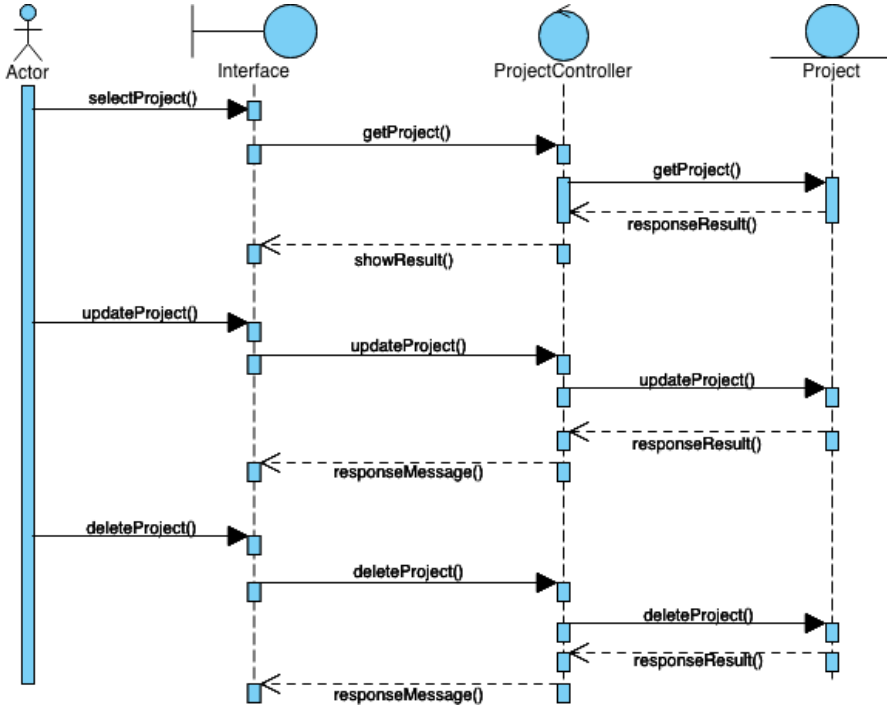


ภาพที่ 2 สถาปัตยกรรมของเว็บแอปพลิเคชันสังคมการประเมินประสิทธิภาพของผลการปฏิบัติงาน

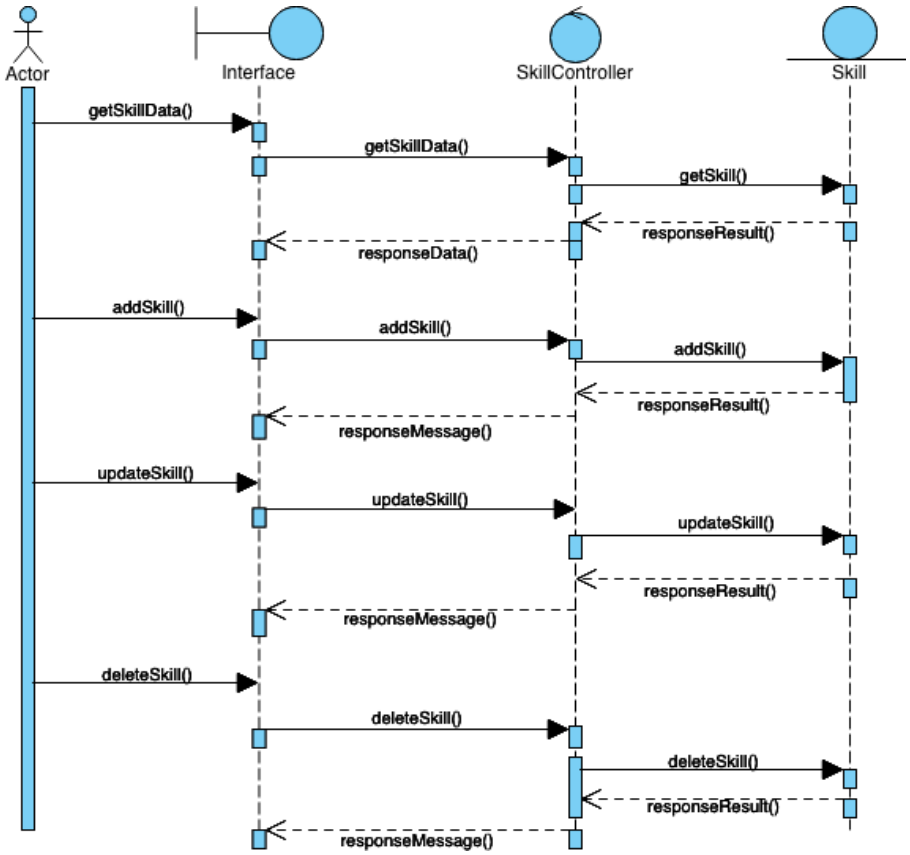
และได้ทำการออกแบบในส่วนของ Sequence Diagram เพื่อให้เห็นพฤติกรรมและการปฏิสัมพันธ์ระหว่าง Object ตามกิจกรรมที่ได้ทำการวิเคราะห์และออกแบบไว้ ดังภาพที่ 3 ถึงภาพที่ 10



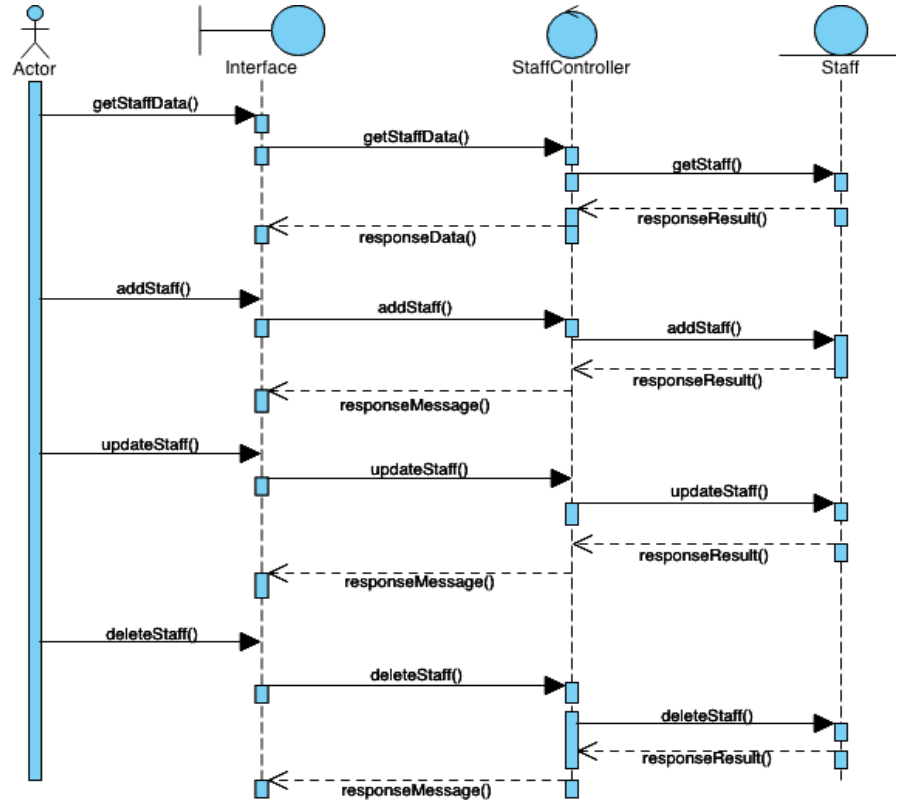
ภาพที่ 3 Sequence Diagram ของการสร้างโปรเจ็ค



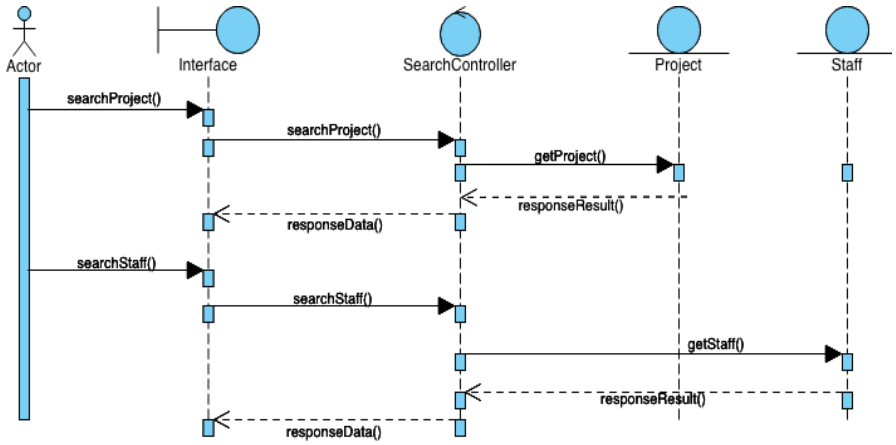
ภาพที่ 4 Sequence Diagram ของการจัดการโปรเจ็ค



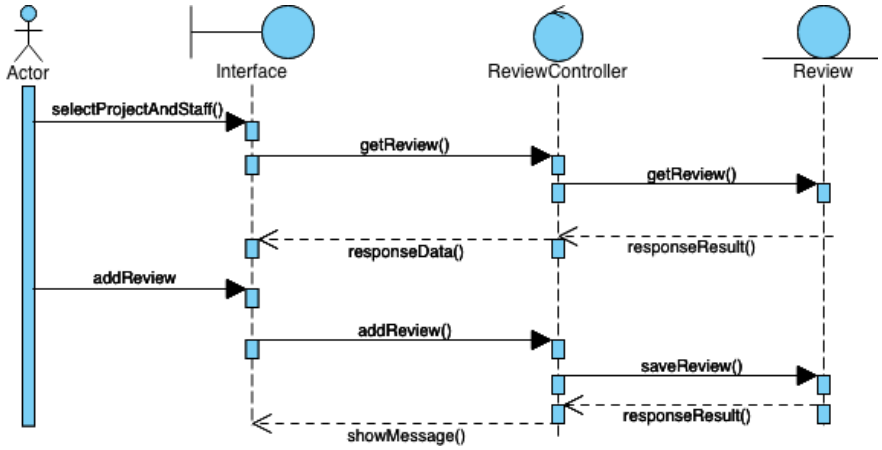
ภาพที่ 5 Sequence Diagram ของการจัดการทักษะ



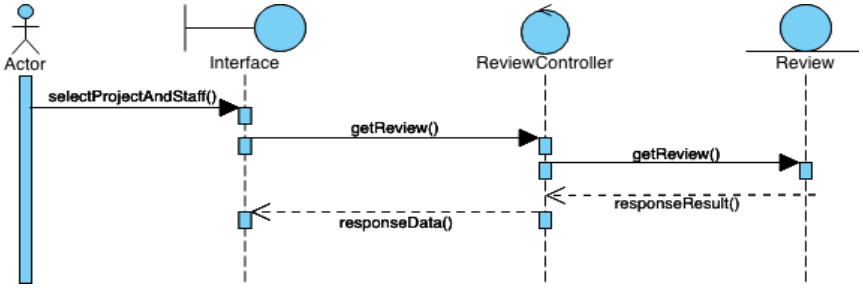
ภาพที่ 6 Sequence Diagram ของการจัดการพนักงาน



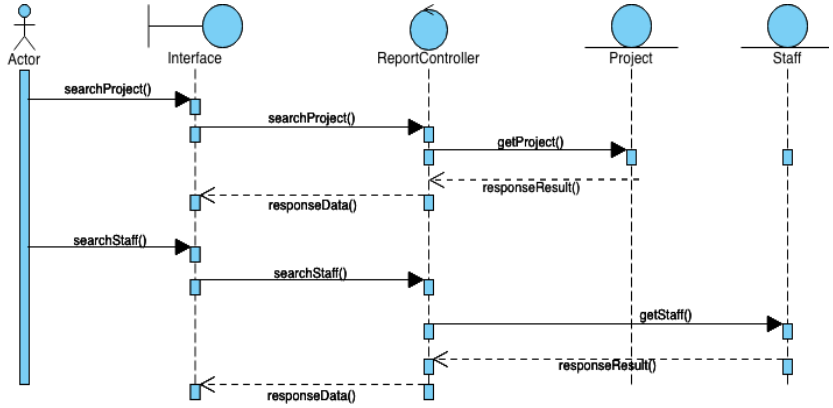
ภาพที่ 7 Sequence Diagram ของการค้นหา



ภาพที่ 8 Sequence Diagram ของการประเมิน

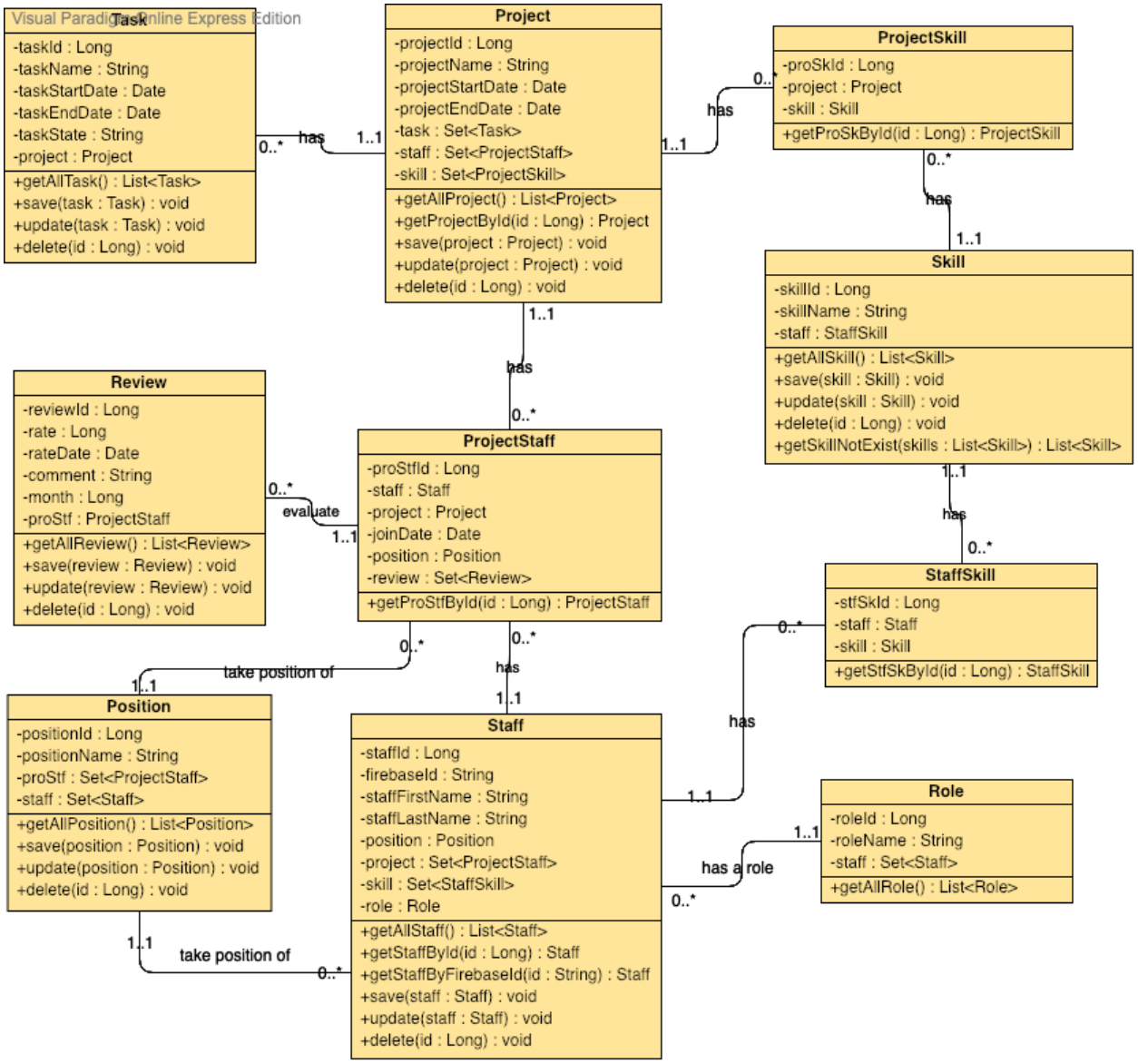


ภาพที่ 9 Sequence Diagram ของการ Review Performance



รูปที่ 10 Sequence Diagram ของการดูรายงาน

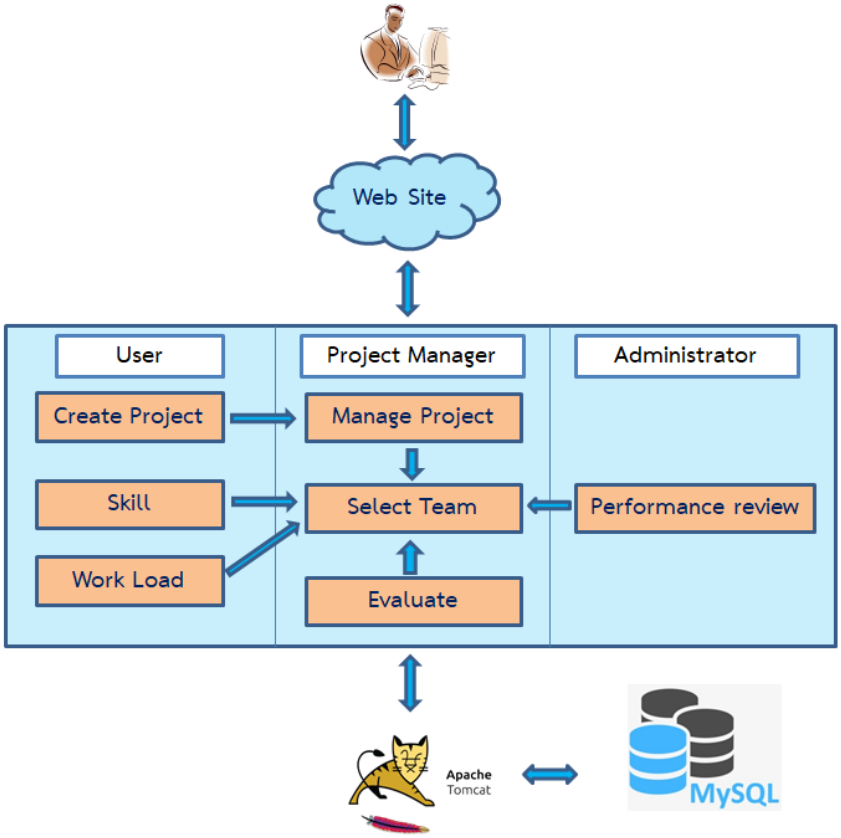
โดยทำการออกแบบ Class Diagram เพื่อแสดงการเชื่อมโยงการทำงานของข้อมูลได้ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 Class Diagram ของเว็บแอปพลิเคชันสังคมการประเมินประสิทธิภาพของผลการปฏิบัติงาน

4. การพัฒนาระบบ

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสังคมการประเมินประสิทธิภาพของผลการปฏิบัติงานได้แบ่งการทำงานเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย ส่วนของหัวหน้าโครงงาน ส่วนของพนักงาน และส่วนของผู้ดูแลระบบ โดยสามารถแสดงภาพรวมการทำงาน ได้ดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 ภาพรวมของเว็บแอปพลิเคชันสังคมการประเมินประสิทธิภาพของผลการปฏิบัติงาน

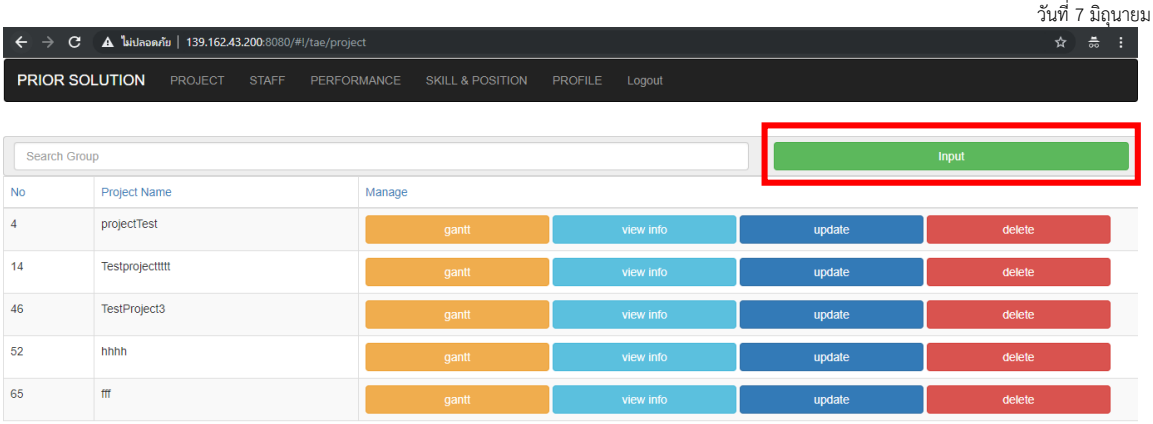
5. การทดสอบและประเมินระบบ

ในการทดสอบการทำงานของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย ส่วนที่ 1 เป็นการทดสอบขั้นแอลฟา (Alpha Stage) โดยนำระบบที่พัฒนาขึ้นไปทำการทดสอบเพื่อหาข้อบกพร่องของระบบซึ่งได้มีการนำระบบไปทดลองใช้งานเบื้องต้นเพื่อเก็บรวบรวมปัญหาที่เกิดขึ้นและนำมาปรับปรุงระบบให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และส่วนที่ 2 เป็นการทดสอบขั้นเบต้า (Beta Stage) เพื่อทดสอบคุณภาพของระบบโดยนำระบบที่สมบูรณ์ไปทำการทดลองใช้งานจริงกับพนักงานในองค์กร เพื่อวัดประสิทธิภาพและความพึงพอใจต่อการใช้งานของผู้ใช้งานจริง ซึ่งในการประเมินผลระบบ เป็นการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ตามวิธีของไลเคอร์ท (Likert) ที่ประกอบด้วยมาตรอันดับ 5 ระดับ

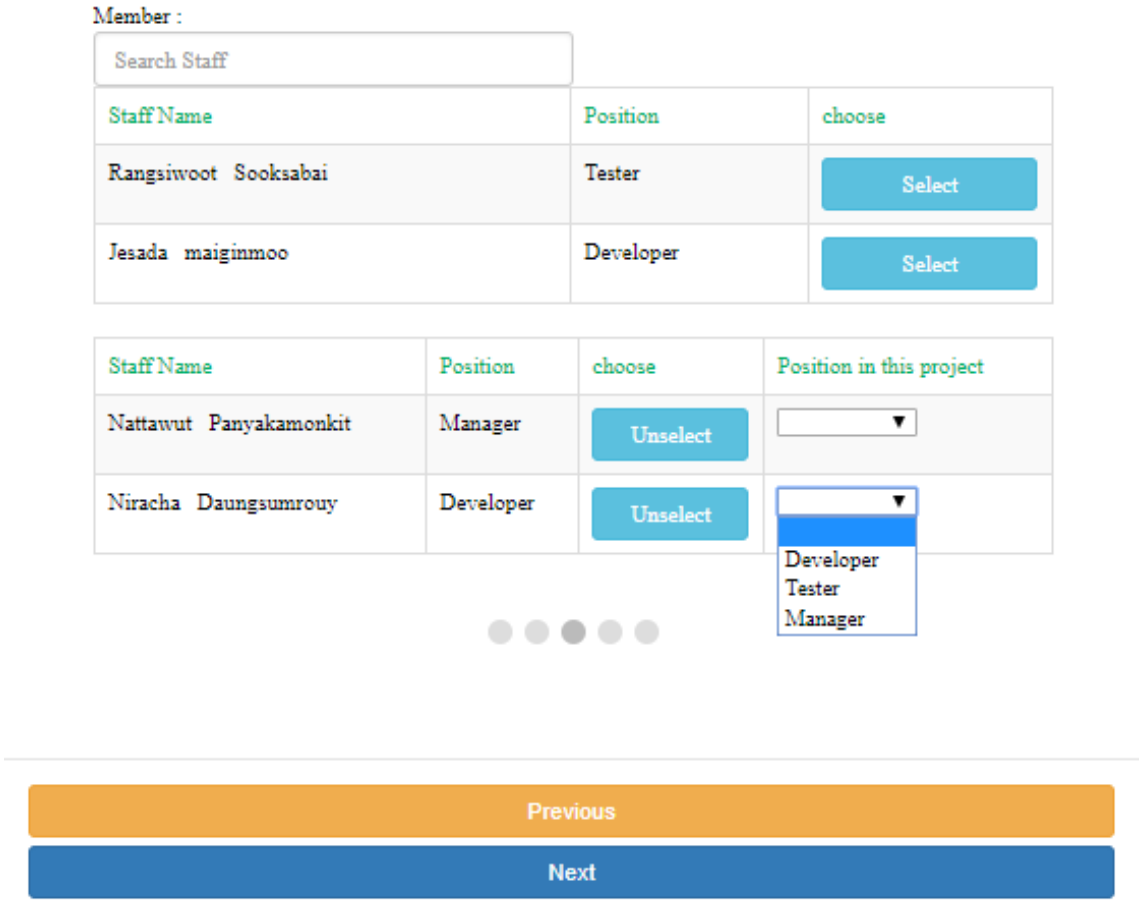
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการพัฒนาระบบงาน

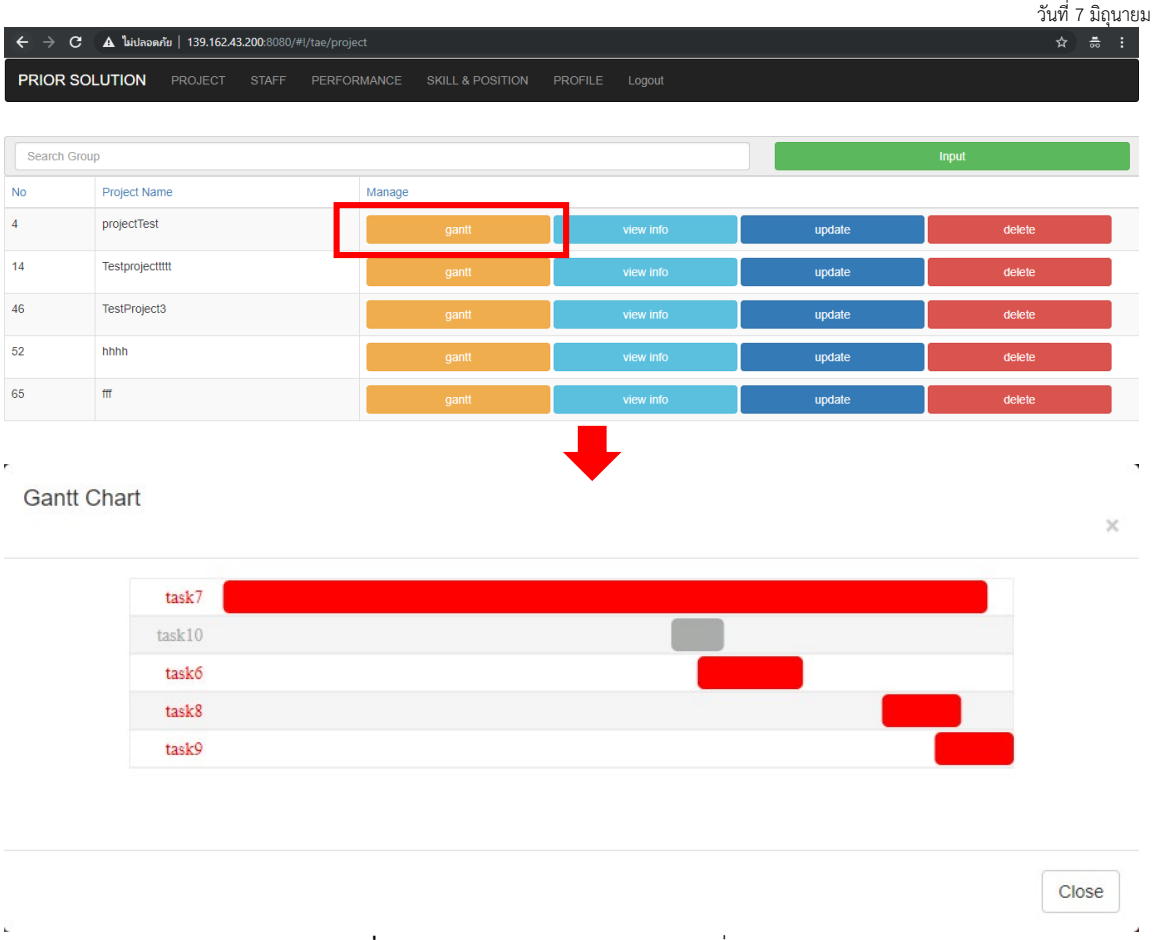
เว็บแอปพลิเคชันสังคมการประเมินประสิทธิภาพของผลการปฏิบัติงานสามารถใช้งานได้จริงในองค์กร โดยระบบสามารถช่วยอำนวยความสะดวก และสนับสนุนการเลือกทีมงานที่มีทักษะความสามารถสอดคล้องกับแต่ละโครงงานตามที่หัวหน้าโครงงานต้องการได้ ซึ่งหัวหน้าโครงงานสามารถประเมินผลการปฏิบัติงานของพนักงานได้ และดูรายงานการปฏิบัติงานของพนักงานในทีมได้ โดยพนักงานแต่ละคนสามารถเช็คดูภาระงานและตารางความรับผิดชอบการทำงานในแต่ละโครงงานที่เข้าร่วมได้ในรูปแบบของ Gantt Chart นอกจากนี้ยังเป็นเครื่องมือให้กับผู้บริหารในการประเมินผลการทำงานของพนักงานตามประสิทธิภาพการปฏิบัติงานอย่างเหมาะสมและเป็นธรรม โดยการดูภาระงานที่ได้รับมอบหมายให้รับผิดชอบในภาพรวมของแต่ละคน และผลประเมินการปฏิบัติงานจากหัวหน้าทีมโครงงานมาประกอบการพิจารณาการประเมินผลงานปลายปี โดยสามารถแสดงหน้าจอการทำงานของเว็บแอปพลิเคชันสังคมการประเมินประสิทธิภาพของผลการปฏิบัติงานในส่วนของงานหลัก ๆ ได้ดังภาพที่ 13 ถึงภาพที่ 15



ภาพที่ 13 หน้าจอการสร้าง Project



ภาพที่ 14 หน้าจอเลือกทีมงานที่มีทักษะความสามารถสอดคล้องกับโครงงาน



ภาพที่ 15 หน้าจอภาระงานและช่วงเวลาที่รับผิดชอบ

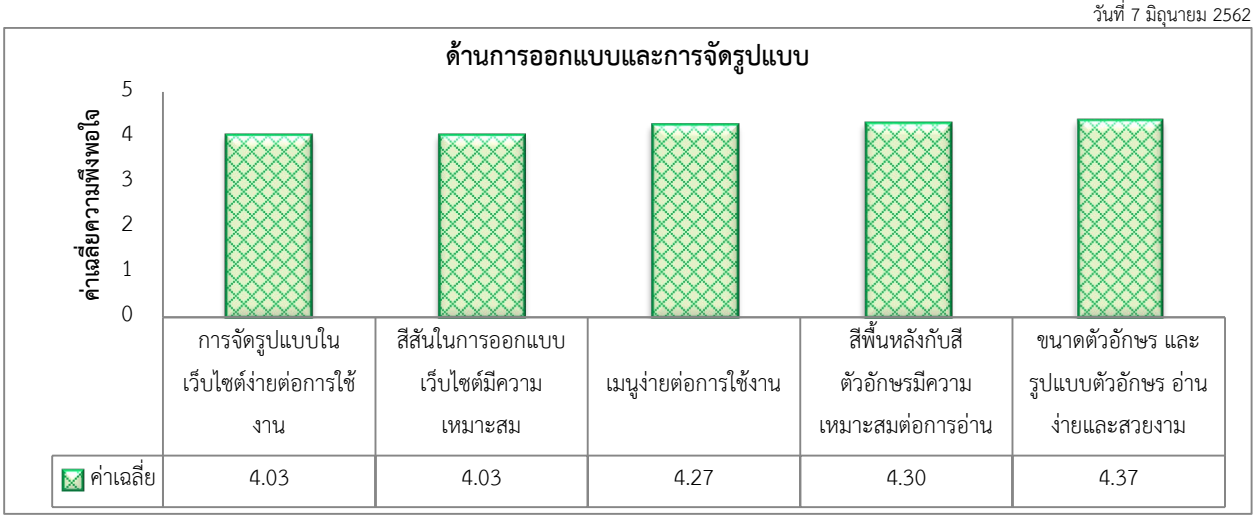
2. การทดสอบระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ

ในการทดสอบระบบงานโดยผู้เชี่ยวชาญได้ทำการนำข้อมูลที่ใช้ในการทำงานจริงมาเพื่อทำการทดสอบ โดยคำนึงถึงความปลอดภัยของระบบ และระบบต้องมีความมั่นคงไม่ล้มเหลว เป็นสำคัญ

3. การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ

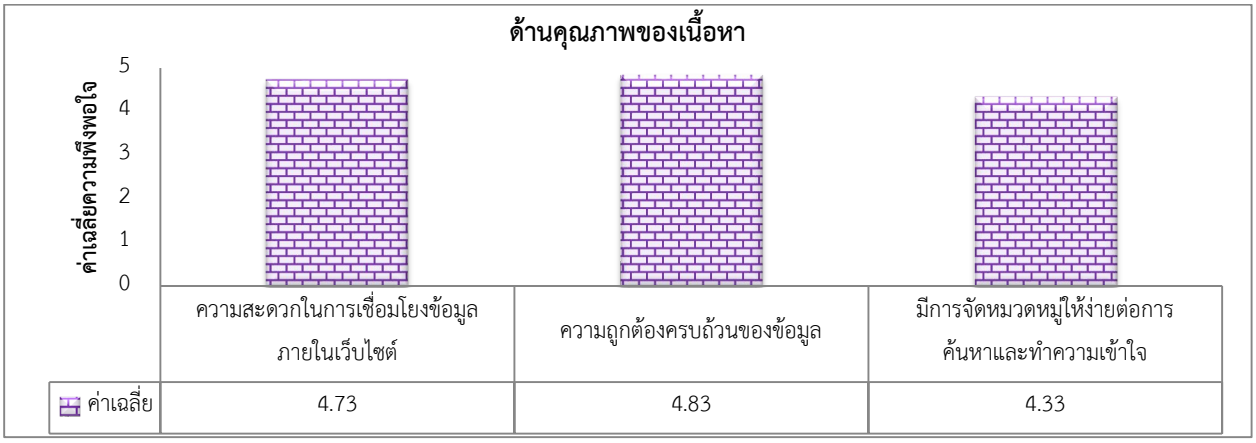
จากผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันสังคมการประเมินประสิทธิภาพของผลการปฏิบัติงานที่พัฒนาขึ้น ได้มีการนำไปทดลองใช้งานและมีการประเมินผล โดยแบ่งการประเมินออกเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย การประเมินด้านการออกแบบและการจัดรูปแบบการใช้งาน ด้านคุณภาพของเนื้อหา และด้านการจัดการข้อมูล ซึ่งในการสรุปผลการดำเนินงานพบว่า ความพึงพอใจต่อการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันสังคมการประเมินประสิทธิภาพของผลการปฏิบัติงานของพนักงานในองค์กรภาพรวมอยู่ในระดับดี คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.48 สามารถสรุปในแต่ละด้านได้ดังนี้

ผลการประเมินความพึงพอใจในด้านการออกแบบและการจัดรูปแบบอยู่ในระดับดี คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.20 สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังภาพที่ 16



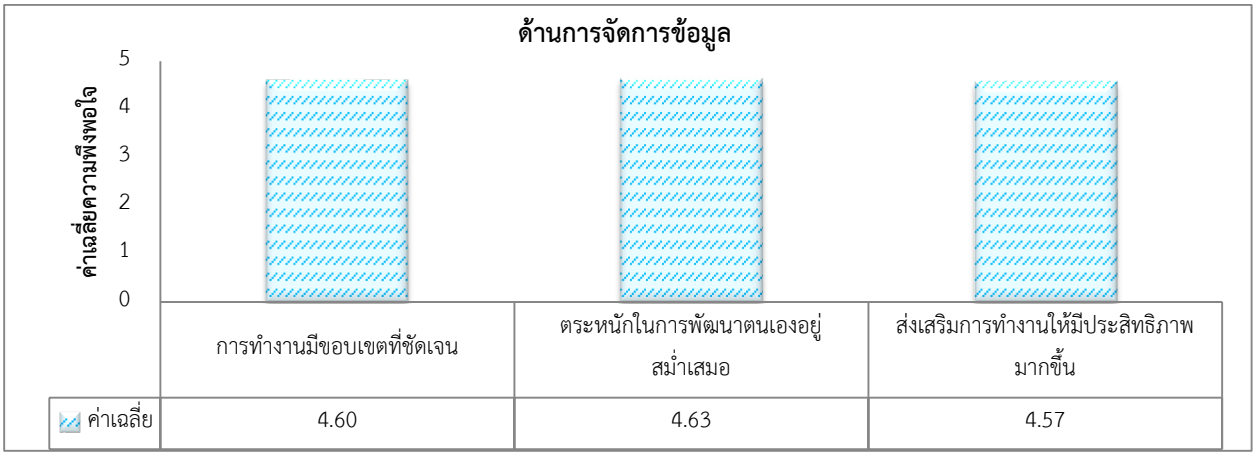
ภาพที่ 16 ผลการประเมินความพึงพอใจด้านการออกแบบและการจัดรูปแบบของผู้ใช้งาน

ผลการประเมินความพึงพอใจในด้านคุณภาพของเนื้อหาอยู่ในระดับดีมาก คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.63 สามารถแสดงรายละเอียดได้ ดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 ผลการประเมินความพึงพอใจด้านคุณภาพของเนื้อหาของผู้ใช้งาน

ผลการประเมินความพึงพอใจในด้านการจัดการความรู้อยู่ในระดับดีมาก คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังภาพที่ 18



ภาพที่ 18 ผลการประเมินความพึงพอใจด้านการจัดการความรู้ของผู้ใช้งาน

สรุป

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสังคมการประเมินประสิทธิภาพของผลการปฏิบัติงาน ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้จริง มีประโยชน์และสามารถต่อยอดในเชิงธุรกิจได้จริง โดยบุคลากรสามารถนำมาใช้ในการบริหารจัดการโครงงานได้ตามหน้าที่ความรับผิดชอบของตนเอง สามารถคัดเลือกทีมงานที่มีทักษะความสามรถสอดคล้องกับโครงงาน และตรวจสอบภาระงานเพื่อมอบหมายงานให้รับผิดชอบตามความเหมาะสมและเป็นธรรม เพื่อให้โครงงานที่ได้รับผิดชอบมีการพัฒนาที่มีคุณภาพและสำเร็จลุล่วงตามขอบเขตและระยะเวลาที่กำหนดอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังเป็นเครื่องมือที่ใช้ประกอบการพิจารณาผลการประเมินประสิทธิภาพของการปฏิบัติงานของพนักงานแต่ละคนปลายปีสำหรับผู้บริหารขององค์กรในการปรับอัตราเงินเดือนและการให้โบนัสที่เหมาะสมและเป็นธรรมกับพนักงานได้อีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณอย่างสูงต่อ บริษัท ไพรเออร์ โซลูชั่น จำกัด (Prior Solution Co., LTD.) ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการปฏิบัติงาน และขอขอบคุณ คุณพงษ์พัฒน์ โพธิ์ขีด ตำแหน่ง Senior Developer ที่แนะนำ และเป็นที่ปรึกษาดูแลการทำงานตลอดการปฏิบัติงาน

เอกสารอ้างอิง

1. ธัญญานันท์ ศรีธรรมนิตย์. (2559). *การบริหารทรัพยากรมนุษย์ที่มีประสิทธิผลของโรงพยาบาลเอกชน.* (วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.
2. องอาจ นัยพัฒน์. (2558). *การประเมินผลการปฏิบัติงานของบุคลากรในสถาบันอุดมศึกษา : กรอบแนวคิดและแนวทางปฏิบัติเพื่อการพัฒนา*. วารสารการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. หน้า 15-33.
3. องอาจ นัยพัฒน์ นิภา ศรีไพโรจน์ ดวงใจ สีเขียว และนพวรรณ ศรีเกตุ. (2558). *การพัฒนาระบบการประเมินผลการปฏิบัติงานของบุคลากร คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โดยใช้ตัวชี้วัดสำคัญรายบุคคล*. วารสารศรีนครินทรวิโรฒวิจัยและพัฒนา, 7(14).
4. Nielsen, S.B., & Hunter, D.E. K. (Eds.). (2013). Performance management and evaluation. New Directions for evaluation. No.137. San Francisco, CA: Jossey-Bass, 2013.
5. Antony,P. and others. (1993). Strategy and the performanc3 appraisal process. United States: Harcourt Jovanovich.

[IT-P13] ระบบจัดส่งเบเกอรี่ในพื้นที่ (กรณีศึกษาร้าน นุช เบเกอรี่)
Bakery Local Delivery System: The Case of Nuch Bakery Store

* ณัฏฐิรา ศุขไพบูลย์ และ ศิวพร เชนส้ม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ฯ
Emails: nattila@vru.ac.th, hyamsiwa.ch@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาความต้องการระบบของร้านค้าในท้องที่ “ร้านนุชเบเกอรี่” 2) วิเคราะห์กระบวนการทางธุรกิจจากความต้องการเช่นระบบการส่งมอบการพัฒนาเว็บแอพพลิเคชั่น “ระบบจัดส่งเบเกอรี่” 3) พัฒนาระบบที่รองรับระบบออนไลน์ได้รับการพัฒนาตามหลักการ SDLC (System Development Life Cycle) โดยใช้ภาษาการเขียนโปรแกรม PHP, ฐานข้อมูล MySQL และ Xampp เป็นเครื่องจำลองเซิร์ฟเวอร์ ผลจากการรวบรวมข้อมูลและจากแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้พบว่าอยู่ในระดับ 4.27 ความพึงพอใจโดยรวมของระบบอยู่ในระดับสูง
คำสำคัญ: *การวิเคราะห์และออกแบบระบบ, การจัดส่งเบเกอรี่*

Abstract

This research aims to 1) study system requirement of a local shop, “Nuch Bakery Shop”, 2) analyze the business process from the requirements, i.e., the delivery system, The develop web application for “Bakery Delivery Systems”. The developed system has supported online system was developed based on SDLC (System Development Life Cycle) principle, using the PHP programming language, MySQL database, and Xampp as a server simulator. The results from data collection and interviewing for users’ satisfaction showed that the end user was at the level 4.27, an overall satisfaction of the system was at the high level.
Keywords: *system analysis and design, bakery delivery*

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงในการเข้าสู่ยุคดิจิทัลทำให้ธุรกิจต่างๆ มีการแข่งขันโดยการใช้เทคโนโลยีที่สูงขึ้น สำหรับร้านค้าในพื้นที่คือร้านค้าที่มีการขายสินค้าและบริการในพื้นที่ใกล้เคียงจัดว่าเป็นการส่งเสริมการขายและเพิ่มช่องทางในการตลาดแต่ผู้ประกอบและร้านค้าซึ่งเป็นการตอบสนองนโยบายภาครัฐอีกด้วย ร้านเบเกอรรี่ในพื้นที่ จะพบว่านอกจากมีการขายหน้าร้าน ซึ่งลูกค้าจะต้องเดินทางมาสั่งซื้อสินค้าที่หน้าร้านเพียงอย่างเดียว หากร้านเบเกอร์รี่มีบริการในการสั่งซื้อแบบออนไลน์ และส่งเบเกอรรี่กับลูกค้าบริเวณที่ร้านค้าสามารถให้บริการส่งเบอร์เกอรี่และรับเงินปลายทางได้ จะทำให้ร้านมีช่องทางในการจัดจำหน่ายได้เพิ่มขึ้น การวิจัยในครั้งนี้มีประวัตถุประสงค์เพื่อ 1. เพื่อศึกษาข้อมูลของระบบจัดส่งเบเกอรี่ในพื้นที่ 2. เพื่อวิเคราะห์ระบบจัดส่งเบเกอรี่ในพื้นที่ 3. เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบจัดส่งเบเกอรี่ในพื้นที่ ทางผู้วิจัยได้ออกแบบสอบถามผลจากการรวบรวมข้อมูลและจากแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้พบว่าอยู่ในระดับ 4.27 ความพึงพอใจโดยรวมของระบบอยู่ในระดับสูง

วิธีการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ศึกษาระบบตัวอย่างจากงานวิจัย และนำมาปรับกระบวนการให้เหมาะสมกับการทำงานขององค์กรที่ผู้วิจัยทำงานอยู่ ออกบบและพัฒนาระบบโดยใช้เฟรมเวิร์ค CodeIgniter ที่เป็นเฟรมเวิร์คสำหรับภาษา PHP โดยใช้เทคนิค MVC เพื่อแยกโค้ดจากเดิมที่เป็นหน้าเดียวใหญ่ออกเป็นชิ้นส่วนเล็กหลายส่วน ซึ่งแต่ละส่วนจะมีหน้าที่แบ่งให้ชัดเจน คือ Model มีหน้าที่ติดต่อกับฐานข้อมูล โดยเฉพาะ View มีหน้าที่แสดงผลข้อมูล Controller มีหน้าที่รวบรวมข้อมูลจาก View และ Model เข้าด้วยกัน รวมถึงคำนวณอัลกอริทึมต่างๆ

การพัฒนาระบบจัดการการรับสมัครงาน ได้นำหลักการแบบ SDLC (System Development Life Cycle) (มาใช้ในการพัฒนาระบบ ให้เป็นไปตามขั้นตอนการทำงาน ดังนี้

1. การกำหนดปัญหา (problem recognition)

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับระบบเว็บไซต์ออนไลน์ในการซื้อ-ขายออนไลน์ที่จะพัฒนาโดยสรุปความจำเป็นและแนวทางสำหรับการสร้างระบบเว็บไซต์ออนไลน์ในการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์ ว่าควรมีการทำงานอย่างไร และควรมีลักษณะของหน้าจอผู้ใช้อย่างไร หลังจากนั้นได้ศึกษากระบวนการทำงานของระบบเว็บไซต์ออนไลน์ รวมไปถึงข้อมูลของโปรแกรมที่ใช้พัฒนาระบบเว็บไซต์ออนไลน์ และทำการทดสอบและปรับปรุงให้ระบบจัดส่งเบเกอรี่ในพื้นที่มีความสมบูรณ์ตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้

2. การวิเคราะห์ระบบ (analysis)

เมื่อศึกษาข้อมูลและเก็บรวบรวมข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปก็จะเป็นขั้นตอนของการวิเคราะห์ระบบเพื่อให้ได้ระบบใหม่ที่มีความสะดวกสบายและง่ายต่อการใช้งาน โดยวิจัยได้นำเสนอการจัดเก็บข้อมูลโดยใช้เทคโนโลยีเข้ามาเกี่ยวข้องเพื่อความเป็นระเบียบและง่ายต่อการค้นหาข้อมูล ประหยัดเวลาและทรัพยากร และยังทำให้การจัดเก็บข้อมูลมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยการวิเคราะห์ขั้นตอนการดำเนินงานจะแสดงภาพรวมของระบบงาน (Data Flow Diagram : DFD) ไว้ดังภาพที่ 1 ซึ่งแบ่งการทำงานออกเป็น 6 ขั้นตอนดังนี้

กระบวนการที่ 1.0 สมัครสมาชิก เป็นกระบวนการที่ผู้ใช้งาน พนักงาน และผู้ดูแลระบบ จะต้องป้อนข้อมูลในการสมัครสมาชิกก่อน จากนั้นระบบจะแสดงผลการสมัครสมาชิก

กระบวนการที่ 2.0 เข้าสู่ระบบ เป็นกระบวนการที่ผู้ดูแลระบบ พนักงาน และผู้ใช้งาน ป้อน Username และ Passwords ของตัวเองเพื่อที่จะเข้าสู่ระบบ จากนั้นระบบจะทำการตรวจสอบข้อมูลที่ป้อนเข้าว่าถูกต้องหรือไม่ โดยจะแสดงผลการเข้าใช้ระบบให้ผู้ใช้งานรับทราบ เมื่อเข้าสู่ระบบได้แล้ว

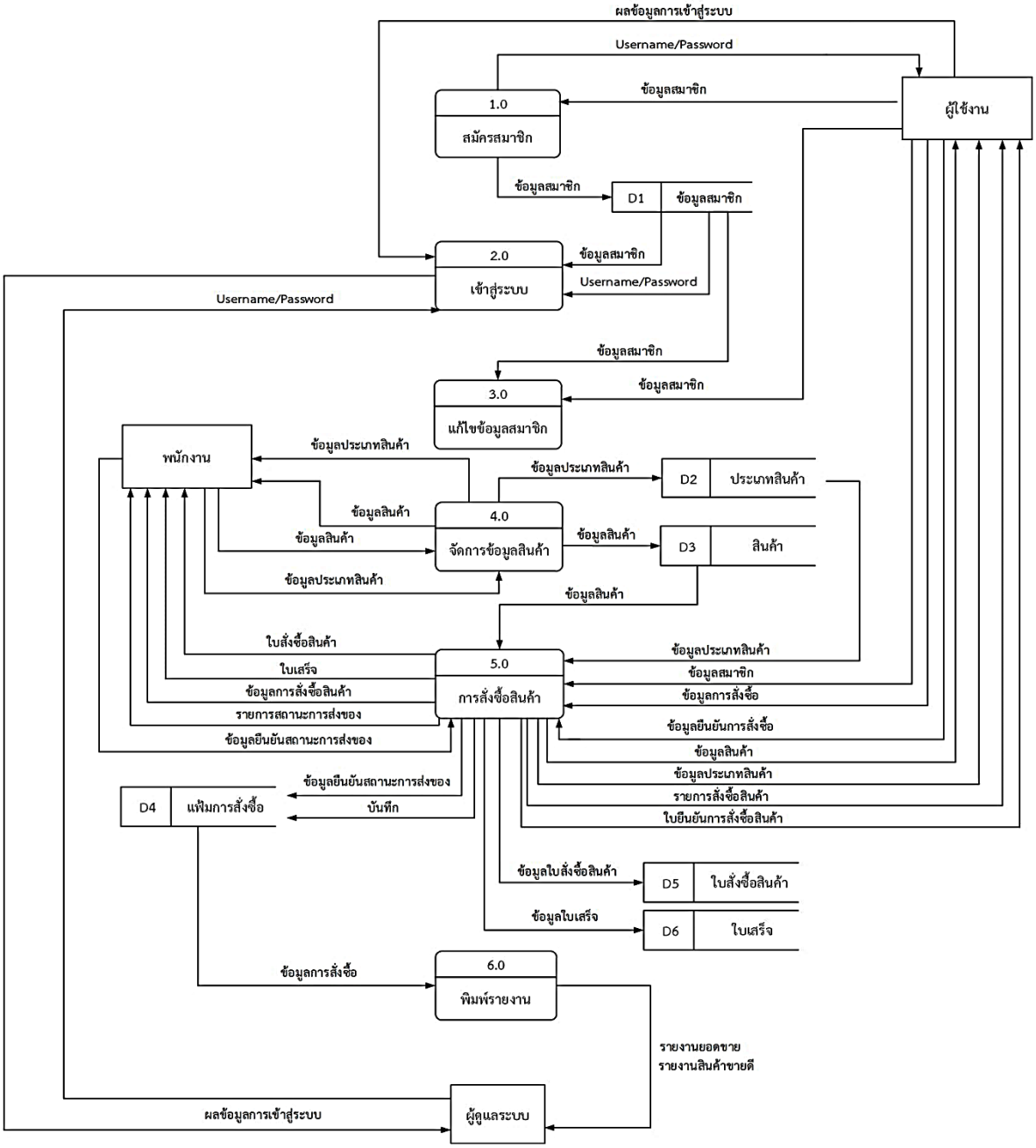
กระบวนการที่ 3.0 แก้ไขข้อมูลสมาชิก เป็นกระบวนการที่ผู้ใช้งานจัดการเพิ่ม ลบ แก้ไข ค้นหา ข้อมูลต่าง ๆ เช่น ที่อยู่ เบอร์โทรศัพท์ วันเกิด เป็นต้น เพื่อให้ข้อมูลของผู้ใช้งานนั้นชัดเจนยิ่งขึ้น

กระบวนการที่ 4.0 จัดการข้อมูลสินค้า เป็นกระบวนการที่พนักงานสามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข ค้นหา สินค้า และประเภทสินค้า

กระบวนการที่ 5.0 การสั่งซื้อสินค้า เป็นกระบวนการที่ผู้ใช้งานจะต้องจากนั้นป้อนข้อมูล ชื่อผู้ใช้ (username) และรหัสผ่าน (password) ของตนเอง ระบบจะทำการตรวจสอบชื่อผู้ใช้ (username) และรหัสผ่าน (password) ว่าถูกต้องหรือไม่ โดยจะแสดงผลการเข้าใช้ระบบให้ผู้ใช้งานรับทราบ จากนั้นเข้าสู่ระบบเรียบร้อยแล้วสามารถค้นหา เพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูลในการสั่งซื้อสินค้าจากทางร้านได้ โดยการค้นหานั้นสามารถค้นหาข้อมูลสินค้า และ ข้อมูลประเภทสินค้าได้ เมื่อผู้ใช้งานเลือกสินค้ากับทางร้านเรียบร้อยแล้วจะต้องทำยืนยันการสั่งซื้อสินค้า ระบบจะทำรายการการสั่งซื้อสินค้า และยืนยันสถานะการสั่งซื้อ ส่วนพนักงาน จะต้องไปตรวจสอบรายการการสั่งซื้อสินค้าของลูกค้าเพื่อที่จะส่งของตามลูกค้าได้สั่งซื้อเอาไว้โดยพนักงานจะต้องออกใบยืนยันการสั่งซื้อสินค้า และใบเสร็จเพื่อให้ผู้ใช้งานเซ็นใบยืนยันการสั่งซื้อและยื่น

ใบเสร็จให้กับผู้ใช้งานเพื่อยืนยันการชำระเงินปลายทาง จากนั้นพนักงานจะต้องนำใบยืนยันการสั่งซื้อสินค้านั้นมาคีย์ในระบบเพื่อยืนยันสถานะการสั่งซื้อให้กับผู้ใช้งานว่าลูกค้าได้รับสินค้าไปแล้วนั้นเอง

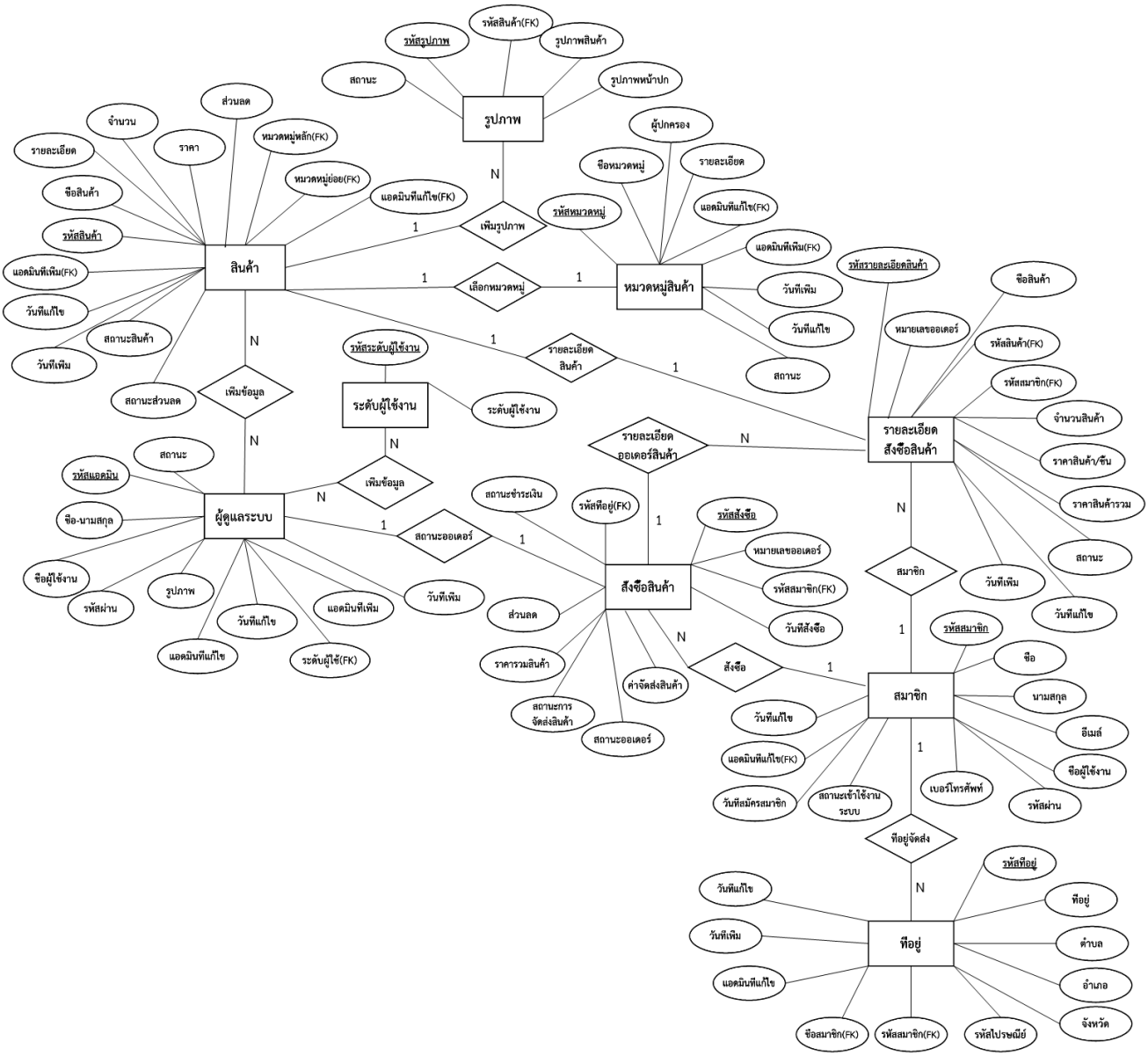
กระบวนการที่ 6.0 พิมพ์รายงาน ในกระบวนการนี้ผู้ดูแลระบบจะป้อนข้อมูลชื่อผู้ใช้ (username) และรหัสผ่าน (password) ของตนเอง ระบบจะทำการตรวจสอบชื่อผู้ใช้ (username) และรหัสผ่าน (password) ว่าถูกต้องหรือไม่ โดยจะแสดงผลการเข้าใช้ระบบให้ผู้ใช้งานรับทราบ จากนั้นจึงจะสั่งพิมพ์รายงานได้ เช่น รายงานสรุปยอดขายสินค้าประจำเดือน และรายงานสรุปรายการสินค้าขายดีประจำเดือน/ประจำปี



ภาพที่ 1 ภาพแสดงกระแสข้อมูลระบบจัดส่งเบเกอรี่ในพื้นที่

3. การออกแบบระบบ (design)

ขั้นตอนการออกแบบระบบเป็นขั้นตอนการนำสิ่งที่ผู้วิจัยได้วิเคราะห์มาออกแบบระบบงาน โดยจะอธิบายความสัมพันธ์ของการทำงานโดยใช้แผนภาพแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล (ER-Diagram) ดังแสดงในภาพที่ 2

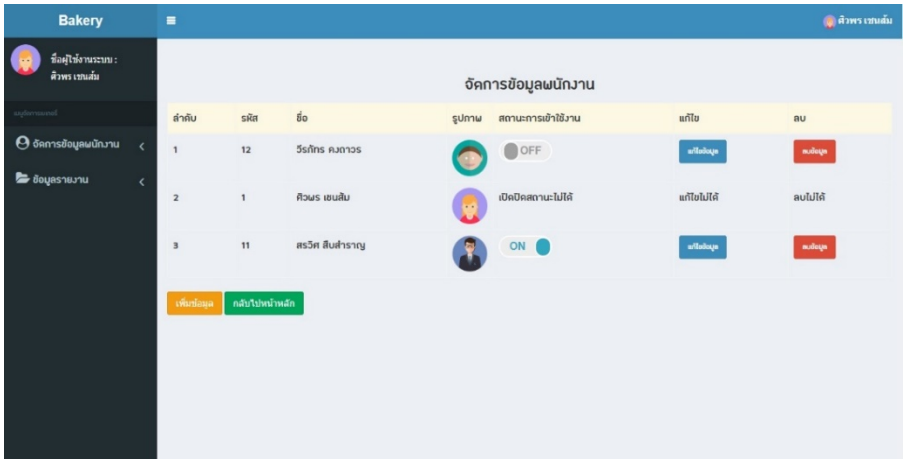


ภาพที่ 2 ภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลระบบจัดส่งเบเกอรี่ในพื้นที่

4. การพัฒนาระบบ (construction) และติดตั้งระบบ

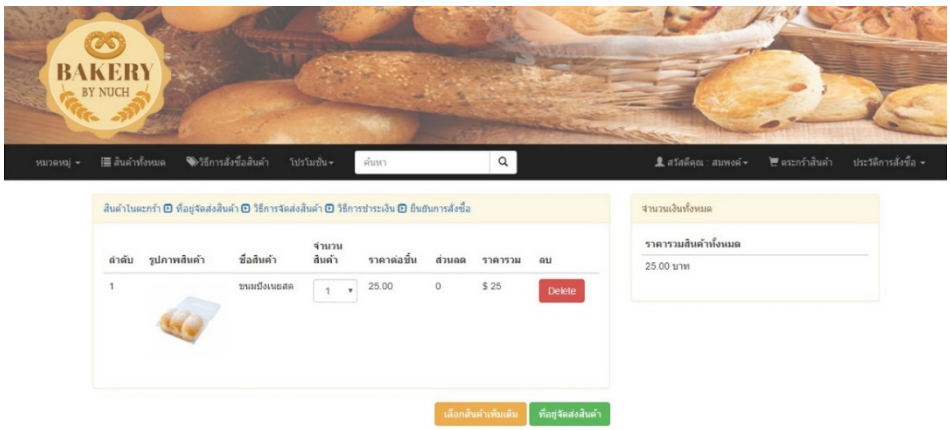
ผลการวิจัยการวิเคราะห์และออกแบบระบบจัดส่งเบเกอรี่ในพื้นที่ (กรณีศึกษาร้าน นุช เบเกอรี่) แบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่

1. ส่วนของผู้ดูแลระบบ เป็นส่วนที่สามารถแสดงข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ บนระบบเว็บไซต์ออนไลน์ซึ่งประกอบไปด้วย เพิ่ม/ลบ/แก้ไข/ค้นหา ข้อมูลแอดมินย่อยๆ (พนักงาน)



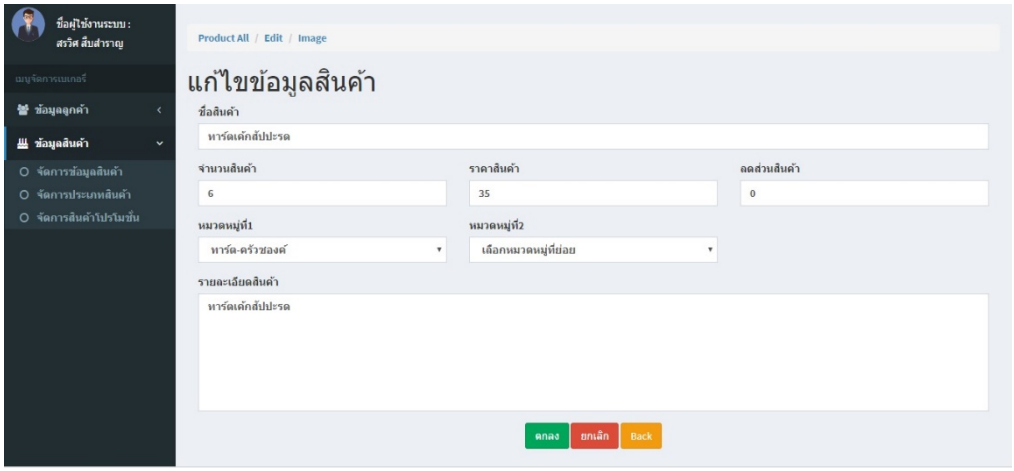
ภาพที่ 3 หน้าจอในส่วนของผู้ดูแลระบบ

2. ส่วนของผู้ใช้งาน เป็นส่วนที่แสดงข้อมูลบนระบบเว็บไซต์ออนไลน์ซึ่งผู้ใช้งานสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการสั่งซื้อสินค้าได้ สมัครสมาชิกและเข้าสู่ระบบได้ สามารถแก้ไขข้อมูลส่วนตัวได้สามารถเลือกและสั่งซื้อสินค้าได้ สามารถยืนยันการสั่งซื้อสินค้า ลูกค้าสามารถออกใบยืนยันการสั่งซื้อ



ภาพที่ 4 หน้าจอส่วนของผู้ใช้งาน

3. ส่วนของพนักงาน เป็นส่วนที่แสดงข้อมูลการสั่งซื้อสินค้าของผู้ใช้งานได้ จัดการข้อมูลสินค้า ประเภทสินค้า และ สินค้าโปรโมชั่นได้ สามารถตรวจสอบรายการการสั่งซื้อสินค้าของลูกค้าเพื่อที่จะส่งของตามลูกค้าได้สั่งซื้อเอาไว้โดยพนักงานจะต้องออกใบยืนยันการสั่งซื้อสินค้า และใบเสร็จเพื่อให้ลูกค้าเซ็นใบยืนยันการสั่งซื้อและยื่นใบเสร็จให้กับลูกค้าเพื่อยืนยันการชำระเงินปลายทาง

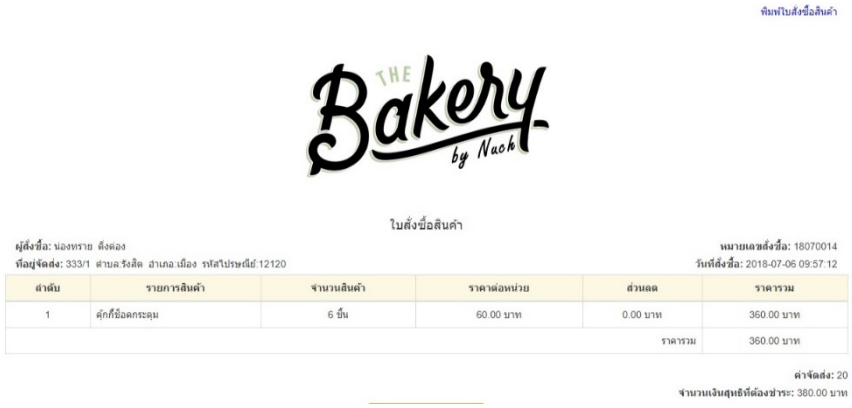


ภาพที่ 5 หน้าจอส่วนของพนักงาน



ภาพที่ 6 แสดงหน้าจอใบสั่งซื้อสินค้า

ใบส่งสินค้า คือ หน้าจอที่แสดงรายละเอียดของข้อมูลที่พนักงานต้องไปส่งสินค้าให้กับลูกค้าตามออเดอร์ ตามสถานที่ต่าง ๆ



ภาพที่ 7 แสดงหน้าจอใบเสร็จจ่ายเงิน

ใบเสร็จจ่ายเงิน คือ หน้าจอที่แสดงรายละเอียดของข้อมูลที่ลูกค้าได้ซื้อกับสินค้ากับทางร้าน

5. ประเมินผลระบบ

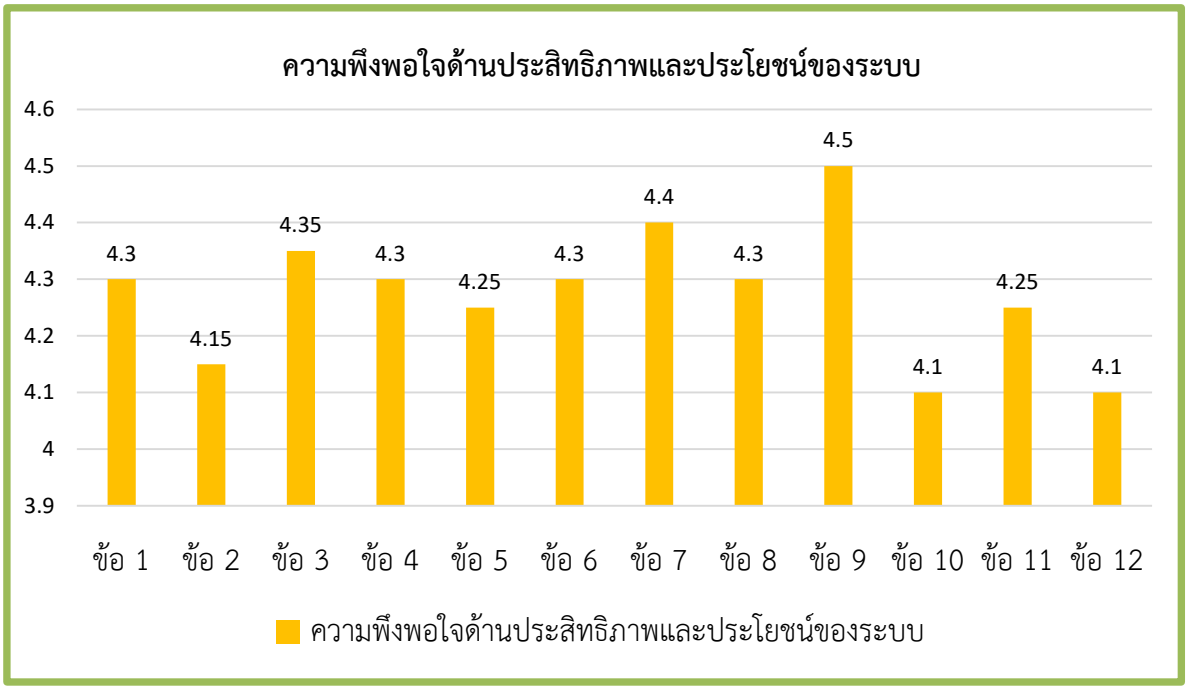
กระบวนการในการประเมินผลระบบผู้วิจัยได้ออกแบบสอบถาม 2 ชุด ชุดที่ 1 ได้สอบถามผู้ทรงเชี่ยวชาญในการตรวจสอบแบบสอบถามจำนวน 3 คน และได้นำแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้งานระบบของผู้ใช้งานระบบจำนวน 20 คน

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ตารางที่ 1 เกณฑ์การให้คะแนนของการสรุปผลการประเมินความพึงพอใจด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ของผู้ใช้ระบบ

ระดับเกณฑ์	ความหมาย
4.51 – 5.00	มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด
3.51 – 4.50	มีความพึงพอใจในระดับมาก
2.51 – 3.50	มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง
1.51 – 2.50	มีความพึงพอใจในระดับน้อย
1.00 – 1.50	มีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

การอภิปรายผลงานวิจัยพบว่า ระบบจัดส่งเบเกอรี่ในพื้นที่นี้ จัดทำขึ้นเพื่อพัฒนาสารสนเทศของระบบสั่งซื้อสินค้าออนไลน์ของร้านค้า ให้มีการจัดการข้อมูลต่างๆ ตั้งแต่การสมัครสมาชิก การเข้าสู่ระบบผู้ใช้งาน การจัดการข้อมูลระบบสามารถ เพิ่ม/แก้ไข/ลบ ข้อมูลของผู้สมัครรวมทั้งการสั่งซื้อสินค้า พร้อมพิมพ์รายงานต่างๆ ได้เพื่อความสะดวกให้แก่ผู้ใช้ระบบ หรือค้นหาข้อมูลสินค้าโดยใช้ซอฟต์แวร์ในการพัฒนาเว็บไซต์คือ NetBeans IDE 8.2 ใช้โปรแกรม XAMPP เป็นฐานข้อมูล การพัฒนาระบบงานเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ได้เสนอขอบเขตไว้ และสามารถนำไปใช้ในการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์ได้จริง



ภาพที่ 8 ความพึงพอใจด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ของระบบ

ตารางที่ 2 คะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ของระบบ

รายการประเมิน	คะแนนเฉลี่ย
1. ระบบใช้งานง่ายไม่ซับซ้อน	4.30
2. ความรวดเร็วในการตอบสนองของระบบ	4.15
3. ความเหมาะสมต่อกรอกข้อมูลสมัครสมาชิก	4.35
4. การค้นหาสินค้ามีความถูกต้องและรวดเร็ว	4.30
5. ระบบช่วยอำนวยความสะดวกในการดูสินค้าและสั่งซื้อสินค้า	4.25
6. ความปลอดภัย และการกำหนดสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้ระบบ	4.30
7. แสดงรายละเอียดข้อมูลการสั่งซื้อสินค้าได้ถูกต้อง รวมถึงการพิมพ์ใบสั่งซื้อสินค้า	4.40
8. ความเหมาะสมของการใช้งานเมนู	4.30
9. ระบบการสั่งซื้อไม่ซับซ้อนต่อผู้ใช้งาน	4.50
10. ระบบมีการแจ้งสถานะการจัดสินค้าและชำระเงินปลายทางอย่างชัดเจนและถูกต้อง	4.10
11. ระบบสามารถโต้ตอบกับผู้ใช้งานได้ เช่น การแจ้งเตือนต่างๆ	4.25
12. ระบบสามารถนำไปใช้งานได้จริง	4.10
รวม	**4.27**

จากภาพที่ 8 และตารางที่ 2 ความพึงพอใจด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ของผู้ใช้ระบบ มีผลคะแนนระดับความพึงพอใจมากที่สุด รวมเฉลี่ยร้อยละ 76 ความพึงพอใจมากรวมเฉลี่ยร้อยละ 51 และค่าเฉลี่ย $\overline{x}$ 4.27 อยู่ที่ระดับมากที่สุด มีจุดเด่นด้าน คือ ระบบการสั่งซื้อไม่ซับซ้อนต่อผู้ใช้งาน จุดด้อยคือระบบมีการแจ้งสถานะการจัดสินค้าและชำระเงินปลายทางอย่างชัดเจนและถูกต้อง และ ระบบสามารถนำไปใช้งานได้จริง

สรุป

ระบบจัดส่งเบเกอรี่ในพื้นที่ (กรณีศึกษาร้าน นุช เบเกอรี่) หลังจากที่ได้เก็บข้อมูลและได้นำมาสัมภาษณ์ผู้ใช้ระบบแล้ว สามารถนำไปพัฒนาระบบต่อไปได้ สะดวกต่อการใช้งานผ่านเว็บไซต์ออนไลน์ โดยออกแบบระบบเว็บไซต์ออนไลน์ด้วยการออกแบบโครงสร้างเว็บไซต์ (Site Structure Design) ทำให้สามารถนำไปพัฒนาระบบแบบ SDLC ในขั้นตอนต่อไปได้

จากการประเมินความพึงพอใจด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ของระบบ พบว่าความพึงพอใจด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ของระบบ ระบบจัดส่งเบเกอรี่ในพื้นที่ (กรณีศึกษาร้าน นุช เบเกอรี่) ได้คะแนน 4.27 อยู่ในระดับมาก ซึ่งสามารถนำระบบนี้ไปพัฒนาต่อได้

เอกสารอ้างอิง

1. นันรณา จำลอง (2557). การสร้างกราฟ ด้วยโปรแกรม php [ออนไลน์]. เข้าถึงข้อมูลวันที่ 7 พฤษภาคม 2557 จาก http://phpthaifight.blogspot.com/2014/05/php.
2. ประชา พฤกษ์ประเสริฐ, (2555). กรุงเทพฯ : ซิมพลิฟาย หนังสือ บริหารและจัดการฐานข้อมูลระดับมืออาชีพ SQL Server 2012 ฉบับสมบูรณ์.
3. อดิศักดิ์ จันทร์มิน, (2556). กรุงเทพฯ : หนังสือ สร้าง Web Application ด้วย CodeIgniter ฉบับ Workshop.
4. โอฬาร สัมฤทธิ์เจียรผล (2560) สัญลักษณ์ Flowchart ความหมายและวิธีใช้เขียนผังงาน [ออนไลน์]. จาก http://share.olenlab.com/th/it/view/211

[IT-P14] ระบบสแกนใบหน้าเช็คชื่อเข้าชั้นเรียน

Web-based Student Attendance Monitoring System Using Face Recognition

รังสิมา หล่อนภาชัยสกุล[1], กัณฐิกา มีเพียร[1*], จันจิรา แก้วสุวรรณ[1], ศิวฤทธิ์ สุนทรเสณี[1] และ น้ำฝน อัศวเมฆิน[2]
Rangsima Lawnapachaisakul[1], Kantiga Meepean[1*], Janjira Kaewsuwan[1], Sivarit Sultornsanee[1] and Namfon Assawamekin[2]

[1]หลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

[2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

** ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: Pair.ktg39@gmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบระบบสแกนใบหน้าเช็คชื่อเข้าชั้นเรียน โดยทั่วไป การเช็คชื่อในชั้นเรียนจะทำโดยการให้นักศึกษาเซ็นชื่อหรือสแกนบัตรนักศึกษา ทำให้นักศึกษาเกิดการเช็คชื่อแทนกัน ประสิทธิภาพในการเช็คชื่อจึงไม่ดีเท่าที่ควร เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น จำเป็นต้องมีวิธีการที่สามารถตรวจสอบการเข้าเรียนของนักศึกษาที่เพิ่มประสิทธิภาพในการเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนให้มากยิ่งขึ้น จากการศึกษาความเป็นไปได้จึงคิดถึงวิธีการสแกนใบหน้า เพราะใบหน้าเป็นหนึ่งในลักษณะทางกายภาพที่ง่ายต่อการใช้สำหรับการตรวจสอบระบุตัวบุคคล โดยใช้อุปกรณ์ ได้แก่ บอร์ด Raspberry Pi3 B+ กล้อง Webcam หน้าจอแสดงผล และ คอมพิวเตอร์โดยการใช้ประโยชน์ของระบบสแกนใบหน้าเช็คชื่อเข้าชั้นเรียน เพื่อนำไปใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนให้มากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบ โดยให้ผู้ใช้งาน 30 คนทำแบบสอบถาม ผลการทดสอบพบว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในการใช้งานระบบอยู่ในระดับมากที่สุด

***คำสำคัญ**: สแกนใบหน้า, เช็คชื่อเข้าชั้นเรียน, ราสเบอร์รี่ พาย3 บีบวก*

Abstract

This project presents a design of the faces scan for approvement of class attendance. In general, the name of the class is done by signing or using a student card scanner. Students may sign the name for friends, and this is not good efficiency. To increase the efficiency according to the class attendance of the student. The study of the possibility to scan face because the face is the one physical characteristic that is easy to use for authentication identifiers. By using the forum Raspberry Pi3 B+, Webcam, display screens, and computers. By taking advantage of the system scans a face in the class attendance. The preparation is intended to be used to enhance the efficiency by face recognition system on class attendance. The 30 users rated the satisfaction of the new face scan system as the highest.

***Keywords**: face recognition, attendance, Raspberry Pi3 B+*

บทนำ

การเข้าชั้นเรียนสำหรับนักศึกษาเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งในการเรียนการสอนในแต่ละคาบจะมีการเช็คชื่อเพื่อตรวจสอบการเข้าคาบเรียนของนักศึกษา โดยทั่วไปการเช็คชื่อในชั้นเรียนจะทำโดยการเรียกชื่อแล้วกาเครื่องหมายถูกตามช่องรายชื่อ ซึ่งเมื่อมีนักเรียนเป็นจำนวนมากจะทำให้ใช้เวลาในการเช็คชื่อนาน และเกิดการผิดพลาดที่สูง เช่น อาจารย์ผู้สอนลืมเช็คชื่อนักศึกษา นักศึกษาไม่ได้ยินเมื่อถูกเรียกชื่อ การเช็คชื่อแทนกัน เป็นต้น ผู้วิจัยจึงนำเสนอแนวคิดการพัฒนาระบบเช็คชื่อการเข้าชั้นเรียนโดยการใช้ระบบสแกนใบหน้า เพื่อช่วยให้การเช็คชื่อเข้าเรียนมีประสิทธิภาพมากขึ้น

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาระบบเช็คชื่ออัตโนมัติด้วยใบหน้า และเพิ่มประสิทธิภาพในการเช็คชื่อให้แก่อาจารย์ และลดปัญหานักศึกษาหนีเรียน และนักศึกษาเช็คชื่อแทนกัน

ขอบเขตของงาน

1. มีฟังก์ชันการทำงานดังนี้
    1.1 ระบบจะเริ่มเช็คชื่ออัตโนมัติเมื่อเห็นหน้านักศึกษา
    1.2 ระบบจะจัดเก็บข้อมูลนักศึกษา
    1.3 สามารถให้อาจารย์เปิดข้อมูลรายวิชาเพื่อให้ทราบว่าเป็นวิชาอะไร
    1.4 ระบบสามารถสรุปจำนวนนักศึกษาที่มาเรียนในรายวิชานั้น
2. Hardware ที่ใช้พัฒนา
    2.1 Raspberry Pi 3 B+
    2.2 กล้อง Webcam
    2.3 SD card 16 GB
    2.4 Official Power Supply (5.1V, 2.5A) for Raspberry Pi
3. Software ที่ใช้พัฒนา
    3.1 ภาษา Python และ OpenCV ใช้ในการเขียนโปรแกรม
    3.2 โปรแกรม SD Formatter ใช้ในการลบข้อมูลทั้งหมด ใน SD card
    3.3 โปรแกรม Raspbian ใช้ในการเขียนและทดลองบอร์ด
    3.4 โปรแกรม Bracket ใช้ในการสร้างหน้าโปรแกรม

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีตรวจจับใบหน้า Haar-like Feature เป็นอัลกอริทึมหนึ่งที่มีประสิทธิภาพและประมวลผลได้เร็ว และมีความแม่นยำสูงในการตรวจจับใบหน้า คิดค้นโดย Paul Viola และ Michael J. Jones[4] หลักการพื้นฐานของอัลกอริทึม Haar-like Feature คือ การสแกน Sub-window เพื่อตรวจหาใบหน้าจากรูปภาพอินพุต ตัวตรวจหา (Detector) กำหนดให้มีขนาดคงที่ โดยไล่จากขอบภาพด้านซ้ายไปเรื่อยๆ ถึงขอบภาพด้านขวา แล้วปรับตำแหน่งถัดลงมา ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆจนสิ้นสุดภาพ ลักษณะคล้ายกับการกวาดสายตาอ่านหนังสือ ระหว่างที่ตัวตรวจหาอยู่ตำแหน่งใดๆ จะใช้เทคนิค AdaBoost (Adaptive Boost) กระบวนการหารูปแบบที่ใกล้เคียงกันกับต้นแบบตัวเปรียบเทียบ และให้ตำแหน่งภาพพื้นหลังส่วนอื่นๆถูกปฏิเสธไม่นำมาคำนวนโดยตัวเปรียบเทียบ (Feature) เป็นโครงสร้างรูปเหลี่ยม ลักษณะหลายๆ รูปแบบ แสดงถึงผลต่างระหว่างพื้นที่สีขาวกับพื้นที่สีดำ ซึ่งเป็นกระบวนการหารูปแบบที่มีลักษณะใกล้เคียงและแตกต่างกับภาพนำเข้า ถ้าตำแหน่งของภาพจุดนั้นมีลักษณะใกล้เคียงกับตัวเปรียบเทียบ (Feature) ให้ภาพตำแหน่งนั้นเป็นแบบ Positive หรือใช้แต่ถ้าไม่ตรงกับรูปแบบ คือ Negative ให้เป็นไม่ใช่

กฤติกา ศรีพงศ์สุข[1] การพัฒนาระบบรู้จำใบหน้าบุคคล พัฒนาโปรแกรมจดจำใบหน้าเพื่อระบุตัวบุคคล โดยใช้การจดจำใบหน้า ผู้ใช้ต้องทำการกรอกข้อมูลและถ่ายภาพใบหน้าในส่วนของการใช้งานครั้งแรกก่อนจึงจะสามารถลงชื่อปฏิบัติงานได้แล้วทำการถ่ายภาพโดยให้อยู่ในลักษณะหน้าตรง เพื่อระบบจะตรวจจับใบหน้าได้ ในขั้นตอนการถ่ายภาพเพื่อเก็บไว้ในฐานข้อมูลจะต้องทำการกดถ่ายภาพอย่างน้อย 5 ครั้ง

ประทีป ทองหลาง[2] ศึกษาเรื่องระบบตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนและประเมินผลการเรียนรู้ด้วย QR Code ในรายวิชาศึกษา ทั่วไป พัฒนาเพื่อลดระยะเวลาในการขานชื่อเข้าชั้นเรียน ผลการทดสอบระบบในเบื้องต้นพบว่า การทำงานของระบบสามารถช่วย ให้การตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนใช้เวลาน้อย

พิชญา จตุรวัฒน์[3] ศึกษาเรื่องการพัฒนาระบบบันทึกเวลาเรียนด้วยการตรวจจับและรู้จำใบหน้า โดยส่วนใหญ่มักจะใช้เวลาในการเรียกชื่อตัวตนของนักเรียนว่าจะต้องเสียเวลาเท่าไร เพราะจะทำให้เสียเวลารวมทั้งเกิดความผิดพลาดขึ้นได้การศึกษาและพัฒนาระบบการบันทึกเวลาเรียนด้วยการตรวจสอบขั้นตอนการแก้ปัญหาดังกล่าวรับทราบขั้นตอนการสร้างฐานข้อมูลภาพและการพัฒนาระบบในลักษณะที่ใช้งานได้โดยใช้คุณสมบัติ Haar-Like ในการตรวจจับใบหน้า

วิธีการดำเนินการวิจัย

คณะผู้วิจัยได้เริ่มนำอุปกรณ์ด้านฮาร์ดแวร์มาใช้ในระบบ โดยใช้ Raspberry Pi 3 B+ ในการตรวจสอบใบหน้าว่าในรายวิชานั้น มีนักศึกษาชื่ออะไรบ้างที่เข้าชั้นเรียน และนำข้อมูลไปเก็บที่ฐานข้อมูลแล้วแสดงไปยังเว็บไซต์ เพื่อให้อาจารย์ในรายวิชานั้นได้ทราบถึงจำนวนนักศึกษาที่เข้าเรียน และเพื่อลดระยะเวลาในการเช็คชื่อแบบขานชื่อ หรือเขียนลงกระดาษ และทำให้ลดปัญหาการหนีเรียนได้อีกด้วย ซึ่งในส่วนนี้จะนำเสนอถึงกรอบแนวคิดของหลักการวิจัย วิธีการวิจัย และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. การศึกษาและรวบรวมข้อมูล

การศึกษาและรวบรวมข้อมูล แบ่งเนื้อหาออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

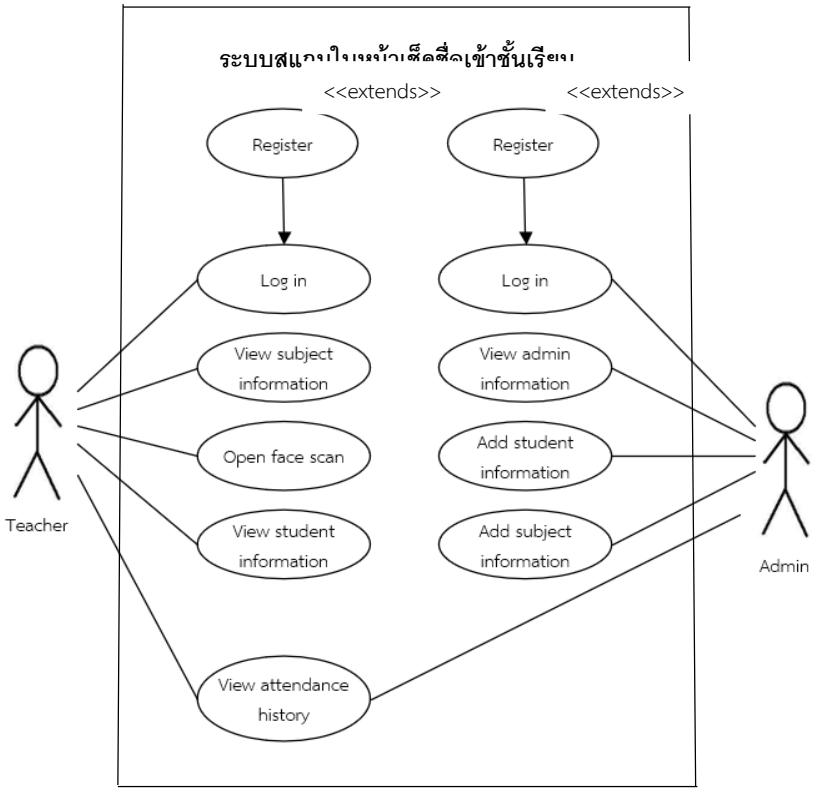
1.1 ด้านฮาร์ดแวร์ ได้แก่ Raspberry Pi 3 B+ กล้อง Logitech c110 เพื่อที่จะตรวจจับใบหน้าของนักศึกษา โดยการใช้อัลกอริทึม Haar-like Feature คือ การสแกน Sub-window เพื่อตรวจหาใบหน้าจากรูปภาพอินพุต ตัวตรวจหา (Detector) กำหนดให้มีขนาดคงที่ โดยไล่จากขอบภาพด้านซ้ายไปเรื่อยๆ

1.2 ด้านซอฟต์แวร์และข้อมูลการใช้โปรแกรม ได้แก่ โปรแกรมประยุกต์ในการควบคุมฮาร์ดแวร์ โปรแกรมด้านการเขียนเว็บไซต์ โปรแกรมในการจัดการฐานข้อมูล และโปรแกรมด้านการจัดพิมพ์เอกสาร เพื่อดำเนินระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 หลักการเว็บไซต์และข้อมูลในการออกแบบ ได้แก่ ข้อมูลอาจารย์ ข้อมูลรายวิชา ข้อมูลการลงทะเบียน ข้อมูลนักศึกษา หลักการออกแบบเว็บไซต์ ขั้นตอนการเช็คชื่อด้วยการสแกนใบหน้าเข้าชั้นเรียน

2. การวิเคราะห์ระบบ

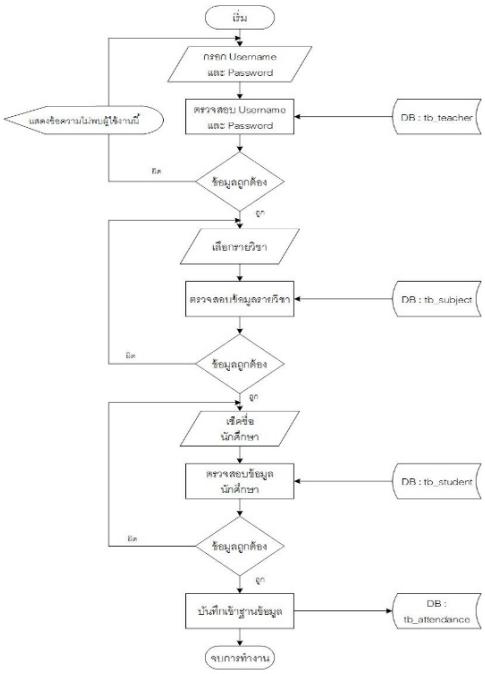
คณะผู้วิจัยได้สังเกตพฤติกรรมและปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อนำไปสู่การแก้ไข และออกแบบระบบสแกนใบหน้าเช็คชื่อเข้าชั้นเรียน โดยนำความสามารถด้านฮาร์ดแวร์มาใช้ ผนึกเข้ากับซอฟต์แวร์ อีกทั้งเทคนิคด้านฐานข้อมูลให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลได้มากที่สุด โดยระบบสแกนใบหน้าเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนมีขั้นตอนในการทำงาน ได้แก่ ขั้นตอนสแกนใบหน้า ขั้นตอนลงทะเบียนนักศึกษา ขั้นตอนลงทะเบียนรายวิชา อีกทั้งอาจารย์สามารถดูประวัติการเข้าเรียนได้ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนภาพ Use Case Diagram ของระบบสแกนใบหน้าเช็คชื่อเข้าชั้นเรียน

3. การออกแบบระบบ

การพัฒนาระบบสแกนใบหน้าเช็คชื่อเข้าชั้นเรียน พัฒนาขึ้นในรูปแบบของเว็บไซต์ โดยเริ่มจากการออกแบบการทำงานโดยวาด Flowchart ของการระบบสแกนใบหน้าเช็คชื่อเข้าชั้นเรียน ดังภาพที่ 2 และการออกแบบฐานข้อมูล ดังภาพที่ 3-11



ภาพที่ 2 Flowchart การทำงานของระบบสแกนใบหน้าเช็คชื่อเข้าชั้นเรียน

#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default
1	admin_id	int(11)			No	None
2	admin_fullname	varchar(50)	utf8_general_ci		Yes	NULL
3	admin_email	varchar(50)	utf8_general_ci		Yes	NULL
4	admin_tel	varchar(10)	utf8_general_ci		Yes	NULL
5	admin_username	varchar(50)	utf8_general_ci		Yes	NULL
6	admin_password	varchar(50)	utf8_general_ci		Yes	NULL

ภาพที่ 3 โครงสร้างตาราง Admin

#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default
1	attendance_id	int(11)			No	None
2	attendance_in	datetime			Yes	NULL
3	attendance_out	datetime			Yes	NULL
4	attendance_status	varchar(20)	utf8_general_ci		Yes	NULL
5	attendance_update	datetime			Yes	NULL
6	student_id	int(11)			No	None
7	student_no	varchar(20)	utf8_general_ci		No	None
8	subject_id	int(11)			No	None

ภาพที่ 4 โครงสร้างตาราง Attendance

#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default
1	enroll_id	int(11)			No	None
2	enroll_no	varchar(20)	utf8_general_ci		Yes	NULL
3	enroll_name	varchar(50)	utf8_general_ci		Yes	NULL
4	subject_id	int(11)			No	None
5	student_id	int(11)			No	None
6	enroll_date	date			Yes	NULL
7	enroll_status	varchar(50)	utf8_general_ci		Yes	NULL
8	enroll_year	varchar(4)	utf8_general_ci		No	None
9	enroll_term	varchar(30)	utf8_general_ci		No	None

ภาพที่ 5 โครงสร้างตาราง Enroll

#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default
1	face_id	int(11)			No	None
2	face_no	varchar(50)	utf8_general_ci		No	None
3	face_name	varchar(255)	utf8_general_ci		No	None
4	face_date	datetime			No	None

ภาพที่ 6 โครงสร้างตาราง Face

#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default
1	faculty_id	int(11)			No	None
2	faculty_name	varchar(50)	utf8_general_ci		Yes	NULL

ภาพที่ 7 โครงสร้างตาราง Faculty

#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default
1	major_id	int(11)			No	None
2	major_name	varchar(50)	utf8_general_ci		Yes	NULL
3	major_sec	varchar(10)	utf8_general_ci		Yes	NULL
4	faculty_id	int(11)			No	None

ภาพที่ 8 โครงสร้างตาราง Major

#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default
1	**student_id**	int(11)			No	*None*
2	**student_no**	varchar(20)	utf8_general_ci		Yes	*NULL*
3	**student_pic**	varchar(255)	utf8_general_ci		Yes	*NULL*
4	**student_fullname**	varchar(50)	utf8_general_ci		Yes	*NULL*
5	**student_sec**	varchar(10)	utf8_general_ci		Yes	*NULL*
6	**faculty_id**	int(11)			No	*None*
7	**major_id**	int(11)			No	*None*
8	**student_year**	varchar(50)	utf8_general_ci		No	*None*

ภาพที่ 9 โครงสร้างตาราง Student

#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default
1	**subject_id**	int(11)			No	*None*
2	**subject_year**	varchar(50)	utf8_general_ci		No	*None*
3	**subject_term**	varchar(50)	utf8_general_ci		No	*None*
4	**subject_no**	varchar(20)	utf8_general_ci		Yes	*NULL*
5	**subject_name**	varchar(50)	utf8_general_ci		Yes	*NULL*
6	**subject_date**	varchar(50)	utf8_general_ci		Yes	*NULL*
7	**subject_time**	time			Yes	*NULL*
8	**subject_room**	varchar(10)	utf8_general_ci		Yes	*NULL*
9	**subject_sec**	varchar(10)	utf8_general_ci		Yes	*NULL*
10	**teacher_id**	int(11)			No	*None*

ภาพที่ 10 โครงสร้างตาราง Subject

#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default
1	**teacher_id**	int(11)			No	*None*
2	**teacher_fullname**	varchar(50)	utf8_general_ci		Yes	*NULL*
3	**faculty_id**	int(11)			No	*None*
4	**major_id**	int(11)			No	*None*
5	**teacher_username**	varchar(50)	utf8_general_ci		Yes	*NULL*
6	**teacher_password**	varchar(50)	utf8_general_ci		Yes	*NULL*
7	**teacher_pic**	varchar(255)	utf8_general_ci		Yes	*NULL*
8	**teacher_status**	varchar(50)	utf8_general_ci		Yes	*NULL*

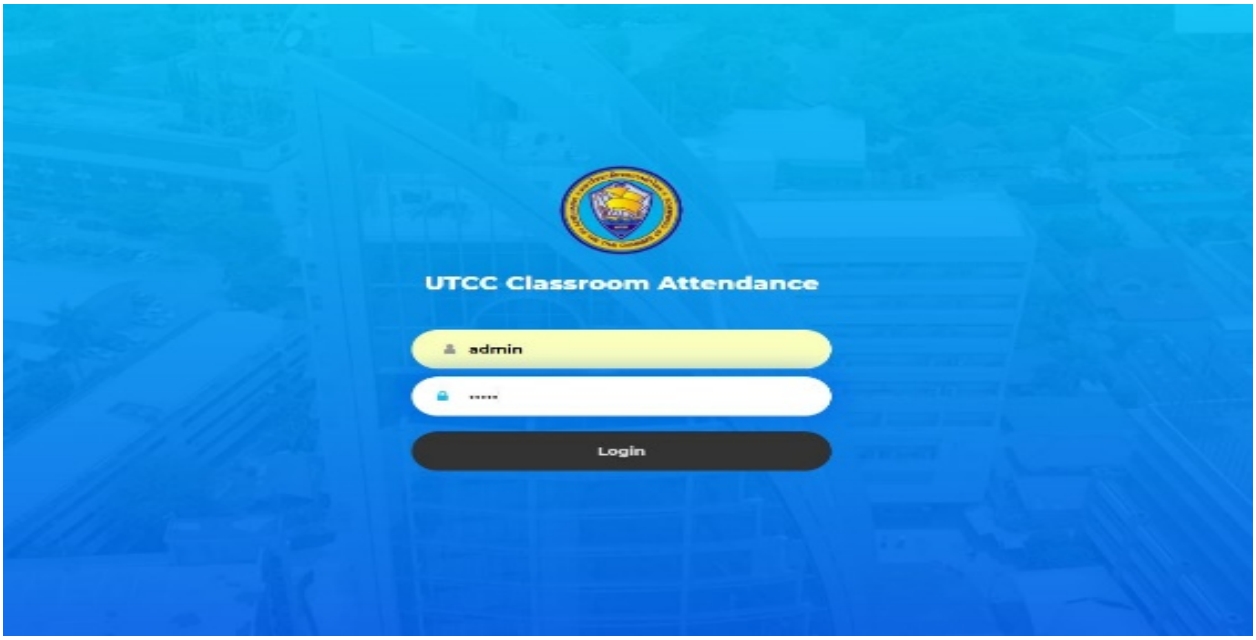
ภาพที่ 11 โครงสร้างตาราง Teacher

4. การพัฒนาระบบ

เว็บไซต์เป็นส่วนหนึ่งของระบบสแกนใบหน้าเช็คชื่อเข้าชั้นเรียน พัฒนาในรูปแบบเว็บไซต์ (Website) โดยเว็บไซต์จะมีฟังก์ชันล็อกอินในการทำงาน ส่วนในการสแกนใบหน้าเข้าชั้นเรียน ได้นำไปทดลองสร้างเว็บไซต์แล้ว เว็บไซต์ตอบสนองด้านฮาร์ดแวร์และฐานข้อมูลเป็นอย่างดี

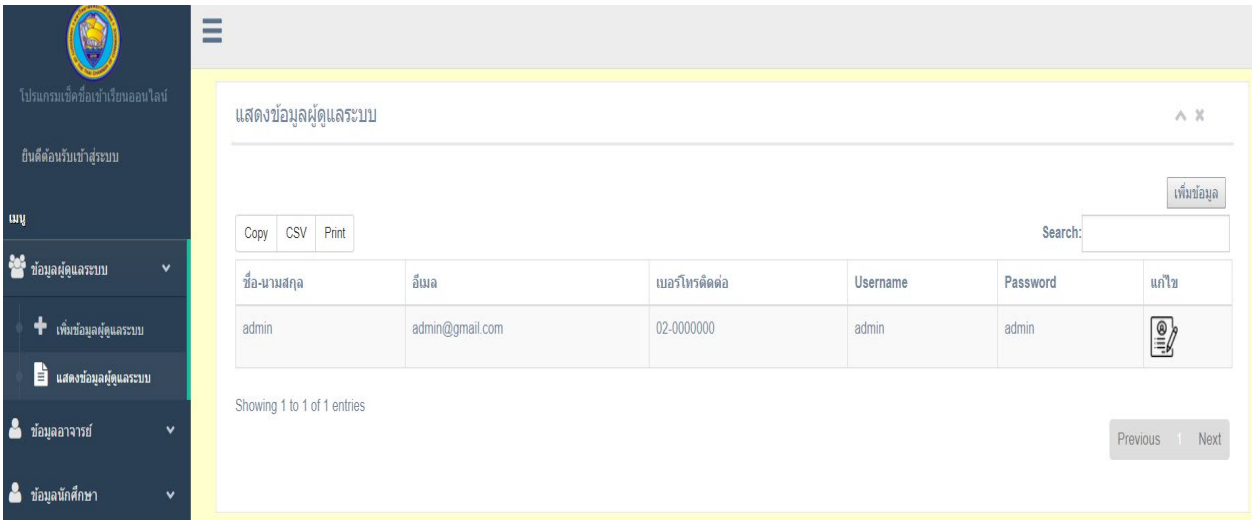
งานวิจัยด้านเว็บไซต์ ประกอบไปด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของผู้ดูและระบบ และส่วนของอาจารย์ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. การใช้งานระบบสแกนใบหน้าเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนของผู้ดูแลระบบ



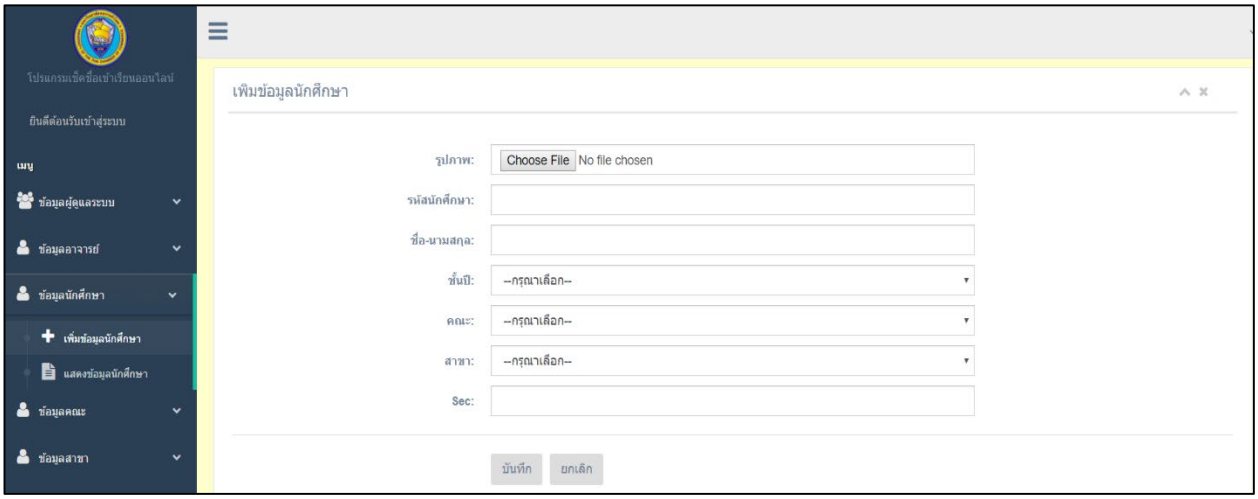
ภาพที่ 12 หน้า Login ของผู้ดูแลระบบ

จากภาพที่ 12 แสดงหน้า Login ของผู้ดูแลระบบ เพื่อให้ผู้ดูแลระบบ ใส่ Username และ Password



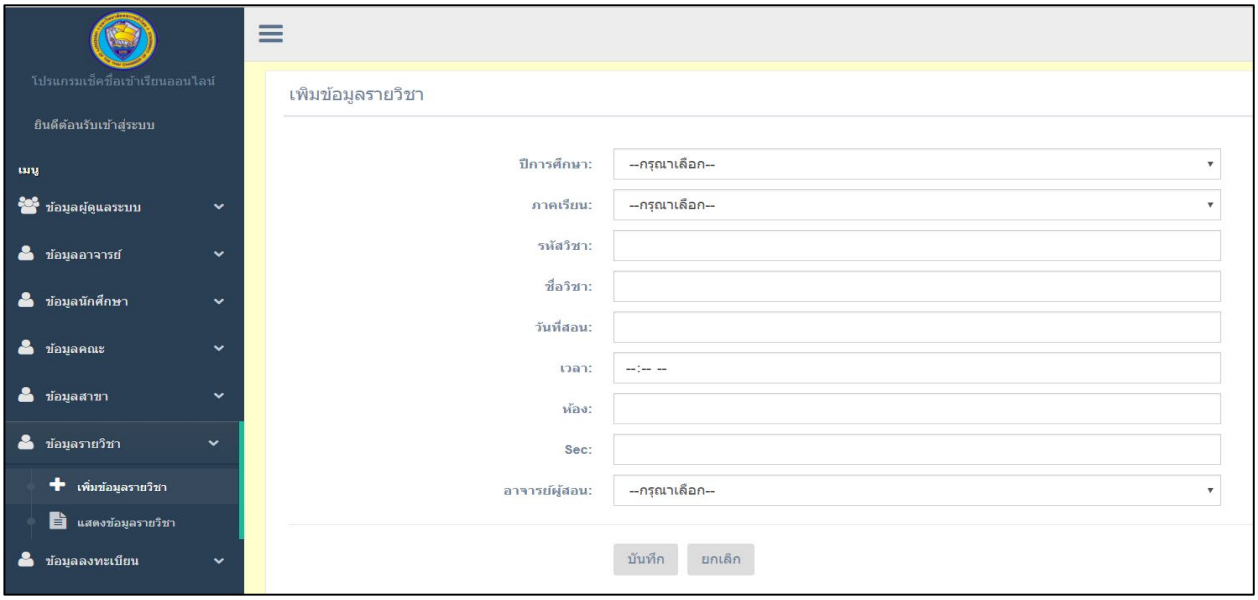
ภาพที่ 13 หน้าข้อมูลของผู้ดูแลระบบ

จากภาพที่ 13 แสดงหน้าข้อมูลของผู้ดูแลระบบ สามารถดูข้อมูลของผู้ดูแลระบบที่เข้าใช้งานและสามารถแก้ไขและลบได้



ภาพที่ 14 หน้าระบบการเพิ่มข้อมูลนักศึกษา

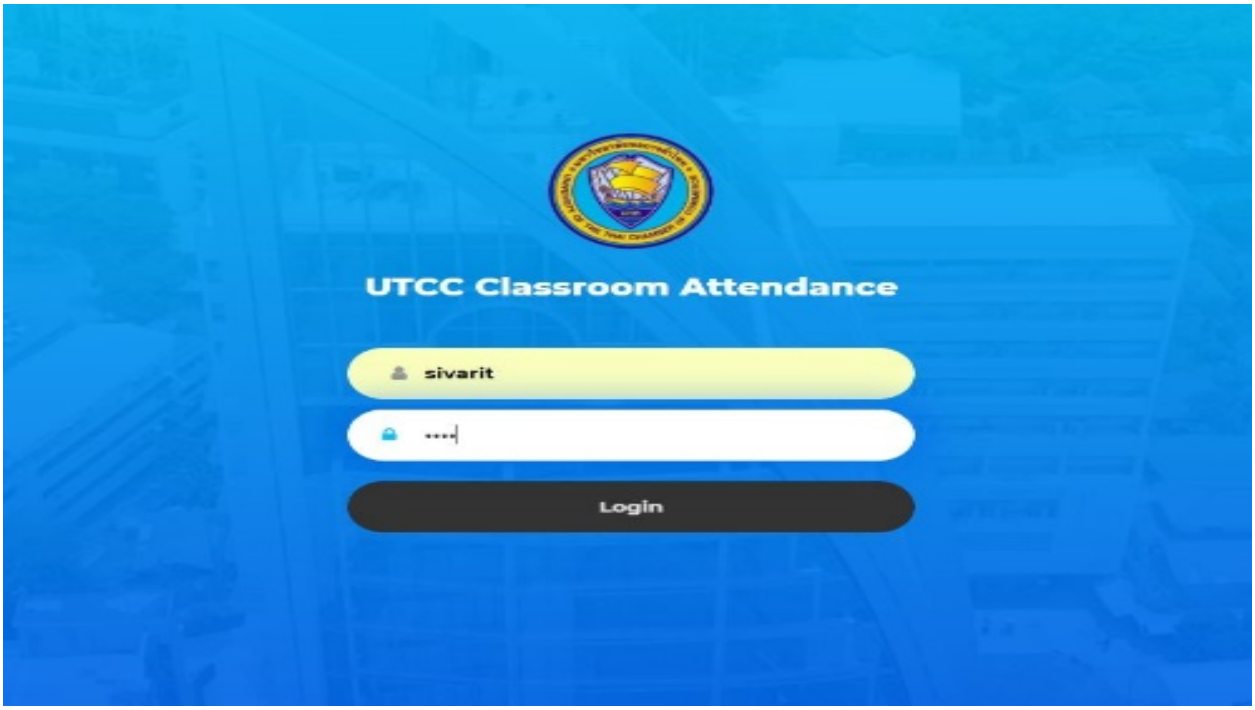
จากภาพที่ 14 แสดงหน้าระบบเพิ่มข้อมูลนักศึกษา ซึ่งสามารถเพิ่มข้อมูลโดยการใส่รูปภาพ รหัสนักศึกษา ชื่อ-นามสกุล ชั้นปี คณะ สาขา และ Sec



ภาพที่ 15 หน้าระบบการเพิ่มข้อมูลรายวิชา

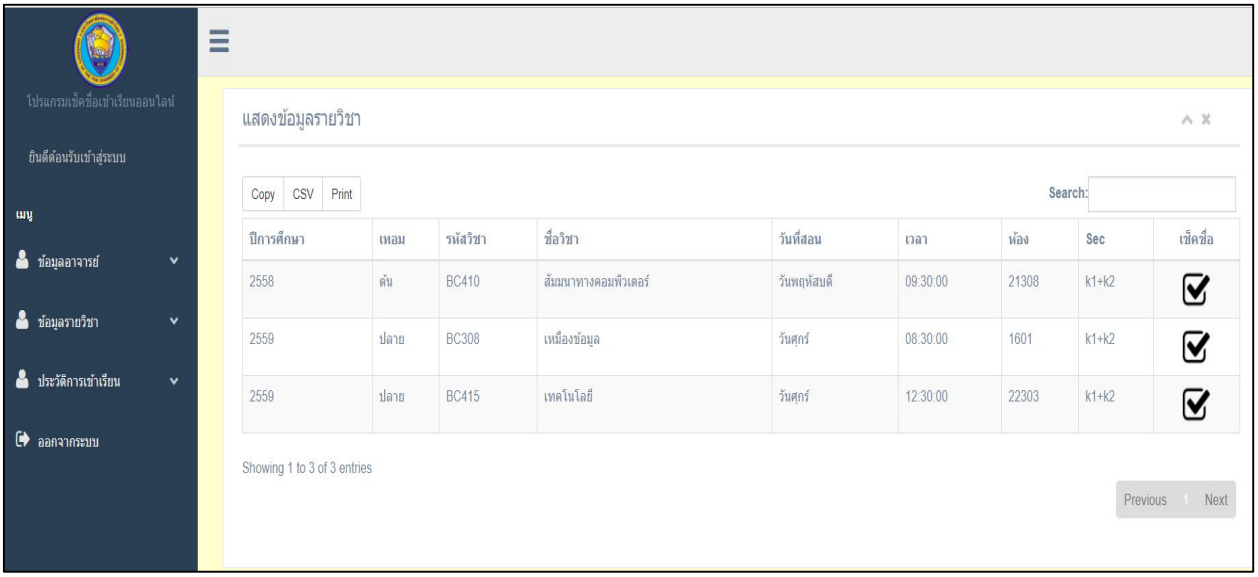
จากภาพที่ 15 แสดงหน้าระบบเพิ่มข้อมูลรายวิชา ซึ่งสามารถเพิ่มข้อมูลโดยการใส่ปีการศึกษา ภาคเรียน รหัสวิชา ชื่อวิชา วันที่สอน เวลา ห้อง Sec และอาจารย์ผู้สอน

2. การใช้งานระบบสแกนใบหน้าเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนของอาจารย์



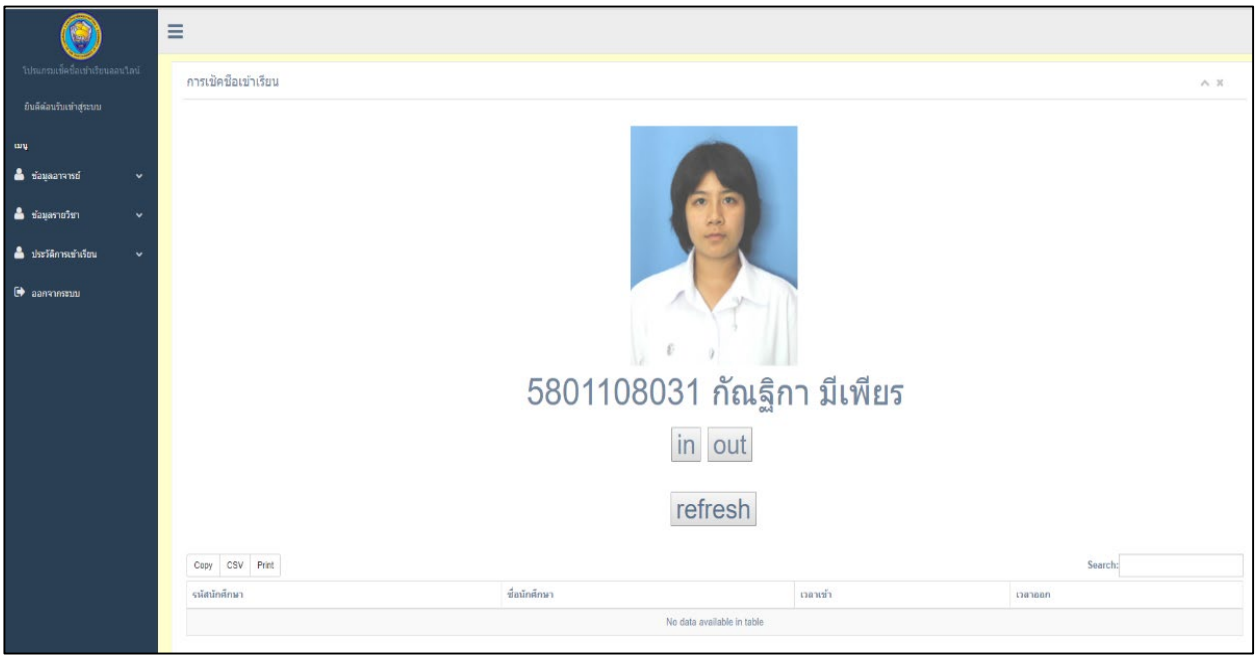
ภาพที่ 16 หน้า Login ของอาจารย์

จากภาพที่ 16 แสดงหน้า Login ของอาจารย์ เพื่อให้อาจารย์ ใส่ Username และ Password



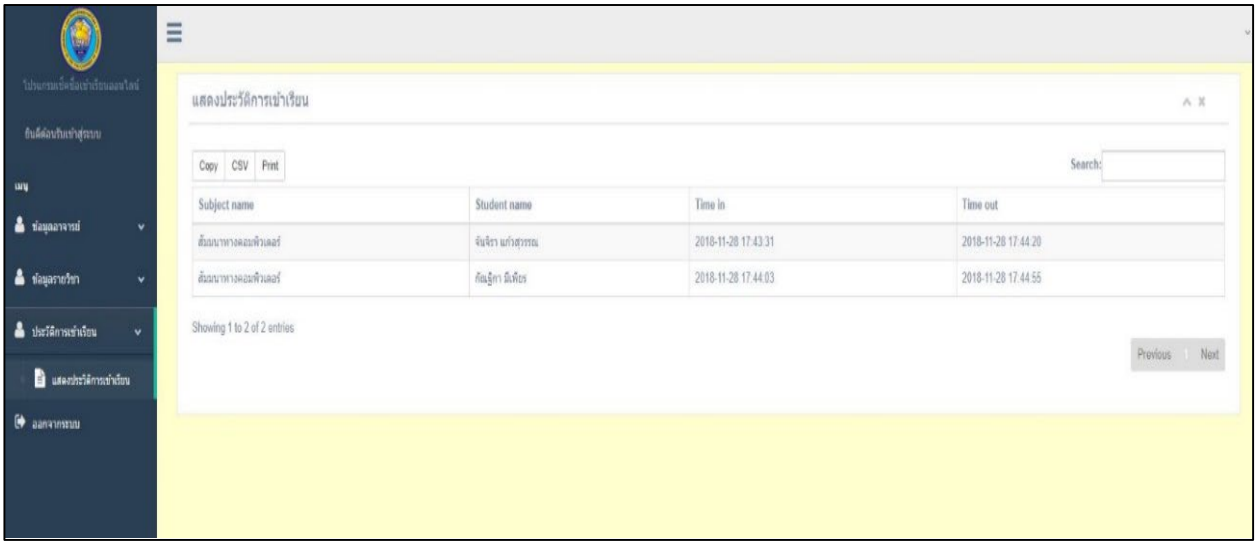
ภาพที่ 17 แสดงข้อมูลรายวิชาของอาจารย์

จากภาพที่ 17 แสดงข้อมูลรายวิชาของอาจารย์ เพื่อให้อาจารย์เลือกวิชาที่จะสอนเปิดระบบเช็คชื่อ



ภาพที่ 18 หน้าระบบเช็คชื่อ

จากภาพที่ 18 แสดงหน้าระบบเช็คชื่อ เมื่อสแกนหน้าแล้ว สามารถกด In เพื่อเข้าเรียน และ กด Out เมื่อเลิกเรียน



ภาพที่ 19 ข้อมูลประวัติการเข้าเรียน

จากภาพที่ 19 แสดงข้อมูลประวัติการเข้าเรียน ซึ่งสามารถดูเวลาเข้าเรียน และเวลาออกจากห้องเรียนของนักศึกษา

5. การทดสอบระบบ

หลังจากที่คณะผู้วิจัยได้สร้างและออกแบบระบบสแกนใบหน้าเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนเสร็จสิ้นเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จึงได้มีการทดสอบการใช้งานโดยการลงทะเบียนนักศึกษา และได้เข้าไปทดลองใช้งานในส่วนต่างๆ ของระบบเพื่อให้เกิดความแน่ใจว่าการทำงานครั้งนี้จะไม่มีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น โดยใช้การแปลผลการหาค่าเฉลี่ยของแบบประเมิน ดังตารางที่ 1 จากนั้น คณะผู้วิจัยจึงได้นำเว็บไซต์อัพโหลดไปยังเซิร์ฟเวอร์ และทดสอบการใช้งานอีกครั้ง โดยวิธีเรียกใช้งานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่แตกต่างกันออกไป นอกจากนี้ คณะผู้วิจัยได้ทำการประเมินความพึงพอใจให้กับกลุ่มผู้ใช้งาน จำนวน 30 คน จากผลการประเมินความพึงพอใจพบว่า ผู้ใช้ส่วนใหญ่มีความพึงพอใจในการใช้งาน การพัฒนาระบบสแกนใบหน้าเช็คชื่อเรียนอยู่ในระดับมากที่สุด ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 การแปลผลการหาค่าเฉลี่ยของแบบประเมิน

ระดับ	ความหมาย
4.50-5.00	มีความเหมาะสมระดับมากที่สุด
3.50-4.49	มีความเหมาะสมระดับมาก
2.50-3.49	มีความเหมาะสมระดับปานกลาง
1.50-2.49	มีความเหมาะสมระดับน้อย
1.00-1.49	มีความเหมาะสมระดับน้อยที่สุด

ตารางที่ 2 การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บระบบสแกนใบหน้าเช็คชื่อเข้าชั้นเรียน

หัวข้อที่ประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เชิงคุณภาพ
1. ความสะดวกในการใช้งานเว็บ	4.53	0.68	มากที่สุด
2. ความสามารถในการทำงานของเว็บ	4.43	0.57	มาก
3. ประสิทธิภาพของเว็บ	4.27	0.64	มาก
4. ความง่ายในการใช้เว็บ	4.73	0.52	มากที่สุด
5. ความปลอดภัยในการใช้งานเว็บ	4.83	0.38	มากที่สุด
รวม	4.56	0.56	มากที่สุด

จากผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน พบว่า หัวข้อที่เป็นที่พึงพอใจต่อผู้ใช้งานมากที่สุด คือ ความปลอดภัยในการใช้งานเว็บ (ค่าเฉลี่ย 4.83 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.38) รองลงมา คือ ความง่ายในการใช้เว็บ (ค่าเฉลี่ย 4.73 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.52) ความสะดวกในการใช้งานเว็บ (ค่าเฉลี่ย 4.53 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.68) ความสามารถในการทำงานของเว็บ (ค่าเฉลี่ย 4.43 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.57) และ ประสิทธิภาพของเว็บ (ค่าเฉลี่ย 4.27 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.64) โดยสรุปทั้ง 5 หัวข้อ พบว่า มีค่าเฉลี่ย 4.56 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.56 ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองพัฒนาระบบสแกนใบหน้าเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนผ่านเว็บ ได้ให้ผู้ทดสอบระบบได้เข้าใช้งานระบบสแกนใบหน้าเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนโดยใช้แบบสอบถามจากผู้ใช้งาน 30 คน พบว่า ระบบสามารถตรวจสอบใบหน้าได้ถูกต้อง 30 คน และใช้ภาพจำนวน 4 ภาพในแต่ละบุคคลในการ Train Model พบว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในการใช้ระบบสแกนใบหน้าเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนอยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งเป็นระบบที่สามารถสแกนใบหน้าเช็คชื่อเข้าชั้นเรียน ลดระยะเวลาในการเรียกชื่อ และสร้างความสะดวกในกับอาจารย์ประจำรายวิชานั้น จากผลการประเมินของงานวิจัยนี้ ระบบการสแกนใบหน้าเช็คชื่อยังไม่สามารถตอบสนอง

ต่อการใช้งานด้านรูปแบบความสวยงาม แต่ด้านความสมบูรณ์การใช้งานเป็นที่น่าพึงพอใจอย่างมาก อย่างไรก็ตาม สำหรับงานวิจัยในอนาคตนั้น คณะผู้วิจัยจะพัฒนาระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ จากการพัฒนาระบบสแกนใบหน้าเช็คชื่อทำให้ทราบถึงหลักการของอุปกรณ์ต่างๆ รวมถึงซอฟต์แวร์ด้านฐานข้อมูลที่จะทำให้ระบบมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังได้ทักษะความรู้ด้านอิเล็กทรอนิกส์เพิ่มเติม รู้ปัญหาวิธีแก้ไขและการสำรองข้อมูลหากเกิดการผิดพลาด

ด้านตัวโปรแกรมควบคุมการใช้งาน การพัฒนาโปรแกรมสแกนใบหน้าเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนผลที่ได้ คือ ผู้ดูแลระบบ และอาจารย์ ได้ทดลองใช้งาน ในส่วนของระบบงานที่สามารถ เพิ่ม ลบ แก้ไข บันทึก ค้นหาข้อมูลต่างๆ ได้โดยมีการจัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบมีโครงสร้างง่ายต่อการเข้าถึง รวมทั้งการประมวลผลที่มีความถูกต้อง แม่นยำ และมีความน่าเชื่อถือ และนำไปใช้ในการเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนได้อย่างถูกต้อง

ข้อเสนอแนะในการพัฒนาระบบ การพัฒนาโปรแกรมสแกนใบหน้าเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนเนื่องด้วยโค้ดที่ใช้เขียนโปรแกรมมีความซับซ้อน อีกทั้งระยะเวลามีจำกัด จึงอาจมีหลาย อย่างที่ยังถูกจำกัดอยู่ เช่น การสแกนใบหน้าอาจจะยังมีประสิทธิภาพได้ไม่มากนัก ถ้าเกิดเป็นฝาแฝดอาจจะบันทึกเป็นคนคนเดียวด้วยกันได้ และการเช็คชื่อยังไม่สามารถเช็คชื่ออัตโนมัติได้ ยังต้องมีการกดยืนยันตัวตน เพื่อความแน่นอนของข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

1. กฤติกา ศรีพงศ์สุข. (2553). การพัฒนาระบบรู้จำใบหน้าบุคคล. ปริญญานิพนธ์. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
2. ประทีป ทองหลาง. (2561). ระบบตรวจสอบการเข้าชั้นเรียนและประเมินผลการเรียนรู้ด้วย QR Code ในรายวิชาศึกษาทั่วไป.คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.
3. พิชญา จตุรวัฒน์. (2560). การพัฒนาระบบบันทึกเวลาเรียนด้วยการตรวจจับและรู้จำใบหน้า.คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
4. Paul Viola and Michael J. Jones. (2016). ทฤษฎีตรวจจับใบหน้า Haar-like Feature. Computer Science Massachusetts Institute of Technology.

[IT-P15] ระบบช่วยดูแลรักษากล้วยไม้อัตโนมัติ

Smart Orchid Maintenance System

ธนภูมิ เพชรภู่[1,*], ปิยะภัทร สมเกียรติกุล[1], เกสรา ศรพรหม[1], ศิวฤทธิ์ สุนทรเสณี[1] และ น้ำฝน อัศวเมฆิน[2]
Tanapoom Petchpoo[1,*], Piyaphat Somkiattikul[1], Kesara Sornprom[1], Sivarit Sultornsanee[1] and Namfon Assawamekin[2]
[1]หลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
[2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: tanapoompetchpoo@gmail.com*

บทคัดย่อ

ในปัจจุบัน โลกกำลังเผชิญกับปัญหาภาวะโลกร้อน อันเนื่องมาจากทรัพยากรป่าไม้กำลังจะหมดไป จึงทำให้เกิดแนวคิดที่จะสร้างระบบดูแลรักษากล้วยไม้อัตโนมัติขึ้น เพื่ออำนวยความสะดวกแก่บุคคลที่รักษ์โลก ซึ่งตอบสนองความต้องการให้ทุกคนช่วยกันรักษาต้นไม้ และลดภาวะโลกร้อน ดังนั้น ระบบดูแลรักษากล้วยไม้อัตโนมัติจึงเหมาะกับโลกในยุคปัจจุบัน ต้นไม้ และ พืชต่าง ๆ ต้องการน้ำ ซึ่งน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ถ้าพืชนั้นได้รับน้ำมากเกินไป จะทำให้พืชนั้นตายได้ หรือหากพืชนั้นได้รับน้ำที่น้อยเกินไป จะทำให้พืชนั้นไม่เจริญเติบโต รวมถึงการออกดอกออกผลที่ไม่เป็นไปตามเป้าหมาย การรดน้ำต้นไม้ให้ถูกวิธี ไม้ประดับ หรือพืชต่าง ๆ จึงเจริญเติบโตนั้น จะมีปัจจัยที่สำคัญหลายปัจจัยที่จะนำมาเป็นเงื่อนไขในการพัฒนาระบบดูแลรักษากล้วยไม้อัตโนมัติ ผู้วิจัยจึงได้จัดทำระบบดูแลรักษากล้วยไม้อัตโนมัติ ซึ่งช่วยลดการใช้ปริมาณน้ำ ประหยัดเวลาในการรดน้ำกล้วยไม้ ประหยัดพลังงานไฟฟ้า และลดค่าใช้จ่ายที่เสียไป ตลอดจนช่วยเพิ่มพูนความรู้ ทักษะและประสบการณ์ จากนั้น ได้ทำการทดสอบ โดยให้ผู้ใช้งาน 30 คนทำแบบสอบถาม ผลการทดสอบพบว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในการใช้งานระบบในระดับมากที่สุด
คำสำคัญ: *กล้วยไม้, ระบบช่วยดูแลรักษา, ไมโครคอนโทรลเลอร์*

Abstract

The planet's forests are vital to us all. For one thing, without them, global warming would be a lot worse. The research aims to develop a smart orchid maintenance system. It can be a part of the global warming solution. It is able to reduce its water use and build smaller treatment systems, and saving the producer money. We conducted a customer satisfaction survey. A total of 30 questionnaires were collected and the data were analyzed. The results supported the proposed system by showing system quality and information quality significantly influence customers' trust and satisfaction. We present herein implications and suggestions for further research.
Keywords: *Orchids, Maintenance System, Microcontroller*

บทนำ

ต้นไม้และพืชต่างๆ ต้องการน้ำ ซึ่งน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ถ้าพืชนั้นได้รับน้ำมากเกินไปจะทำให้พืชนั้นตายได้ หรือถ้าหากพืชนั้นได้รับน้ำที่น้อยเกินไป จะทำให้พืชนั้นไม่เจริญเติบโต รวมถึงการออกดอก ออกผลที่ไม่เป็นไปตามเป้าหมาย การรดน้ำต้นไม้ให้ถูกวิธี ไม้ประดับหรือพืชต่างๆ จึงจะเจริญเติบโตนั้น จะมีปัจจัยที่สำคัญอยู่หลายปัจจัยที่จะนำมาเป็นเงื่อนไขในการรดน้ำต้นไม้ (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2555) ในที่นี้ได้นำเอาค่าความชื้นสัมพัทธ์ ค่าอุณหภูมิ และความชื้นในดิน มาทำการพิจารณาในการรดน้ำต้นไม้

ในปัจจุบัน เทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญอย่างมากในการดำเนินชีวิต ในส่วนของการอำนวยความสะดวกสบาย ทั้งนี้ทางผู้พัฒนาระบบได้เล็งเห็นการประยุกต์ใช้การควบคุมระบบด้วย Microcontroller (ไทยอีซีอีเล็ค, 2556) โดยนำมาเป็นตัว

ประมวลผลและสั่งการให้มีการรดน้ำต้นไม้ ด้วยการพิจารณาจากค่าความชื้นสัมพัทธ์ ค่าอุณหภูมิ และค่าความชื้นที่มีอยู่ในดิน เมื่อค่าทั้งหมดที่ตั้งไว้นั้นตรงกับเงื่อนไขที่ตั้งไว้ ระบบจะสั่งการให้เปิดน้ำอัตโนมัติทันที โดยใช้ Microcontroller มาเป็นตัวประมวลผล และในส่วนของอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ และค่าอุณหภูมิ ได้ใช้เซ็นเซอร์ DHT22 มาเป็นตัวประเมินค่า ส่วนค่าความชื้นในดินนั้น ได้นำเอาเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน (Soil Moisture Sensor) มาเป็นตัวประเมินค่า (ภาคภูมิ, 2553) อีกทั้งยังสามารถเปิดปิดน้ำได้ตามความต้องการ โดยไม่ต้องรอให้ตรงกับเงื่อนไขที่ตั้งไว้

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาระบบดูแลรักษากล้วยไม้อัตโนมัติ และพัฒนาให้ทันสมัยตามเทคโนโลยีที่ทันสมัย ทำให้มีประสิทธิภาพสูงสุด พร้อมทั้งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง

ขอบเขตของงาน

1. มีฟังก์ชันการทำงาน ดังนี้
    1.1 ระบบจะเริ่มรดน้ำเมื่อทำการสั่งผ่านเว็บไซต์
    1.2 ระบบสามารถตั้งค่าอัตโนมัติในการรดน้ำได้
2. Hardware ที่ใช้พัฒนา
    2.1 Arduino R3 และ Node MCU
    2.2 เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน Soil Moisture Sensor Module
    2.3 เซ็นเซอร์วัดค่าอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ DHT22
    2.4 Relay Module
    2.5 Ultrasonic HC-SR04
3. Software ที่ใช้พัฒนา
    3.1 ภาษา C/C+
    3.2 โปรแกรม Arduino IDE

วิธีดำเนินการวิจัย

คณะผู้วิจัยได้เริ่มนำอุปกรณ์ด้านฮาร์ดแวร์มาใช้ในระบบ โดยใช้ Arduino R3 และ Node MCU ในการประมวลผลสำหรับการรดน้ำต้นไม้ ซึ่งในส่วนนี้จะนำเสนอถึงกรอบแนวคิดของหลักการวิจัย วิธีการวิจัย และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. การศึกษาและรวบรวมข้อมูล

การศึกษาและรวบรวมข้อมูล แบ่งเนื้อหาออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

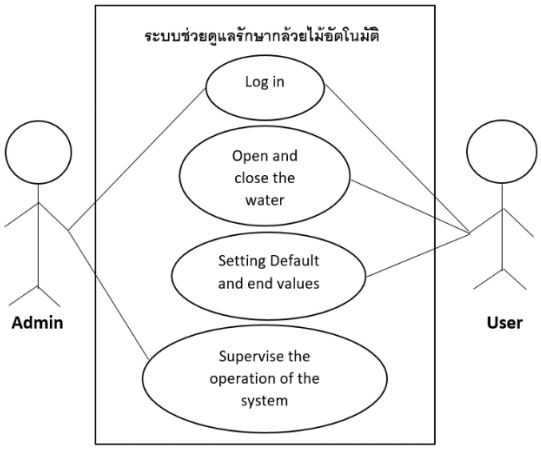
1.1 ด้านฮาร์ดแวร์ ได้แก่ Arduino R3และ Node MCU ในการประมวลผล ในการรดน้ำต้นไม้

1.2 ด้านซอฟต์แวร์และข้อมูลการใช้โปรแกรม ได้แก่ โปรแกรมประยุกต์ในการควบคุมฮาร์ดแวร์ โปรแกรมด้านการเขียนเว็บไซต์และโปรแกรมในการจัดการฐานข้อมูล เพื่อพัฒนาระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 หลักการเว็บไซต์และข้อมูลในการออกแบบ ได้แก่ ค่าเริ่มต้นและสิ้นสุดของค่าอุณหภูมิ ค่าความชื้นในอากาศ และค่าความชื้นในดิน

2. การวิเคราะห์ระบบ

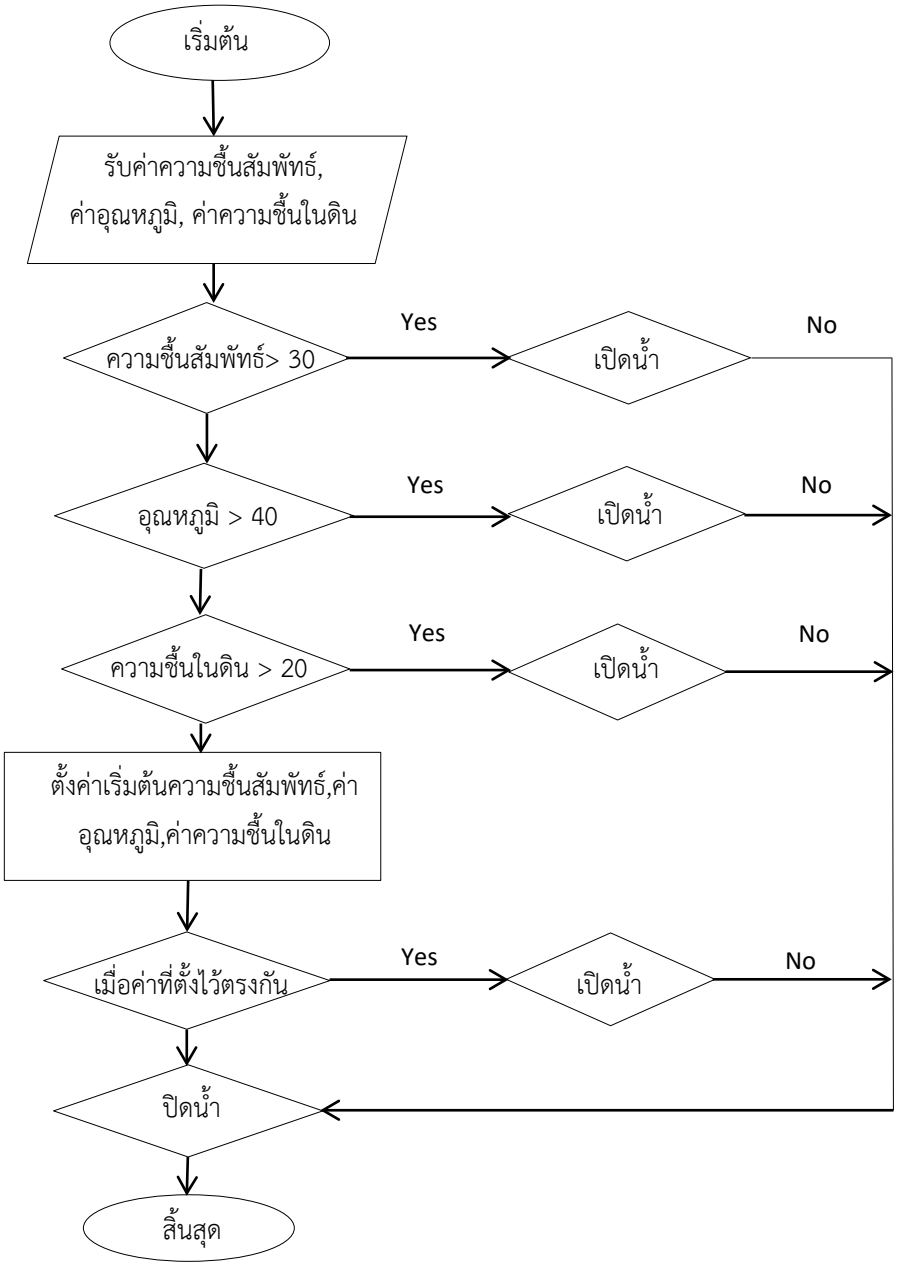
คณะผู้วิจัยได้สังเกตพฤติกรรมและปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อนำไปสู่การแก้ไข และออกแบบระบบช่วยดูแลรักษากล้วยไม้อัตโนมัติ โดยนำความสามารถด้านฮาร์ดแวร์มาใช้ ผนึกเข้ากับซอฟต์แวร์ อีกทั้งเทคนิคด้านฐานข้อมูลให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลได้มากที่สุด โดยระบบช่วยดูแลรักษากล้วยไม้อัตโนมัติ มีขั้นตอนในการทำงาน ได้แก่ การเปิด-ปิดน้ำ และการตั้งค่าการเปิด-ปิดน้ำอัตโนมัติ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนภาพ Use Case Diagram ของระบบช่วยดูแลรักษากล้วยไม้อัตโนมัติ

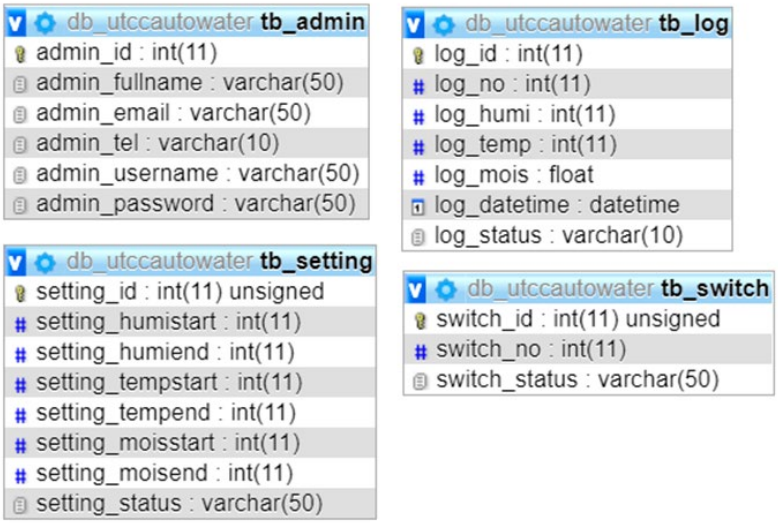
3. การออกแบบระบบ

การพัฒนาระบบช่วยดูแลรักษากล้วยไม้อัตโนมัติ โดยเริ่มจากการออกแบบการทำงาน โดยวาด Flowchart ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภาพ Flow Chart ของระบบช่วยดูแลรักษากล้วยไม้อัตโนมัติ

ระบบการจัดการฐานข้อมูลมีทั้งหมด 4 ตาราง ได้แก่ ตาราง tb_admin เป็นส่วนของผู้ดูแลระบบ ตาราง tb_log เป็นส่วนของการเก็บผลลัพธ์ค่าต่างๆ ที่ระบบกำลังทำงาน ตาราง tb_setting เป็นส่วนของการตั้งค่าเริ่มต้นและสิ้นสุดของการทำงานของระบบเปิด-ปิดน้ำ และตาราง tb_switch เป็นส่วนของการตั้งค่าปุ่มสวิตช์ ดังภาพที่ 3



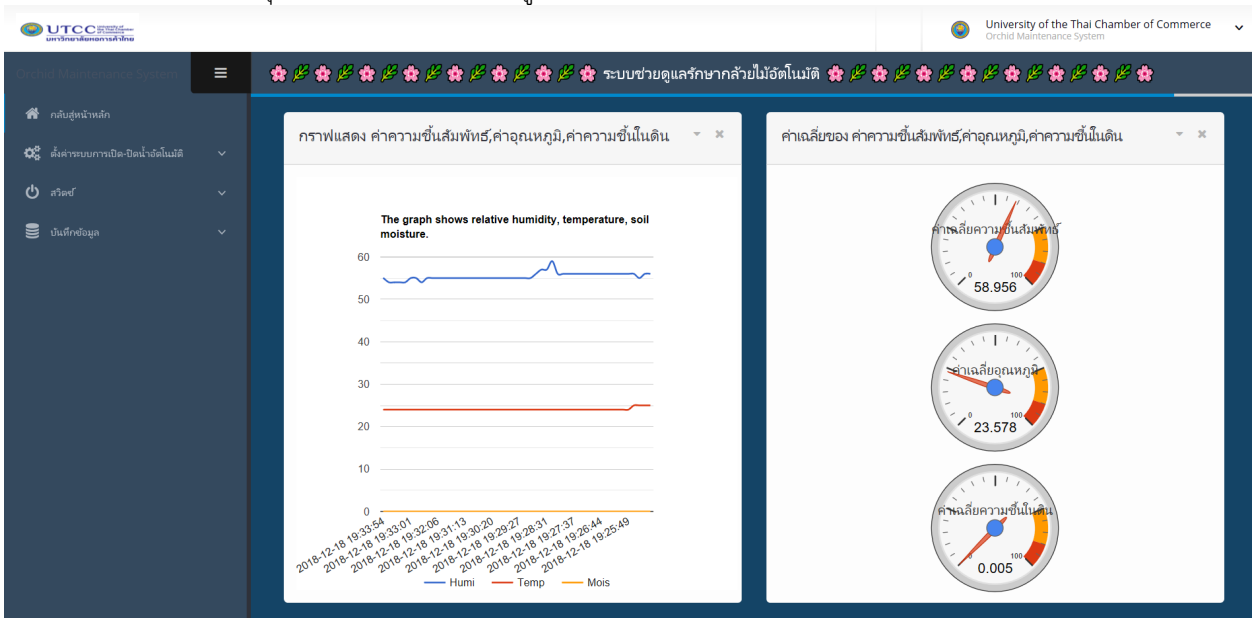
ภาพที่ 3 ฐานข้อมูลของระบบช่วยดูแลรักษากล้วยไม้อัตโนมัติ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ระบบช่วยดูแลรักษากล้วยไม้อัตโนมัติ ผู้ทำการวิจัยได้ทำการศึกษา วิเคราะห์ และพัฒนาระบบให้ดำเนินตามกระบวนการต่างๆ อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีการทดลองการทำงานของระบบเป็นระยะเวลา 1 เดือน ซึ่งได้ทดลองและแก้ไขให้ได้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ผลการวิจัย ประกอบด้วย ระบบการทำงาน 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของผู้ใช้งานระบบ และส่วนของผู้ดูแลระบบ

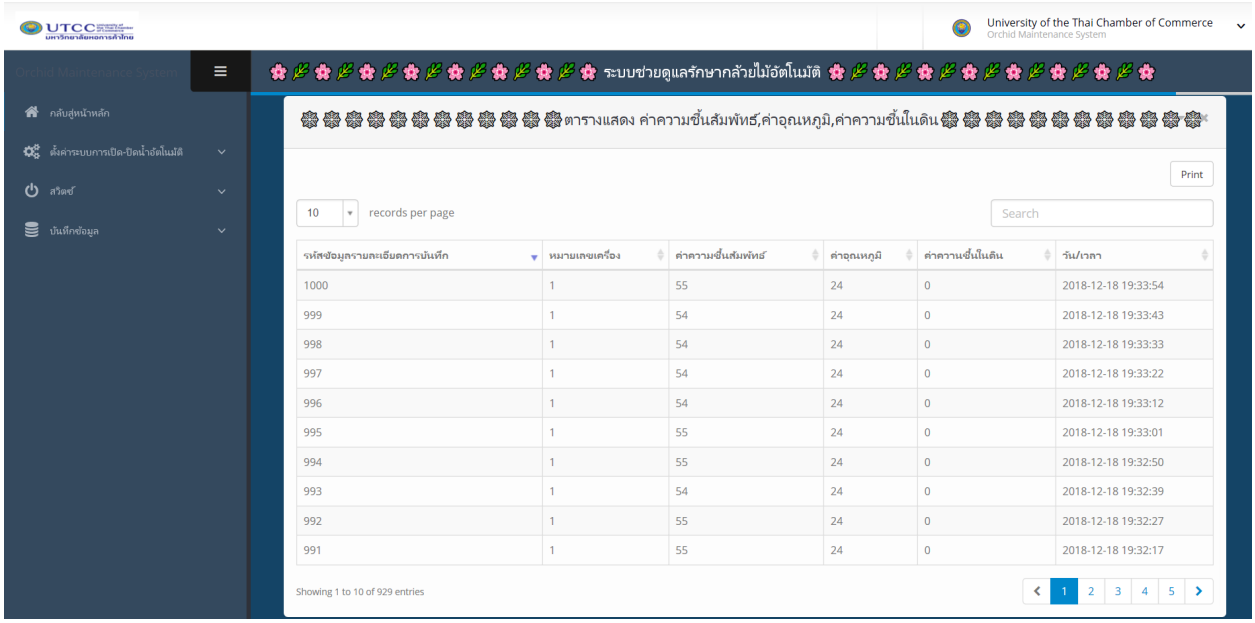
1. ผลการดำเนินงานของผู้ใช้งานระบบ

หลังจากที่ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบช่วยดูแลรักษากล้วยไม้อัตโนมัติ ซึ่งการพัฒนาระบบครั้งนี้ได้พัฒนาขึ้นให้ทำงานในรูปแบบของเว็บไซต์ และสามารถสรุปผลการพัฒนาระบบช่วยดูแลรักษากล้วยไม้อัตโนมัติ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ภาพรวมของระบบช่วยดูแลรักษากล้วยไม้อัตโนมัติ

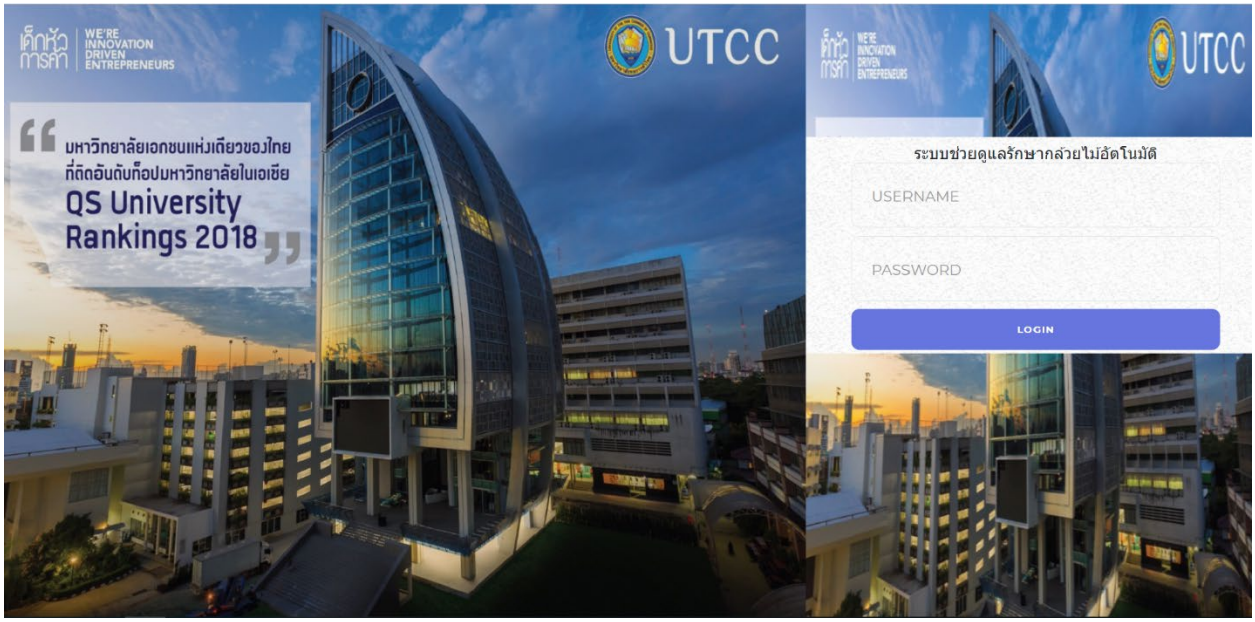
จากภาพที่ 4 แสดงภาพรวมของระบบช่วยดูแลรักษากล้วยไม้อัตโนมัติ ซึ่งสามารถดูค่าความชื้นสัมพัทธ์ ค่าอุณหภูมิ และค่าความชื้นในดิน โดยแสดงผลออกมาเป็นกราฟและค่าเฉลี่ยในรูปแบบเกจ์วัด



ภาพที่ 5 ตารางการบันทึกผลของระบบช่วยดูแลรักษากล้วยไม้อัตโนมัติ

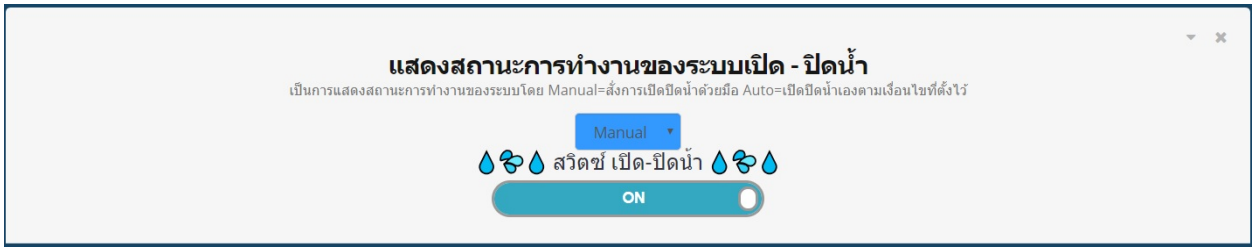
จากภาพที่ 5 แสดงตารางการบันทึกของระบบช่วยดูแลรักษากล้วยไม้อัตโนมัติ ซึ่งสามารถดูค่าความชื้นสัมพัทธ์ ค่าอุณหภูมิ และค่าความชื้นในดิน

2. การทำงานของระบบช่วยดูแลรักษากล้วยไม้อัตโนมัติ



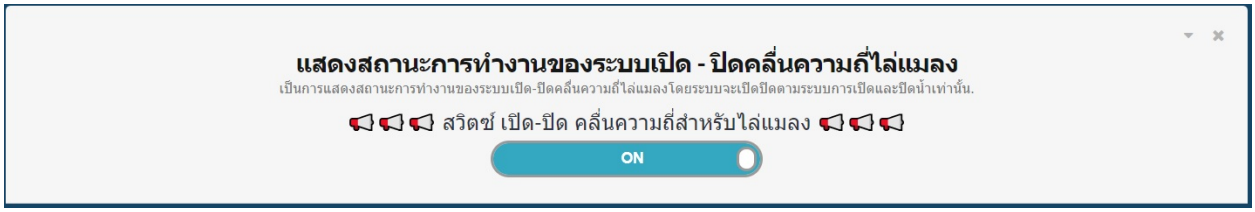
ภาพที่ 6 หน้าเข้าสู่ระบบของระบบช่วยดูแลรักษากล้วยไม้อัตโนมัติ

เมื่อจะทำการใช้งานระบบผู้ใช้งานจะต้องเข้าสู่ระบบก่อนเป็นอันดับแรก ดังภาพที่ 6



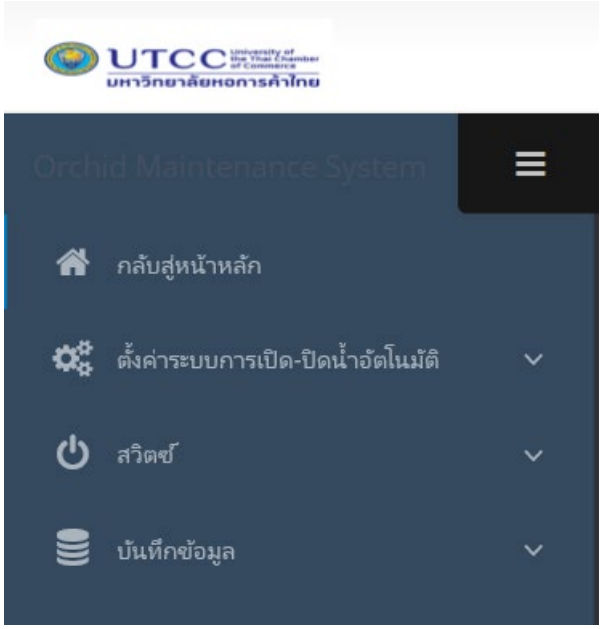
ภาพที่ 7 ปุ่มสวิตช์เพื่อทำการเปิด-ปิดน้ำ

จากภาพที่ 7 เป็นการแสดงสถานะการทำงานของระบบ โดย Manual=สั่งการเปิดปิดน้ำด้วยมือ Auto=เปิดปิดน้ำเองตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้



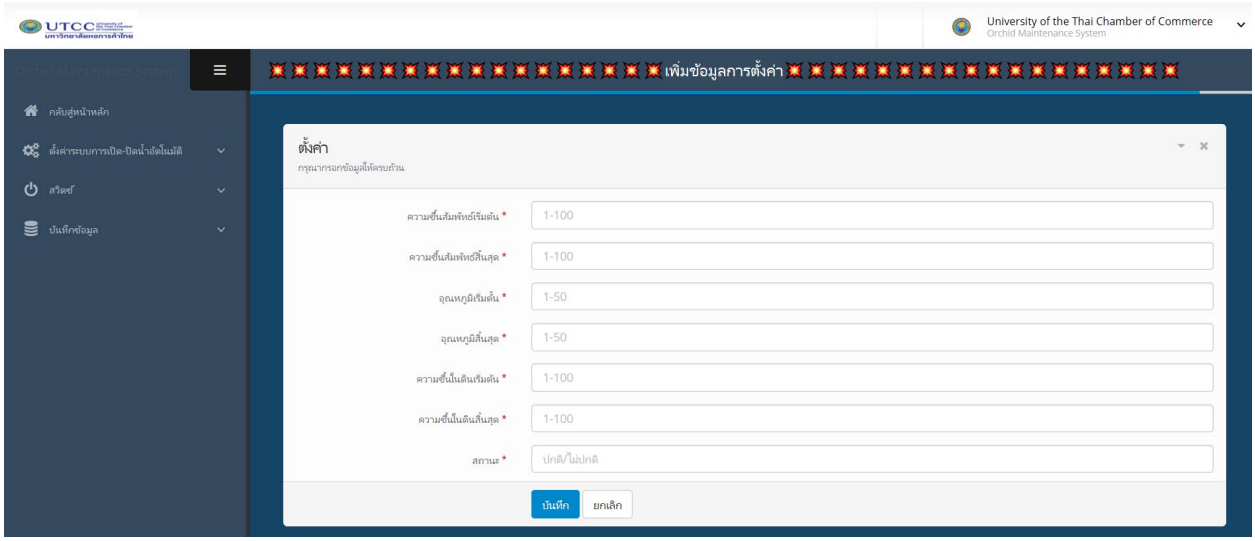
ภาพที่ 8 ปุ่มสวิตช์เพื่อทำการเปิด-ปิดคลื่นความถี่ไล่แมลง

จากภาพที่ 8 เป็นการแสดงสถานะการทำงานของระบบเปิด-ปิดคลื่นความถี่ไล่แมลง โดยระบบจะเปิดปิดตามระบบการเปิดและปิดน้ำเท่านั้น



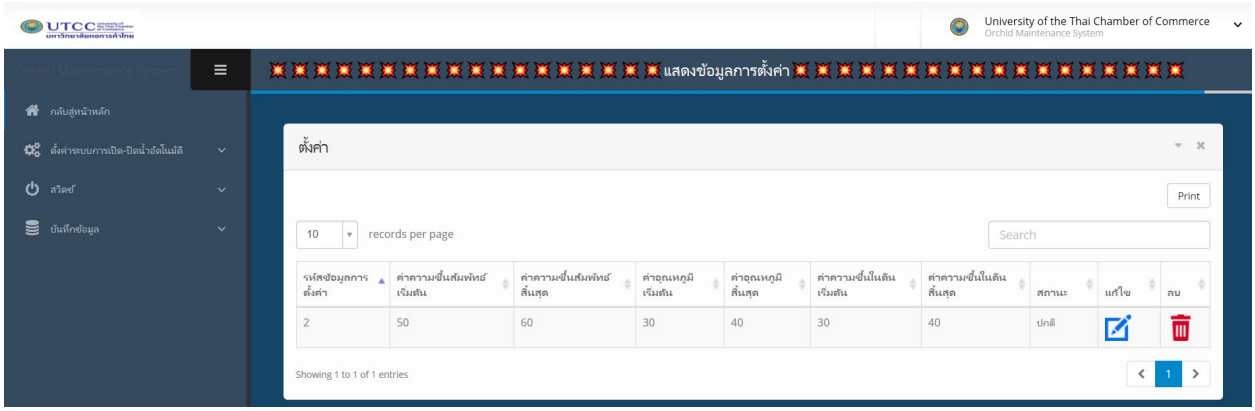
ภาพที่ 9 หน้าแถบเมนู

จากภาพที่ 9 เป็นการแสดงหน้าแถบเมนู กลับสู่หน้าหลัก ตั้งค่าระบบการเปิด-ปิดน้ำอัตโนมัติ สวิตช์ และบันทึกข้อมูล



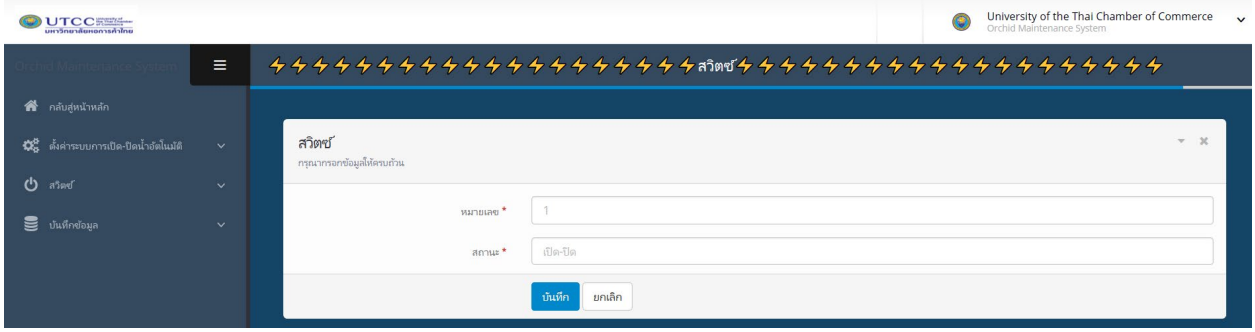
ภาพที่ 10 หน้าเพิ่มการตั้งค่าระบบการเปิด–ปิดน้ำอัตโนมัติ

จากภาพที่ 10 เป็นการแสดงหน้าการเพิ่มการตั้งค่าระบบการเปิด–ปิดน้ำอัตโนมัติโดยผู้ใช้งานระบบจะต้องกรอกข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์เริ่มต้นและสิ้นสุด อุณหภูมิเริ่มต้นและสิ้นสุด ความชื้นในดินเริ่มต้นและสิ้นสุด และสถานะให้ครบถ้วน



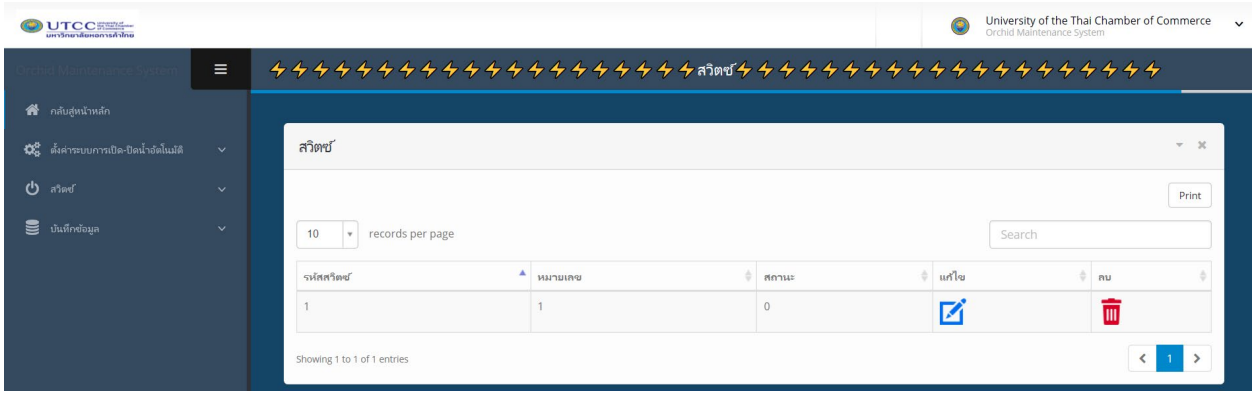
ภาพที่ 11 หน้าข้อมูลการตั้งค่าระบบการเปิด–ปิดน้ำอัตโนมัติ

จากภาพที่ 11 เป็นการแสดงหน้าข้อมูลการตั้งค่าระบบการเปิด–ปิดน้ำอัตโนมัติ โดยผู้ใช้งานระบบจะสามารถดูข้อมูลแก้ไขและลบได้ โดยจะแสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์เริ่มต้นและสิ้นสุด ค่าอุณหภูมิเริ่มต้นและสิ้นสุด ค่าความชื้นในดินเริ่มต้นและสิ้นสุด



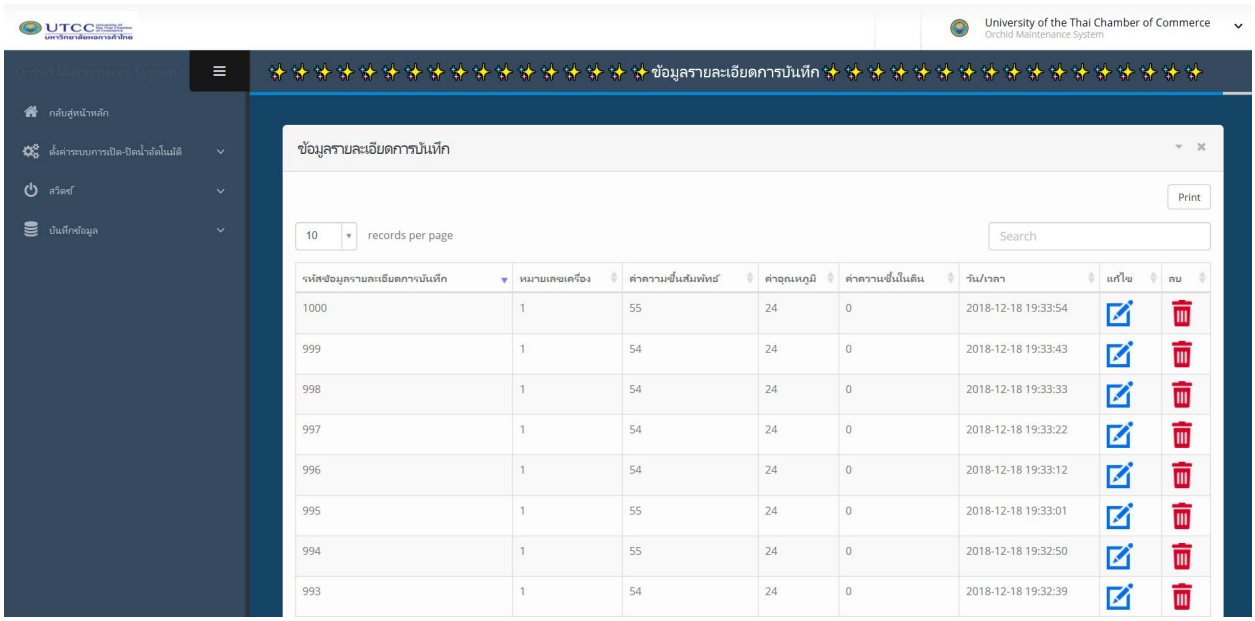
ภาพที่ 12 หน้าการตั้งค่าสวิตช์

จากภาพที่ 12 เป็นหน้าการแสดงการตั้งค่ารหัสสวิตช์ โดยจะต้องกรอกหมายเลขและสถานะ



ภาพที่ 13 หน้าสวิตช์

จากภาพที่ 13 เป็นการแสดงข้อมูลสวิตช์ที่เพิ่มเข้ามา โดยจะสามารถแก้ไขและลบได้



ภาพที่ 14 หน้าข้อมูลรายละเอียดการบันทึก

จากภาพที่ 14 เป็นการแสดงหน้าการบันทึกข้อมูล ข้อมูลรายละเอียดการบันทึกทั้งหมดโดยจะแสดง ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ค่าอุณหภูมิ ค่าความชื้นในดิน และวัน/เวลา

3. การทดสอบระบบ

หลังจากที่คณะผู้วิจัยได้สร้างและออกแบบระบบช่วยดูแลรักษากล้วยไม้อัตโนมัติเสร็จสิ้นเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จึงได้มีการทดสอบการใช้งาน โดยการได้เข้าไปทดลองใช้งานในส่วนของการตั้งค่าอัตโนมัติของระบบ เพื่อให้เกิดความแน่ใจว่าการทำงานครั้งนี้จะไม่มีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น โดยใช้การแปลผลการหาค่าเฉลี่ยของแบบประเมิน ดังตารางที่ 1 จากนั้น คณะผู้วิจัยจึงได้นำเว็บไซต์อัพโหลดไปยังเซิร์ฟเวอร์ และทดสอบการใช้งานอีกครั้ง โดยวิธีเรียกใช้งานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่แตกต่างกันออกไป นอกจากนี้ คณะผู้วิจัยได้ทำการประเมินความพึงพอใจให้กับกลุ่มผู้ใช้งาน จำนวน 30 คน จากผลการประเมินความพึงพอใจพบว่า ผู้ใช้ส่วนใหญ่มีความพึงพอใจในการใช้งาน การพัฒนาระบบช่วยดูแลรักษากล้วยไม้อัตโนมัติอยู่ในระดับมากที่สุด ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 การแปลผลการหาค่าเฉลี่ยของแบบประเมิน

ระดับ	ความหมาย
4.50-5.00	มีความเหมาะสมระดับมากที่สุด
3.50-4.49	มีความเหมาะสมระดับมาก
2.50-3.49	มีความเหมาะสมระดับปานกลาง
1.50-2.49	มีความเหมาะสมระดับน้อย
1.00-1.49	มีความเหมาะสมระดับน้อยที่สุด

ตารางที่ 2 การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บแอพพลิเคชันของระบบช่วยดูแลรักษากล้วยไม้อัตโนมัติ

หัวข้อที่ประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เชิงคุณภาพ
1. ความสะดวกในการใช้งานเว็บ	4.43	0.76	มาก
2. ความสามารถในการทำงานของเว็บ	4.44	0.86	มาก
3. ประสิทธิภาพของเว็บ	4.21	0.65	มาก
4. ความง่ายในการใช้เว็บ	4.76	0.56	มากที่สุด
5. ความปลอดภัยในการใช้เว็บ	4.81	0.49	มากที่สุด
รวม	4.53	0.66	มากที่สุด

จากผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน พบว่า หัวข้อที่เป็นที่พึงพอใจต่อผู้ใช้งานมากที่สุด คือ ความปลอดภัยในการใช้งานเว็บ (ค่าเฉลี่ย 4.81 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.49) รองลงมา คือ ความง่ายในการใช้เว็บ (ค่าเฉลี่ย 4.76 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.56) ความสามารถในการทำงานของเว็บ (ค่าเฉลี่ย 4.44 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.86) ความสะดวกในการใช้งานเว็บ (ค่าเฉลี่ย 4.43 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.76) และ ประสิทธิภาพของเว็บ (ค่าเฉลี่ย 4.21 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.65) โดยสรุปทั้ง 5 หัวข้อ พบว่า มีค่าเฉลี่ย 4.53 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.66 ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด

สรุปผลการวิจัย

ด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ จากการพัฒนาระบบช่วยดูแลรักษากล้วยไม้อัตโนมัติในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการจนสำเร็จบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ คือ เพื่อให้ทุกคนที่สนใจสามารถเข้ามาใช้งานระบบได้ด้วยตนเองผ่านเว็บไซต์ เพื่อให้เกิดความสะดวกสบายเรื่องการบำรุงรักษากล้วยไม้ และดูค่าความชื้นสัมพัทธ์ ค่าอุณหภูมิ และความชื้นในดินผ่านเว็บไซต์ได้ พร้อมทั้งได้ทำระบบฐานข้อมูลที่สมบูรณ์ สามารถจัดเก็บ รวบรวม และประมวลผลข้อมูลการออกแบบได้ถูกต้อง ระบบสามารถรองรับกับผู้ใช้งานตั้งแต่ผู้ดูแลระบบ และผู้ใช้งาน

ด้านตัวโปรแกรมควบคุมการใช้งาน การพัฒนาระบบช่วยดูแลรักษากล้วยไม้อัตโนมัติ ผลที่ได้ คือ ผู้ดูแลระบบและผู้ใช้งาน ได้ทดลองใช้งานในส่วนของระบบงาน สามารถเปิด-ปิดน้ำให้ต้นกล้วยไม้ได้ ดูค่าความชื้นสัมพัทธ์ ค่าอุณหภูมิ ค่าความชื้นในดิน ซึ่งแสดงผลออกมาเป็นกราฟ เพื่อให้ง่ายต่อการสังเกต โดยมีการจัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบ มีโครงสร้างง่ายต่อการเข้าถึง รวมทั้งการประมวลผลที่มีความถูกต้อง แม่นยำ และได้สารสนเทศที่มีความน่าเชื่อถือ และนำไปใช้ในการเกษตรโดยการรดน้ำต้นไม้พืชต่างๆ ได้จริง งานที่จะทำในอนาคตคาดว่าจะสามารถตั้งเวลารดน้ำต้นไม้ผ่านระบบได้

ข้อเสนอแนะในการพัฒนาระบบ เนื่องจากระบบช่วยดูแลรักษากล้วยไม้อัตโนมัติ ในส่วนของอุปกรณ์ต้องดูแลรักษาเป็นอย่างดี เพื่อไม่ให้โดนน้ำเด็ดขาด และการเปิด-ปิดน้ำจะต้องใช้เครือข่ายอินเทอร์เน็ตไอพีตัวเดียวกัน

เอกสารอ้างอิง

1. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. (2555). คู่มือจัดการพลังงานไฟฟ้าในโรงงาน. สืบค้นจาก www.dip.go.th/th/category/2016-09-17-17-31-47-1/2012-06-13-12-02-31
2. ไทยอีซีอีเล็ค (2556). [Online]. ZigBee. [cited 2013 Dec 10]. Available from:http://www.thaieasyelec.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=538707977&Ntype=7
3. ภาคภูมิ มโนยุทธ, มัลลิกา อุณหวิวรรธน์ และวรรณรัช สันติอมรทัต. (2553). ระบบเครือข่ เซ็นเซอร์ไร้สาย และการต่ออุปกรณ์เสริมเพื่อใช้ในสวนยางพารา. งานประชุมวิชาการ ECTI-CARD 2010. (1): 1-6.
4. Domain name. [Online]. http://www.b2ccreation.com/content/knowledgebase/kb_view.asp?kbid=19
5. PHP. [Online]. https://th.wikipedia.org/wiki/ภาษาพีเอชพี

[IT-P16] การพัฒนาระบบบริหารการจัดการซ่อมบำรุงเครื่องจักรออนไลน์

Machinery Maintenance Management System Online

นภดล จันกระทึก, กรกรช อุทิศอุทัยวรรณ, เปรมรัตน์ พูลสวัสดิ์* และ วรนุช ปลีหจินดา
Noppadol Jankrateak, Kornkrit UtitUthaiwan, Premrat Poolsawat[3*] , and Woranuch Pleehajinda
สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: premrat@hotmail.com*

บทคัดย่อ

การพัฒนาระบบบริหารการจัดการซ่อมเครื่องจักรออนไลน์พัฒนาขึ้นเพื่อช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพของกระบวนการทำงานในส่วนของการซ่อมบำรุงเครื่องจักรในโรงงาน เนื่องจากเครื่องจักรถือเป็นปัจจัยสำคัญ 1 ใน 4 อย่างของกลไกการผลิต ซึ่งประกอบด้วย คน เครื่องจักร วัตถุดิบ และวิธีการ โดยอาศัยหลักการที่เรียกว่าการบำรุงรักษาทวีผลที่ทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productive Maintenance: TPM) มาเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบ ซึ่งมีจุดมุ่งหมายคือ 1. เพื่อยืดอายุการใช้งานเครื่องจักร 2. ลดความเสี่ยงด้านของค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง 3. เพิ่มความสะดวกในกลไกการแจ้งซ่อมให้กับผู้แจ้งซ่อมและแผนกซ่อมบำรุง 4. ช่วยลดปริมาณกระดาษที่ใช้ในกระบวนการแจ้งซ่อม โดยพัฒนาระบบในรูปแบบของ Responsive Web Application คือสามารถใช้งานได้กับทุกอุปกรณ์ ประกอบด้วยการทำงานต่าง ๆ ได้แก่ การบันทึกข้อมูลเครื่องจักร การบันทึกข้อมูลการแจ้งซ่อม บันทึกข้อมูลผู้แจ้งซ่อม แสดงประวัติการแจ้งซ่อมเครื่องจักร ผู้ใช้สามารถติดตามสถานการณ์ซ่อมได้ด้วยตนเอง พัฒนาขึ้นด้วยภาษา PHP, JavaScript ร่วมกับฐานข้อมูล MySQL จากการประเมินผลการทำงานในภาพรวมจากผู้ใช้งานกลุ่มต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องจำนวน 30 คน พบว่าอยู่ในระดับดี โดยคิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.31 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.47

คำสำคัญ: *ซ่อมบำรุงเครื่องจักร, ฐานข้อมูล, เว็บแอพพลิเคชัน*

Abstract

Machinery Maintenance Management System (3Ms) developed to help promote the efficiency of work processes in the part of the maintenance of machinery in the factory. Because the machine is one of the four important factors of the production mechanism contain with Man, Machines, Materials, and Methods using the principle called Total Productive Maintenance (TPM) as a guideline for system development which aims to extend the life of the machine, to reduce the risk of maintenance costs, increase convenience to the repair, management for repairers and maintenance department. Furthermore, it helps to reduce the amount of paper used in the repair notification process. By developing a system in the form of a Responsive Web Application that can be used with all devices consists of various functions including machine data recording, saving the repair notification information, save information for the repairer, show history of repairing machinery and users can follow the repair status on their own. Developed with PHP language, JavaScript together with MySQL database. Based on the overall performance evaluation from 30 different users of related groups, it was found that it was at a good level with an average value of 4.31 with a standard deviation of 0.47

Keywords: *machines maintenance, databases, web applications*

บทนำ

เครื่องจักรถือเป็นปัจจัยสำคัญ 1 ใน 4 อย่างของกลไกการผลิต ซึ่งประกอบด้วย คน เครื่องจักร วัตถุดิบ และวิธีการ โดยฝ่ายซ่อมบำรุงรักษามีบทบาทในการดูแลทรัพยากรสนับสนุนการผลิตและเครื่องจักรให้สามารถใช้งานด้วยต้นทุนต่ำสุด ซึ่งจากการที่แนวโน้มของอุตสาหกรรมการผลิตมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบจากเดิมที่มุ่งใช้แรงงานไปสู่ความเป็นอัตโนมัติมากขึ้น ทำให้การบำรุงรักษาไม่ได้เป็นแค่การลดต้นทุนแต่ถือได้ว่าเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดข้อได้เปรียบในการแข่งขันอีกด้วย ซึ่งจากการศึกษาการทำงานของระบบบริหารจัดการการแจ้งซ่อมในปัจจุบันของโรงงานที่ยังไม่มีการนำเอาระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยพบว่า การซ่อมบำรุงโดยปกติจะจัดทำตามแผนการปฏิบัติงานและปฏิบัติตามใบแจ้งซ่อมที่มีผู้ร้องขอ โดยจัดทำตามลำดับงานที่มีความสำคัญสูงสุดเพื่อให้เครื่องจักรมีความพร้อมในการทำงาน ซึ่งหมายถึงความต่อเนื่องในการผลิต โดยปัญหาส่วนใหญ่ที่พบคือระยะเวลาในการดำเนินการจากผู้แจ้งไปยังแผนกซ่อมบำรุง รวมถึงขั้นตอนการขออนุมัติต่าง ๆ ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดความไม่ต่อเนื่องของกระบวนการผลิต และโรงงานแก้ปัญหาโดยการใช้เครื่องจักรสำรองซึ่งอาจทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพเสียโอกาสทางธุรกิจในด้านการผลิต ดังนั้นในการพัฒนาระบบบริหารจัดการงานซ่อมบำรุงเครื่องจักรนี้ ผู้พัฒนาจึงได้ออกแบบระบบในรูปแบบของ Responsive Web Application เพื่อให้ผู้ใช้แต่ละกลุ่มสามารถเข้าถึงข้อมูลได้อย่างสะดวกรวดเร็วในทุกอุปกรณ์ ง่ายต่อการเข้าถึงและบริหารจัดการมีการเก็บบันทึกข้อมูล**เครื่องจักร การบันทึกข้อมูลการแจ้งซ่อม บันทึกข้อมูลผู้แจ้งซ่อม แสดงประวัติการแจ้งซ่อมเครื่องจักร ผู้ใช้**สามารถติดตามสถานะการซ่อมได้ด้วยตนเอง และบริหารจัดการในรูปแบบของ Workflow Management ทั้งนี้เพื่อเป็นการเพิ่มความสะดวกรวดเร็วในขั้นตอนการแจ้งซ่อม และลดปริมาณกระดาษ อีกทั้งยังสามารถนำข้อมูลที่จัดเก็บในระบบไปใช้ในการวิเคราะห์เพื่อวางแผนการจัดการทรัพยากรการผลิตของโรงงานได้อีกด้วย

ทฤษฎีและเครื่องมือที่ใช้

1) Workflow

Workflow เป็นระบบการทำงานร่วมกันโดยผ่านระบบการจัดการโดยใช้แบบฟอร์มเอกสารเป็นตัวเชื่อม ระบบ Workflow นี้จะทำงานเป็นอิสระและขับเคลื่อนอัตโนมัติ โดย ออกแบบเฉพาะสำหรับแต่ละองค์กร ระบบนี้จะมีแบบอย่างสำหรับผู้ใช้ในการออกแบบสำหรับ Flow งานแบบต่างๆ และองค์กร แบบต่างๆ การออกแบบ Workflow นี้สามารถเปลี่ยนแปลงได้ทุกเวลา

2) Responsive Web Design

การออกแบบเว็บไซต์แบบ Responsive นี้จะใช้การกำหนดขนาดของเว็บไซต์ด้วย HTML, CSS3 และ JavaScript ซึ่งจะสามารถปรับขนาดของเว็บไซต์ได้อัตโนมัติตามขนาดของอุปกรณ์ที่ใช้งานอยู่ หน้าเว็บไซต์จะมีเพียง 1 URL เท่านั้น ไม่จำเป็นต้องแยกเว็บไซต์เป็นเวอร์ชั่น Desktop และ Mobile เมื่อเปิดเว็บไซต์ด้วยหน้าจอคอมพิวเตอร์ โน้ตบุ๊ค มีขนาดจอกว้างเว็บไซต์ก็ยังสามารถปรับขนาดตามได้อย่างพอดี ทั้งขนาดของตัวหนังสือก็สามารถปรับให้ตัวใหญ่ขึ้นได้อีกด้วยเพื่อให้สะดวกเวลาดูกับอุปกรณ์ที่มีหน้าจอเล็ก ๆ

3) **ภาษา PHP**

PHP คือภาษาคอมพิวเตอร์จำพวก scripting language โดยคำสั่งต่าง ๆ จะเก็บอยู่ในไฟล์ที่เรียกว่า script และเวลาใช้งานต้องอาศัยตัวแปรชุดคำสั่ง ลักษณะของ PHP ที่แตกต่างจากภาษาสคริปต์แบบอื่น ๆ คือ PHP ได้รับการพัฒนาและออกแบบมาเพื่อใช้งานในการสร้างเอกสารแบบ HTML โดยสามารถสอดแทรกหรือแก้ไขเนื้อหาได้โดยอัตโนมัติ เรียกว่า server-side หรือ HTML-embedded scripting language คือ PHP จะทำการประมวลผลตามคำสั่งที่มีอยู่ให้เสร็จก่อนจึงส่งผลลัพธ์คือเว็บเพจออกไปแสดงผล

4) ภาษา CSS

CSS คือ ภาษาที่ใช้เป็นส่วนในการตกแต่งส่วนแสดงผลและจัดรูปแบบการแสดงผลบน HTML เป็นภาษาฝั่ง Client โดยที่ CSS เป็นตัวกำหนดรูปแบบต่าง ๆ เช่น สีของข้อความ สีพื้นหลัง และการจัดวางตำแหน่งของตัวอักษร เป็นต้น ซึ่งการกำหนดรูปแบบ สามารถใช้หลักการแยกส่วนของ HTML กับ CSS เพื่อให้ง่ายต่อการจัดรูปแบบการแสดงผลลัพธ์บนหน้าเว็บไซต์ โดยที่

CSS นั้นสามารถกำหนดไว้ตรงตำแหน่งต่าง ๆ บน HTML ได้ และด้วยหลักการแยกส่วนการจัดการของ HTML และ CSS จึงสามารถใช้ร่วมกับไฟล์ HTML อื่น ๆ ได้

5) ภาษา Hypertext Markup Language 5 (HTML5)

HTML5 คือ ภาษาประเภท Markup สำหรับในการเขียนเว็บไซต์ โดยใช้ Tag เช่น <html>, <head>, <body> และ <footer> เป็นต้น ในการแสดงผลสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่บนเว็บไซต์ สามารถเขียนลงบนโปรแกรม Text Editor ต่าง ๆได้ เช่น Notepad, Notepad++ หรือใช้โปรแกรมที่เป็นเครื่องช่วยในการสร้างเว็บไซต์ได้ด้วย เพื่ออำนวยความสะดวกในการพัฒนาหน้าเว็บไซต์ เช่น Adobe Dreamweaver ส่วนการเรียกใช้งานหรือส่วนแสดงผล ใช้โปรแกรม Web Browser ในการแสดงผล เช่น Internet Explorer, Google Chrome, Safari

6) ภาษา JavaScript

JavaScript คือ ภาษาคอมพิวเตอร์สำหรับการเขียนโปรแกรมบนระบบอินเทอร์เน็ต JavaScript เป็นภาษาสคริปต์เชิงวัตถุ ใช้ในการพัฒนาเว็บไซต์ (ใช้ร่วมกับ HTML) เพื่อเพิ่มความสามารถในการทำงานของเว็บไซต์ เช่น การคำนวณ การแสดงผล การรับ-ส่งข้อมูล ทำให้เว็บไซต์มีการเคลื่อนไหว สามารถตอบสนองผู้ใช้งานได้มากขึ้น สร้าง Cookies (เก็บข้อมูลของผู้ใช้ในคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้เอง) และที่สำคัญคือ สามารถตอบสนองผู้ใช้งานได้ทันที

7) mPDF

mPDF คือ หนึ่งใน library PHP ที่เขียนสำเร็จรูปมาแล้ว ถูกรวบรวมไว้ พร้อมใช้งาน โดยจะใช้สร้างไฟล์ PDF จาก HTML และใช้ร่วมกับ PHP ซึ่งติดต่อกับฐานข้อมูลเพื่อดึงค่าจากฐานข้อมูลและนำไปแสดงผลที่ PDF โดยผ่าน mPDF

งานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

วิศรุต สุวรรณไตรย์และนุชสรา เกรียงกรกฎ [(1)] วิจัยเรื่องการซ่อมบำรุงของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์ทางการแพทย์ในจังหวัดฉะเชิงเทรา จากการศึกษาพบว่า เวลาซ่อมเครื่องจักรจากการชำรุดกะทันหันในหน่วยงานเป่า ของแผนกพลาสติกใช้เวลานานส่งผลกระทบต่อการผลิต นอกจากนี้ยังไม่มีการจัดการควบคุมอะไหล่สำรองทำให้เกิดการรอคอยอะไหล่ในการซ่อมเครื่องจักร และยังไม่มีแผนงานการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกัน ดังนั้นจึงทำการปรับปรุง และพัฒนาระบบการซ่อมบำรุงเครื่องจักรในหน่วยงานเป่าของแผนกพลาสติก จำนวน 5 เครื่อง ได้แก่เครื่อง PB3000/2A, PB3000/1, PB1000/2A, PB1000/2B และ PB1000/1 โดยการนำเอาหลักการบำรุงรักษาเชิง ป้องกัน (Preventive Maintenance) เพื่อหาค่าเวลาเฉลี่ยในการเกิดเหตุขัดข้อง (Mean Time Between Failure: MTBF) และระยะเวลาเฉลี่ยในการซ่อมแซม (Mean Time To Repair: MTTR) ในการวางแผนการเปลี่ยนอะไหล่ก่อนการเกิดเหตุขัดข้อง เพื่อให้ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรได้ตามเป้าหมายกำหนด คือ ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ผลการวิจัยพบว่า ค่าเวลาเฉลี่ยในการเกิดเหตุขัดข้อง(MTBF) เพิ่มขึ้นจาก 1,483.92 ชั่วโมง เป็น 2,522.16 ชั่วโมงและระยะเวลาเฉลี่ยในการซ่อมแซม (MTTR) ลดลงจาก 26.63 ชั่วโมง เป็น 0 ชั่วโมง และเวลาในการซ่อมเครื่องเป่าขวดพลาสติกลดลงจาก 411.67 ชั่วโมง เป็น 61.33 ชั่วโมง นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรจากเดิมร้อยละ 66.52 เป็น 82.46

นัภสชล แก้วมงคล ผ.ศ.ดร. ประจวบ วานิช [(2)] วิจัยเรื่อง ระบบรับแจ้งการซ่อมบำรุงคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์องค์การขนส่งมวลชน องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพปัจจุบันสำนักเทคโนโลยีสารสนเทศขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพให้บริการระบบคอมพิวเตอร์ประกอบด้วย Hardware, Software, Printer, Internet, ADSL, Server, Clientมีเขตรับผิดชอบทั้งหมด 9 เขต แต่ละเขตไม่ได้อยู่ที่เดียวกัน ซึ่งให้บริการระบบคอมพิวเตอร์แก่ผู้ใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง แต่เนื่องด้วยปัจจุบันการรับแจ้งซ่อมมีการทำงานเฉพาะในเวลาราชการเท่านั้นโดยรับแจ้งผ่านโทรศัพท์และเอกสารที่ต้องผ่านขั้นตอนต่าง ๆ ตามสายงานการบังคับบัญชาทำให้เกิดความล่าช้าประกอบกับการจัดเก็บเอกสารยังไม่เป็นระบบทำให้การดูแลพนักงานและการให้บริการยังไม่มีประสิทธิภาพจึงเห็นควรนำระบบสารสนเทศมาใช้แก้ปัญหาดังกล่าวจึงได้พัฒนาเว็บแอพพลิเคชั่นนี้ขึ้นมาเพื่อให้พนักงานในองค์การขนส่งมวลชน

กรุงเทพได้แจ้งปัญหาคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ผ่านระบบที่พัฒนาขึ้นให้กับแผนกไอดำเนินการแก้ไขได้อย่างสะดวกและรวดเร็วทั้งยังสามารถติดตามผลการแจ้งซ่อมได้อีกด้วยชัชวาล

เกษม รุ่งเรือง [3] งานวิจัยเรื่องการพัฒนาระบบรับแจ้งการซ่อมบำรุงระบบคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกันใน อุตสาหกรรมรีเลย์ โดยใช้โรงงานตัวอย่างซึ่งผลิตรีเลย์ในประเทศไทยเป็นกรณีศึกษา จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าโรงงานตัวอย่างยังไม่มีระบบการจัดการซ่อมบำรุง โดยจะทำการซ่อมบำรุงรักษาก็ต่อเมื่อมีเครื่องจักรหยุดทำงานในหน้างานเท่านั้น งานวิจัยนี้จึงได้เสนอระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเพื่อใช้ในการซ่อมซ่อมบำรุงเครื่องจักร และ ได้นำระบบไปปฏิบัติ และทำการเปรียบเทียบผลก่อนการดำเนินการ และหลังดำเนินการ ซึ่งผลที่ได้ค่า MTBF เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยเป็น 215.42 เปอร์เซ็นต์จากเดิม ค่า MTTR ลดลงโดยเฉลี่ยเป็น 73.91 เปอร์เซ็นต์จากเดิม ค่าความพร้อมใช้เครื่องจักรเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยเป็น 18.67 เปอร์เซ็นต์ และ อัตราการชำรุดลดลง 35.89 เปอร์เซ็นต์

ภาสกร ปาละกูล [4] งานวิจัยเรื่องระบบบริหารจัดการงานซ่อมบำรุงอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ของศูนย์เทคโนโลยี สารสนเทศ วิทยาลัยราชพฤกษ์มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้เว็บ แอปพลิเคชัน (Web Application) เพื่อช่วยแก้ปัญหาการดำเนินงานซ่อมบำรุงคอมพิวเตอร์ ให้รวดเร็ว ใช้งานง่าย ตรงกับความต้องการของผู้ใช้ซึ่งพัฒนาระบบด้วยภาษา PHP และใช้ระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL สามารถโต้ตอบกับผู้ใช้แบบทันทีทันใด จากการพัฒนาระบบได้แบ่งการ ทำงานของระบบออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนของผู้ใช้งานที่สามารถทำ การแจ้งซ่อมอุปกรณ์ คอมพิวเตอร์ได้อย่างสะดวกรวดเร็วและส่วนของเจ้าหน้าที่ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศที่สามารถ เฝ้าติดตามการแจ้งซ่อมได้ทันทีและสามารถตรวจสอบการซ่อมได้อย่างรวดเร็ว

วิชิต อัศวะวิบูลย์ [5] งานวิจัยเรื่องระบบจัดการซ่อมบำรุงเครื่องจักรกรมทางหลวง สำนักเครื่องกลและ สื่อสาร กรมทางหลวง มีหน้าที่ ในการจัดหาเครื่องจักรกลและยานพาหนะเพื่อเข้ามาใช้ภายในกรมทางหลวงและทำการจัดส่งเครื่องจักรกลและยานพาหนะ ให้ตามศูนย์ย่อย ต่าง ๆของกรมทางหลวงในแต่ละจังหวัด เพื่อนำ ไปใช้ในการพัฒนาและซ่อมแซมเส้นทางหลวงของแต่ละพื้นที รับผิดชอบ เนื่องจากกรมทางหลวงมีเครื่องจักรและยานพาหนะเป็นจำนวนมาก จำเป็นต้องมีการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร เพื่อเป็นการยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักร การออกแบบและพัฒนาระบบจัดการซ่อมบำรุงเครื่องจักรของกรมทางหลวงโดยช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถส่งข้อมูลเครื่องจักรที่เสียหาย เข้ามาทำการซ่อมบำรุง ระบบนี้พัฒนาขึ้นจากการรับส่งเอกสาร มาเป็นการรับข้อมูลผ่านทางเว็บเพจ โดยใช้ภาษา PHP ในการพัฒนาเว็บเพจ และ MySQL สำหรับจัดการฐานข้อมูล ในการสร้างส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งาน

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาระบบบริหารจัดการซ่อมบำรุงเครื่องจักร ผู้พัฒนาได้ทำการศึกษากระบวนการบริหารจัดการงานซ่อมบำรุงของโรงงานเพื่อทำความเข้าใจถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการซ่อมบำรุงเครื่องจักรในโรงงาน ที่ยังไม่มีการนำระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการบริหารจัดการ ดังนั้นผู้พัฒนาจึงได้ทำการวิเคราะห์และออกแบบระบบงานใหม่ เพื่อปรับปรุงและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากกระบวนการแจ้งซ่อมบำรุงและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของระบบโดยใช้วิธีดำเนินการวิจัยตามวงจรในการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle : SDLC) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1. การวิเคราะห์ระบบงาน

โดยหลังจากที่ผู้พัฒนาได้ทำการศึกษาการทำงานของระบบและทำการวิเคราะห์ความต้องการของระบบเพื่อให้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ สามารถสรุปผลการวิเคราะห์การทำงานของระบบใหม่ออกได้เป็น 3 ส่วน ดังนี้

1) การจัดการข้อมูล เป็นส่วนของการจัดการกับข้อมูลต่าง ๆ ที่เก็บในระบบ เช่น ข้อมูลผู้ใช้ ข้อมูลเครื่องจักร ข้อมูลการแจ้งซ่อม เป็นต้น

2) การตรวจสอบสิทธิของผู้ใช้งานระบบ ซึ่งผู้ใช้งานระบบประกอบด้วยผู้บริหาร หัวหน้าฝ่ายซ่อมบำรุง พนักงานฝ่ายซ่อมบำรุง และผู้ใช้งานทั่วไปซึ่งหมายถึงพนักงานในแผนกต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องที่มีสิทธิในการแจ้งซ่อมบำรุงเครื่องจักร และผู้ดูแลระบบ

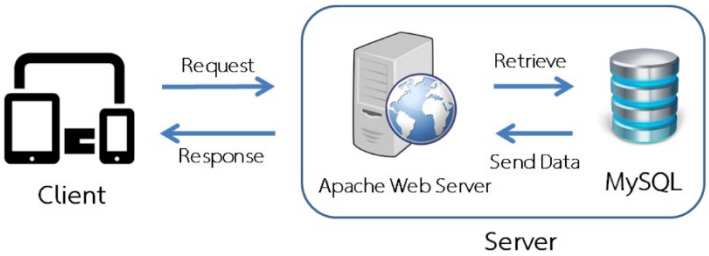
3) การแจ้งซ่อมเครื่องจักร เป็นการจัดการกระบวนการในส่วนของการแจ้งซ่อมเครื่องจักร ซึ่งแบ่งออกเป็นการแจ้งซ่อม การมอบหมายงานให้พนักงานแจ้งซ่อม การบันทึกสถานนะการซ่อม

4) การสืบค้นข้อมูล เป็นส่วนการสืบค้นข้อมูล เช่น การสืบค้นข้อมูลเครื่องจักร ประวัติการซ่อมของเครื่องจักร สถานะของการแจ้งซ่อม เป็นต้น

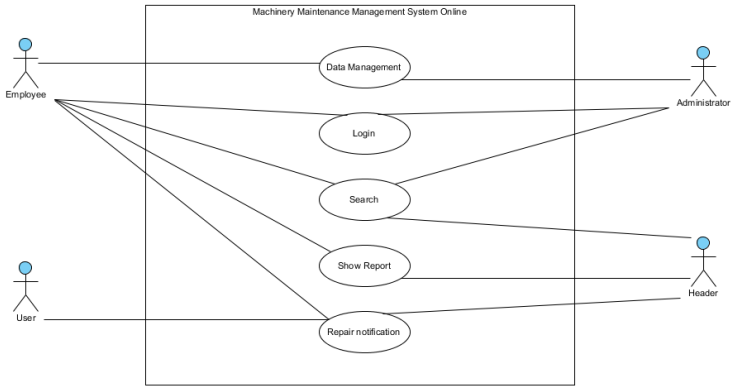
5) การออกรายงาน เป็นส่วนแสดงข้อมูลของระบบ โดยจะแสดงออกมาในรูปแบบแผนภูมิกราฟและตารางข้อมูล

2. การออกแบบระบบงาน

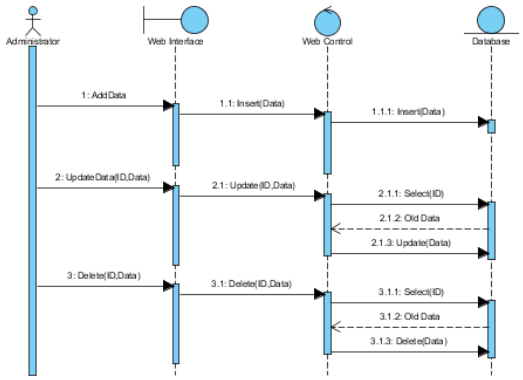
จากขั้นตอนของการวิเคราะห์ระบบ ผู้พัฒนาได้นำมาใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบระบบให้มีความสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ โดยสามารถอธิบายภาพรวมการทำงานของระบบได้ตามแผนภาพการออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบ (system architecture) และแสดงการออกแบบระบบงานได้โดยใช้แผนภาพยูเอ็มแอล (UML) ประกอบด้วย แผนภาพแสดงการทำงานของผู้ใช้ (Use Case Diagram) แผนภาพแสดงลำดับเหตุการณ์ (Sequence Diagram) แผนภาพกิจกรรม (Activity Diagram) แผนภาพแสดงปฏิสัมพันธ์เชิงคลาส (Class Diagram) และออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูล ได้ดังนี้



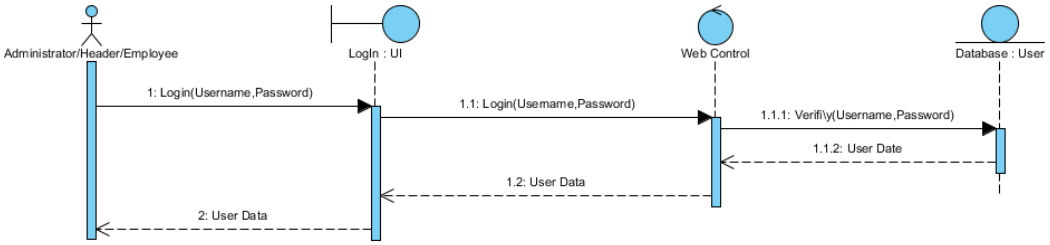
ภาพที่ 1 สถาปัตยกรรมของระบบ



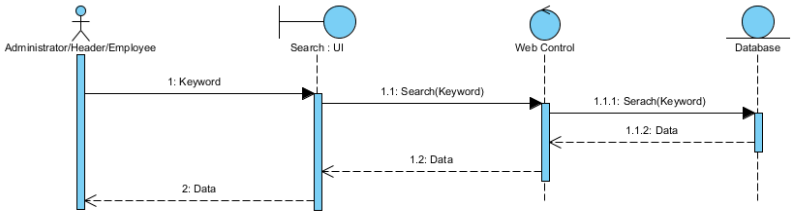
ภาพที่ 2 Use Case Diagram ของระบบ



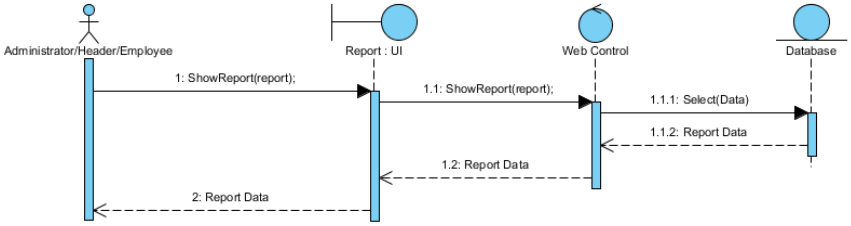
ภาพที่ 3 Sequence Diagram ของส่วนการจัดการข้อมูล



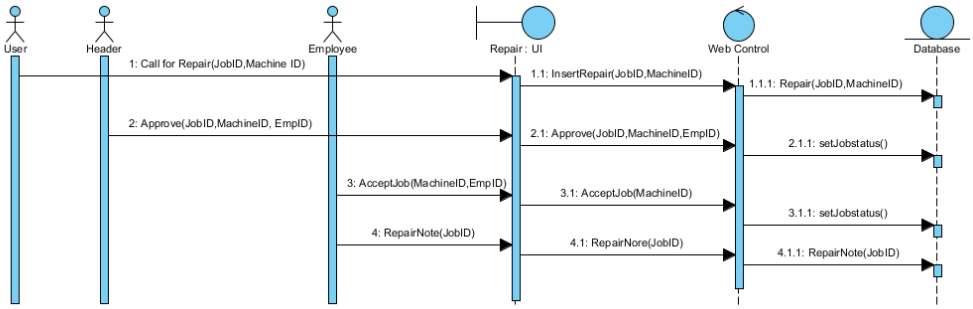
ภาพที่ 4 Sequence Diagram ของส่วนการเข้าสู่ระบบ



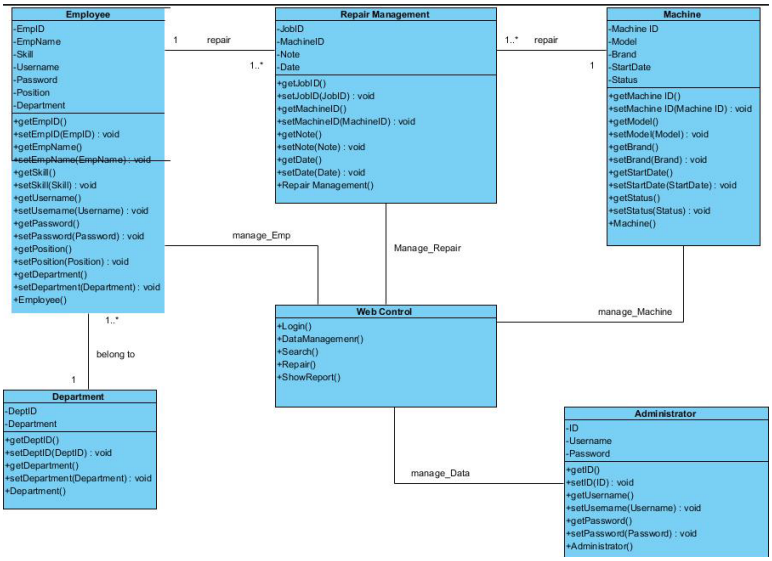
ภาพที่ 5 Sequence Diagram ของส่วนการสืบค้นข้อมูล



ภาพที่ 6 Sequence Diagram ของส่วนการออกรายงาน



ภาพที่ 7 Sequence Diagram ของส่วนการแจ้งซ่อม



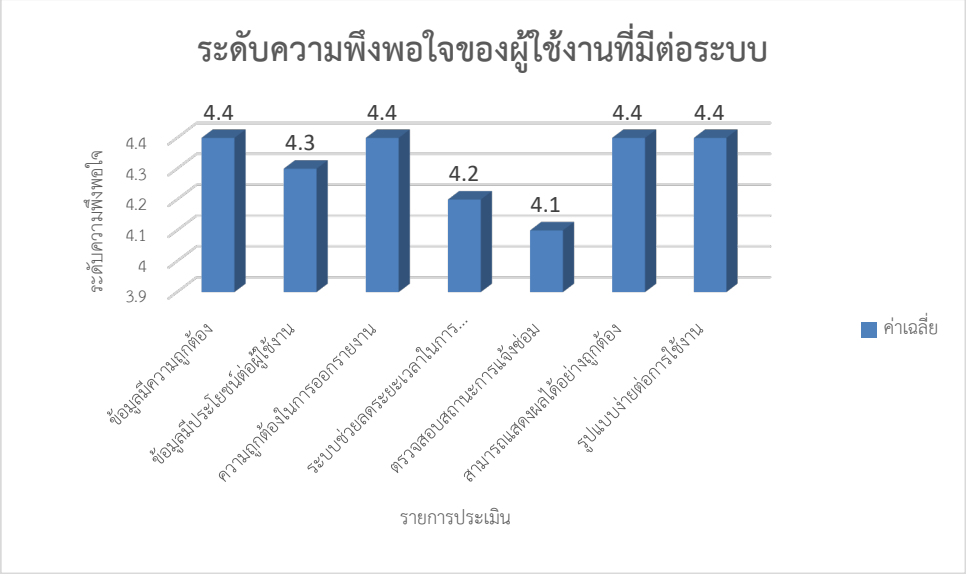
ภาพที่ 8 Class Diagram ของระบบ

ผลการดำเนินงาน

จากการพัฒนาระบบบริหารการจัดการซ่อมซ่อมบำรุงเครื่องจักรออนไลน์โดยใช้แบบสอบถามเพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ ซึ่งผ่านการประเมินคุณภาพของเครื่องมือโดยผู้เชี่ยวชาญ และให้ผู้ใช้จำนวน 30 คน ทำการประเมินการใช้งานระบบ สามารถสรุปผลการดำเนินงานโดยพบว่าระบบบริหารการจัดการซ่อมซ่อมบำรุงเครื่องจักรออนไลน์สามารถใช้งานได้ครอบคลุมตามขอบเขตของโครงงานทั้งด้านเนื้อหาและการใช้งาน ภาพรวมของโปรแกรม และด้านรูปแบบ ได้ผลการประเมินดังตารางที่ 1 และสามารถสรุปได้ดังกราฟในภาพที่ 9

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	S.D.
ข้อมูลมีความถูกต้อง	4.4	0.50
ข้อมูลมีประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน	4.3	0.47
ความถูกต้องในการออกรายงาน	4.4	0.50
ระบบช่วยลดระยะเวลาในการดำเนินงาน	4.2	0.41
ตรวจสอบสถานะการแจ้งซ่อม	4.1	0.31
สามารถแสดงผลได้อย่างถูกต้อง	4.4	0.50
รูปแบบง่ายต่อการใช้งาน	4.4	0.50
ค่าเฉลี่ยความพึงใจโดยรวม	**4.31**	**0.47**



ภาพที่ 9 กราฟแสดงผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ

นอกจากนี้ทางคณะผู้วิจัยได้จัดทำแบบประเมินสำหรับให้หัวหน้างานและผู้บริหารของหน่วยงาน จำนวน 3 คนทำการประเมินความเป็นไปได้ในด้านการใช้ประโยชน์ของระบบตามจุดมุ่งหมายของระบบที่ได้กำหนดไว้ในประเด็นต่าง ๆ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความเป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	S.D.
ด้านการยืดอายุเครื่องจักร	4.33	0.58
ด้านการลดความเสี่ยงของค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง	4.33	0.58
ด้านความสะดวกในกลไกการแจ้งซ่อม	4.67	0.58
ด้านการลดปริมาณกระดาษ	4.67	0.58
ค่าเฉลี่ยความพึงใจโดยรวม	**4.50**	**0.52**

สรุป

สรุปผลการดำเนินงานพบว่าการพัฒนาระบบบริหารการจัดการซ่อมเครื่องจักรออนไลน์ในมุมมองของหัวหน้างานและผู้บริหารที่เกี่ยวข้องมีความเป็นไปได้ในการช่วยยืดอายุเครื่องจักร ความเป็นไปได้ในการลดความเสี่ยงของค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงอยู่ในระดับดี และในด้านความสะดวกในกลไกการแจ้งซ่อมและช่วยลดปริมาณกระดาษ อยู่ในระดับ ดีมาก และข้อมูลจากการประเมินผลความพึงพอใจจากผู้ทดลองใช้งานระบบ จำนวน 30 ราย พบว่าผู้ใช้มีความพึงพอใจอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.31 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.47

เอกสารอ้างอิง

1. วิศรุต สุวรรณไตรย์ และ นุชสรา เกรียงกรกฎ. ซ่อมบำรุงของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์ทางการแพทย์ในจังหวัดฉะเชิงเทรา. [อินเทอร์เน็ต]. 2557 [เข้าถึงเมื่อ 22 ตุลาคม 2561] เข้าถึงได้จาก http://app.eng.ubu.ac.th/~ie/article/pdf/2557/eng_ubu_journal_01.pdf

2. นัภสชล แก้วมงคล และ ประจวบ วานิช. (2559). ระบบรับแจ้งการซ่อมบำรุงคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์องค์การขนส่งมวลชน. [ออนไลน์] แหล่งที่มา: http://www.dpu.ac.th/graduate/upload/content/files/ปี่ที่ ปี่ที่204 20 ฉบับที่ 203 20 เดือน 20เมษายน 20-20กรกฎาคม202559/vol4-3-65.pdf (19 ตุลามคม 2561)
3. เกษม รุ่งเรือง. (2557). การวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักรอุตสาหกรรม. [ออนไลน์] แหล่งที่มา: http://libdoc.dpu.ac.th/thesis/137806.pdf (19 ตุลามคม 2561)
4. ภาสกร ปาละกูล. (2560). โปรแกรมระบบบริหารจัดการงานซ่อมบำรุงอุปกรณ์คอมพิวเตอร์. [ออนไลน์] แหล่งที่มา: http://www.rpu.ac.th/Library_web/doc/RC_RR/2552_Sci_Phasakorn.pdf (19 ตุลามคม 2561)
5. วิชิต อัศวะวิบูลย์. ระบบจัดการซ่อมบำรุงเครื่องจักรกรมทางหลวง [อินเทอร์เน็ต]. 2558 [เข้าถึงเมื่อ 5 ตุลาคม2561] เข้าถึงได้จาก http://www.northbkk.ac.th/gs/thesis/abstract_/482363.pdf

[IT-P17] การพัฒนาระบบการจัดการห้องประชุมและห้องปฏิบัติการ ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

A Development of Meeting Room and Laboratory Room Management System Science Center, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal patronage

รัตติภูมิ เกตุถาวร และ อัจจิมา มั่นทน*
Rattiphum Kettaworn, and Atchima Manthon*
หลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: atchima@vru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาความต้องการใช้งานระบบการจัดการห้องประชุมและห้องปฏิบัติการศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ 2) เพื่อพัฒนาระบบการจัดการห้องประชุม และห้องปฏิบัติการศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ 3) เพื่อประเมินประสิทธิภาพระบบการจัดการห้องประชุม และห้องปฏิบัติการศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ 4) เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบการจัดการห้องประชุมและห้องปฏิบัติการศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา โดยการวิเคราะห์เอกสารและการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้ที่เกี่ยวข้องกับระบบเพื่อให้ได้ข้อมูลความต้องการของระบบ จากนั้นจึงพัฒนาระบบสารสนเทศ ซึ่งระบบประกอบไปด้วยผู้ใช้งานระบบ 4 ส่วน คือ ผู้ดูแลระบบ ผู้บริหาร เจ้าหน้าที่ และผู้ใช้งาน ซึ่งจะสามารถจอง และ อนุมัติการจอง และตรวจสอบสถานะการจองห้องประชุมและห้องปฏิบัติการผ่านทางระบบได้ สำหรับส่วนของการประเมินประสิทธิภาพจะทำการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ด้วยแบบประเมินประสิทธิภาพระบบตามทฤษฎี Black Box Testing ทั้ง 5 ด้าน ซึ่งได้แก่ ด้านความสามารถของระบบ ด้านความถูกต้องและการทำงานของระบบ ด้านความสะดวกและความง่ายต่อการใช้งาด้านสมรรถนะในการทำงานของระบบ และด้านความปลอดภัยของระบบ โดยผลการประเมินประสิทธิภาพโดยรวมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x}$= 4.40, S.D. = 0.64) และประเมินความพึงพอใจโดยผู้ใช้งานระบบ ซึ่งแบบประเมินนั้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ จำนวน 30 คน ผลการประเมินความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x}$= 4.59, S.D. = 0.54)

คำสำคัญ: *การพัฒนาระบบ, ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ, ระบบการจัดการห้องประชุมและห้องปฏิบัติการ*

Abstract

The purpose of this research was 1) to study the user requirement of a meeting room and laboratory room management system, Science center, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal patronage 2) to develop the meeting room and laboratory room management system Science center, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal patronage 3) to evaluate the efficiency of the meeting room and laboratory room management system Science center, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal patronage, and 4) to evaluate user efficiency of the meeting room and laboratory room management system Science center, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal patronage. The research methodology was research and development using document analysis and in-depth interview for capture user requirement and developing the system. The system users could be divided into four groups; for

administration, executive, staff, and users, that could reserve, approve the reservation, check the reservation status. For the performance evaluation section, it is evaluated by 5 experts. The performance evaluation form was including five parts of black box testing theory, which are function requirement test, function test, usability test, performance test, and security test. The overall performance evaluation is very good ($\bar{x}$= 4.40, S.D. = 0.64). In addition, the satisfaction evaluation form had been evaluating the index of item-objective congruence form three expert using purposive selection. After that, thirty users evaluated system satisfaction. The overall satisfaction evaluation is very good ($\bar{x}$ = 4.59, S.D. = 0.54).

Keywords*: system development, management information systems, meeting room and laboratory room management system*

บทนำ

ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ได้ก่อตั้งขึ้นจากแนวคิดที่ว่า การพัฒนาความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในภาพรวมระดับประเทศนั้น เป็นภารกิจที่เร่งด่วนที่จะต้องจัดการพัฒนาให้สูงขึ้น และในปัจจุบันมหาวิทยาลัยราชภัฏเป็นองค์กรหนึ่งที่จะต้องพัฒนาการเรียนการสอนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยจัดการระดับบัณฑิตทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้มีคุณภาพ ศักยภาพที่สูงขึ้น รวมทั้งการพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระดับมัธยมศึกษา เพื่อให้นักเรียนมีทัศนคติ ความรู้ ความเข้าใจ ทักษะกระบวนการทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสูงขึ้น[(1)] การจัดตั้งศูนย์วิทยาศาสตร์เป็นภารกิจที่ได้จัดทำขึ้นเพื่อปฏิบัติภารกิจดังกล่าว โดยการจัดสร้างอาคาร สถานที่ การจัดเครื่องมือวิทยาศาสตร์ การจัดหาและพัฒนาบุคลากรเป็นการเสนองานภารกิจในการพัฒนาการเรียนการสอนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้บรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งไว้[(2)]

ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เป็นหน่วยงานที่ส่งเสริมและสนับสนุนการทำวิจัยและการเรียนการสอน ทางด้านของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อีกทั้งศูนย์วิทยาศาสตร์มีวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่เอื้อประโยชน์ต่ออาจารย์และนักศึกษาได้รับประโยชน์สูงสุดอย่างทั่วถึง และมีการขอใช้ห้องปฏิบัติการ และการขอใช้ห้องประชุม ซึ่งการที่จะใช้ห้องปฏิบัติการห้องประชุมรวมทั้งการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทุกชนิด จะต้องติดต่อกับเจ้าหน้าที่ที่ดูแลทุกครั้ง โดยการเขียนแบบฟอร์มในการขอใช้กับเจ้าหน้าที่ศูนย์วิทยาศาสตร์ ในปัจจุบันศูนย์วิทยาศาสตร์ ยังขาดระบบที่ช่วยในการจองห้องประชุมและห้องปฏิบัติการ เพื่ออำอวยความสะดวกแกผู้ที่เข้ามาใช้ห้องประชุมในการประชาสัมพันธ์ การอบรม และห้องปฏิบัติการในการทำวิจัยการทดลองหรือการเรียนรู้ต่าง ๆ ซึ่งระบบการทำงานในปัจจุบันเป็นการเขียนแบบฟอร์มลงใส่กระดาษในการจองห้องประชุมและห้องปฏิบัติการเท่านั้น ทำให้ไม่ค่อยสะดวกหรืออาจเกิดความล่าช้าในการตรวจสอบข้อมูลของผู้ที่มาขอใช้บริการห้องประชุมกับห้องปฏิบัติการได้

ในการศึกษาถึงระบบการจองห้องประชุมในงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าระบบจะมุ่งเน้นในการทำงานของการจองวันและเพื่อใช้งานเป็นหลัก และรายงานถึงสถิติที่เกี่ยวข้องการให้บริการห้องประชุม เพื่อเป็นสารสนเทศในการตัดสินใจสำหรับผู้บริหารในการปรับปรุงการให้บริการรวมทั้งเพื่อการกำหนดงบประมาณต่อไปในอนาคต ห้องประชุมที่พบโดยส่วนมากจะมีการจัดห้องเพื่อพร้อมใช้งานในลักษะที่ตายตัวอยู่แล้ว ดังนั้นหากต้องการให้จัดห้องในลักษณะที่ต่างออกไป จะไม่สามารถระบุความต้องการผ่านทางระบบได้จึงอาจทำให้การสื่อสารเป็นไปอย่างไม่ต่อเนื่อง [(3)(4)] นอกจากนี้ในการจองห้องปฏิบัติการเพื่อการใช้งานยังไม่พบการพัฒนางานที่มีความเฉพาะทางขึ้น เนื่องจากเป็นการทำงานที่มีความละเอียดสูง ทั้งในแง่ของความต้องการใช้เครื่องมือ สารเคมีที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนั้นเพื่อการทำงานที่เป็นต้นแบบของการทำงานของระบบห้องปฏิบัติการจึงควรมีการศึกษาในเรื่องนี้ และเนื่องจากศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์นี้เป็นหน่วยงานภาครัฐที่ต้องดำเนินการปฏิรูประบบราชการตามนโยบายรัฐบาล ซึ่งมีวัตถุประสงค์หลักในการให้บริการแก่ประชาชนผู้มาติดต่อหรือผู้ขอรับ

บริการได้รับบริการด้วยความสะดวก รวดเร็ว ปลอดภัย โปร่งใส และเป็นธรรมตรงกับความต้องการของผู้ขอรับบริการให้มากที่สุด อันนำมาซึ่งความประทับใจหรือความพึงพอใจแก่ผู้ขอรับบริการ และสร้างภาพลักษณ์ที่ดีต่อองค์กร [5] ในการพัฒนาระบบสารสนเทศนี้ ใช้หลักทฤษฎีวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle : SDLC) [6]

เพื่อช่วยให้การดำเนินงานของศูนย์วิทยาศาสตร์ มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบการจัดการห้องประชุมและห้องปฏิบัติการ ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ขึ้นมาใช้แทนวิธีเดิมในการทำระบบจองห้องประชุมและห้องปฏิบัติการ ให้กับศูนย์วิทยาศาสตร์ เพื่อให้ทางศูนย์วิทยาศาสตร์ได้ใช้งานสามารถปฏิบัติงานได้อย่างสะดวก รวดเร็ว ถูกต้อง ช่วยลดการผิดพลาดและการสูญหายของข้อมูลได้ใช้ประโยชน์และได้บริการหน่วยงานภายนอกและหน่วยงานภายใน ในด้านการเผยแพร่ข้อมูลในด้านของการวิเคราะห์ในด้านของการประชาสัมพันธ์และการอบรม

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) ซึ่งเป็นการศึกษาค้นคว้า เพื่อหาแนวทางการใช้ทรัพยากรที่ก่อให้เกิดความรู้ใหม่ โดยอาศัยเทคโนโลยี นวัตกรรมมาสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ หรือพัฒนาผลิตภัณฑ์ชนิดเดิมให้ดีขึ้น เพื่อให้การขับเคลื่อนเทคโนโลยีในการผลิตสินค้าและบริการก้าวต่อไปข้างหน้า [6] โดยจะดำเนินการตามใช้หลักทฤษฎีวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle : SDLC) ซึ่งมีขั้นตอนการศึกษา ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เป็นการศึกษาความต้องการของผู้ใช้งานระบบ โดยในขั้นตอนนี้ใช้วิธีการศึกษา ดังนี้

1.1 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน เช่น คู่มือการทำงาน หรือเอกสารสารสนเทศของหน่วยงานเพื่อเข้าใจในขั้นตอนการปฏิบัติงานและวิเคราะห์ถึงข้อดี ข้อเสียของการทำงานเดิม ตลอดจนข้อกำหนดต่าง ๆ ในการทำงาน

1.2 การสัมภาษณ์เชิงลึกกับกลุ่มบุคคลที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบนี้ ซึ่งได้แก่ ผู้บริหารคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่มีหน้าที่ในการดูแลศูนย์วิทยาศาสตร์ จำนวน 3 คน เจ้าหน้าที่ ที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการดูแลห้องประชุมและห้องปฏิบัติการศูนย์วิทยาศาสตร์ จำนวน 7 คน และผู้ขอรับบริการศูนย์วิทยาศาสตร์ จำนวน 7 คน

1.3 นำข้อค้นพบที่ได้จากการศึกษาเอกสารและการสัมภาษณ์เชิงลึกมาวิเคราะห์สามเส้า (Triangulation) เพื่อความมั่นใจของข้อค้นพบ และสรุปเป็นความต้องการของผู้ใช้งานระบบศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

ขั้นตอนที่ 2 เป็นขั้นตอนของการวิเคราะห์และออกแบบระบบ เพื่อวิเคราะห์ว่าระบบที่จะพัฒนาขึ้นนั้นควรประกอบไปด้วยระบบงานย่อย และมีลำดับขั้นตอนการทำงานอย่างไร โดยจะมีขั้นตอนในการศึกษา ดังนี้

2.1 การวิเคราะห์ระบบ (System Analysis) เป็นการวิเคราะห์ถึงองค์ประกอบและกระบวนการต่าง ๆ ในการทำงานของระบบ โดยการวิเคราะห์แบบเชิงโครงสร้าง (Structure Analysis) ซึ่งใช้แผนภาพบริบท (Context Diagram) และแผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram) เป็นเครื่องมือ

2.2 การออกแบบระบบ (System Design) ที่การออกแบบระบบการทำงานใหม่ ได้แก่ การออกแบบฐานข้อมูล (Database Design) การออกแบบหน้าจอผู้ใช้งาน (User Interface) และ การออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบ

ขั้นตอนที่ 3 การพัฒนาระบบ (System Development) ด้วยการจัดทำฐานข้อมูลและเขียนโค้ด (code) ในการทำงานให้เป็นไปตามที่ได้วิเคราะห์และออกแบบระบบไว้ เพื่อให้เกิดระบบที่มีประสิทธิภาพและสมบูรณ์ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน ในการพัฒนาในครั้งนี้เป็นระบบสารสนเทศที่ทำงานผ่านทางระบบอินเทอร์เน็ตในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) โดยใช้ภาษา PHP ในการพัฒนา และใช้ MySQL เป็นฐานข้อมูล

ขั้นตอนที่ 4 การทดสอบและแก้ไขระบบ (Testing) ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบระบบควบคู่ไปกับการพัฒนาระบบ ทดสอบทีละโมดูลจนถูกต้องทั้งหมด และทำการทดสอบรวมทั้งระบบรวมอีกครั้ง เพื่อให้ระบบที่ตรงตามความต้องการและสามารถทำงานได้ตามที่วิเคราะห์และออกแบบไว้

ขั้นตอนที่ 5 ประเมินประสิทธิภาพระบบการจัดการห้องประชุม และห้องปฏิบัติการศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมซอฟต์แวร์ ซึ่งได้แก่ นักพัฒนาระบบในบริษัทเอกชนขนาดใหญ่ จำนวน 3 คน และอาจารย์มหาวิทยาลัยที่มีความเชี่ยวชาญ จำนวน 2 คน รวมเป็น 5 คน โดยใช้แบบประเมินประสิทธิภาพระบบจากงานวิจัยของอัจจิมา มั่นทน (2559[7]) ที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพระบบตามทฤษฎี Black Box Testing ทั้ง 5 ด้าน ซึ่งได้แก่ ด้านความสามารถของระบบ (Function Requirement Test) ด้านความถูกต้องและการทำงานของระบบ (Function Test) ด้านความสะดวกและความง่ายต่อการใช้งาน (Usability Testing) ด้านสมรรถนะในการทำงานของระบบ (Performance Testing) และด้านความปลอดภัยของระบบ (Security Test)

ขั้นตอนที่ 6 ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบการจัดการห้องประชุมและห้องปฏิบัติการศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ซึ่งในขั้นตอนนี้ มีการดำเนินการ ดังนี้

6.1 ผู้วิจัยออกแบบคำถามในแบบประเมินความพึงพอใจให้ครอบคลุมในการทำงานของระบบ

6.2 นำแบบประเมินไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (IOC : Index of item objective congruence) จำนวน 3 คน ด้วยการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Selection) โดยให้เกณฑ์ในการตรวจพิจารณาข้อคำถามดังนี้ ให้คะแนน +1 ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์ ให้คะแนน 0 ถ้าไม่แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์ ให้คะแนน -1 ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ไม่ตรงตามวัตถุประสงค์ ซึ่งข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 – 1.00 มีค่าความเที่ยงตรง สามารถใช้ได้

6.3 นำแบบแบบประเมินความพึงพอใจไปให้ผู้ใช้งานระบบจำนวน 30 คน ซึ่งได้แก่ ผู้ดูแลระบบ ผู้ใช้งานที่เป็นเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิทยาศาสตร์ และบุคลากรภายในที่จะใช้งานห้องประชุมและห้องปฏิบัติการ ทำการประเมิน

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัยสามารถดำเนินการได้ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้

1. ผลการศึกษาความต้องการใช้งานระบบการจัดการห้องประชุมและห้องปฏิบัติการศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ การทำงานของระบบนั้น มีการกำหนดสิทธิ์ การเข้าถึงข้อมูล แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ดูแลระบบ เจ้าหน้าที่ ผู้บริหาร และผู้ใช้งาน โดยสิทธิ์ของการเข้าใช้งานระบบ มีดังนี้

1.1 ผู้ดูแลระบบ สามารถจัดการข้อมูลของผู้ใช้งานทั้งหมด เพิ่มผู้ใช้งานได้ และการเพิ่ม ลบ แก้ไข ห้องประชุม และห้องปฏิบัติการได้

1.2 เจ้าหน้าที่ การทำงานของเจ้าหน้าที่จะสามารถทำการตรวจสอบการจองห้องประชุมและห้องปฏิบัติการ ซึ่งจะสามารถอนุมัติการจองห้องและไม่อนุมัติการจองห้องได้

1.3 ผู้บริหาร การทำงานของผู้บริหาร สามารถตรวจสอบข้อมูลการจองห้องประชุมจองห้องและจองห้องปฏิบัติการ สามารถพิมพ์รายงานการจองห้องของผู้ใช้งานได้ และค้นหาช่วงวันที่จองห้องตามวันที่ที่ต้องการได้

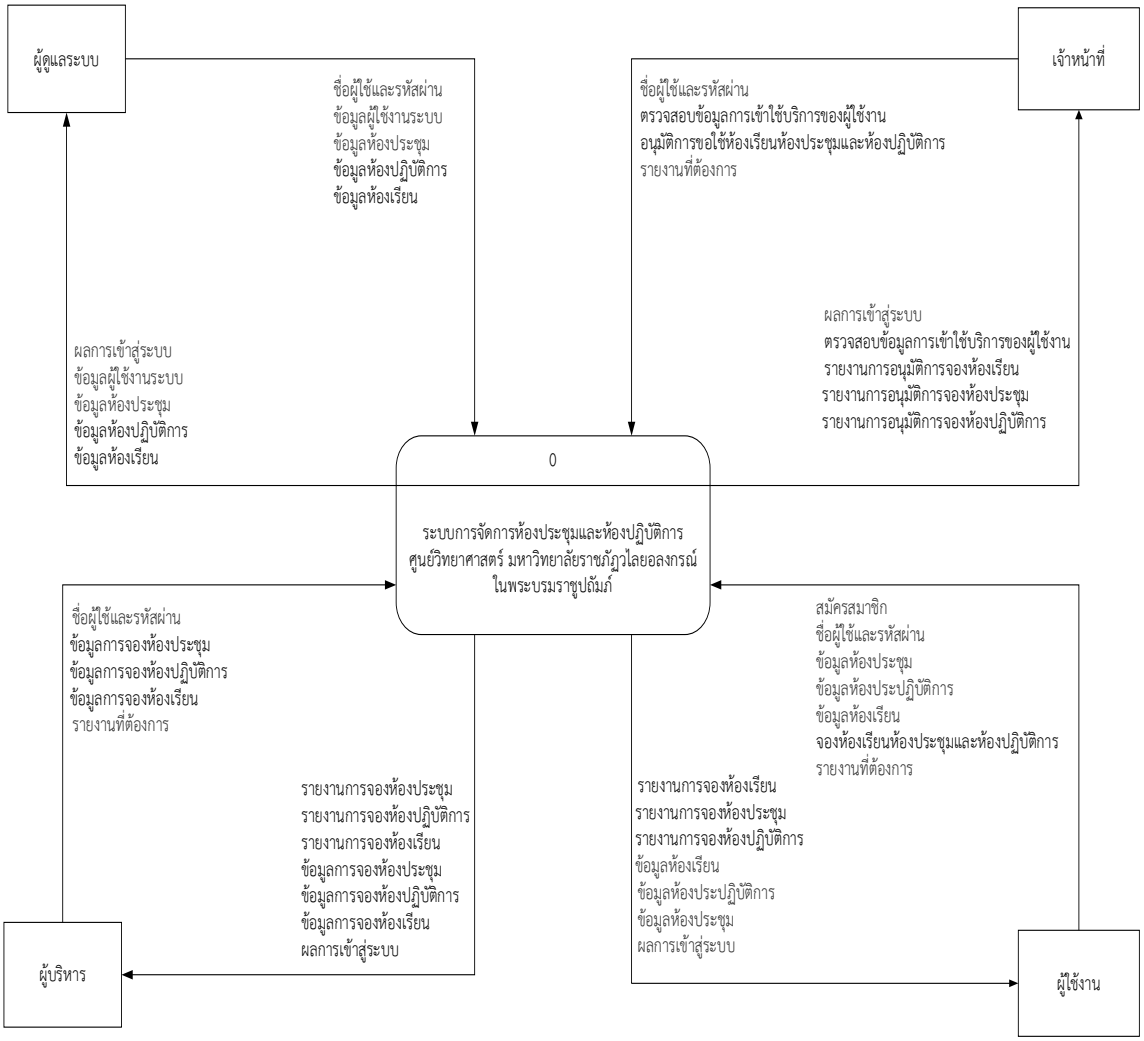
1.4 ผู้ใช้งาน การทำงานของผู้ใช้งาน ได้แก่ อาจารย์ นักศึกษา และบุคคลภายนอกเมื่อเข้าสู่ระบบแล้วจะสามารถจองห้องประชุมและห้องปฏิบัติการได้

2. ผลการพัฒนาระบบ

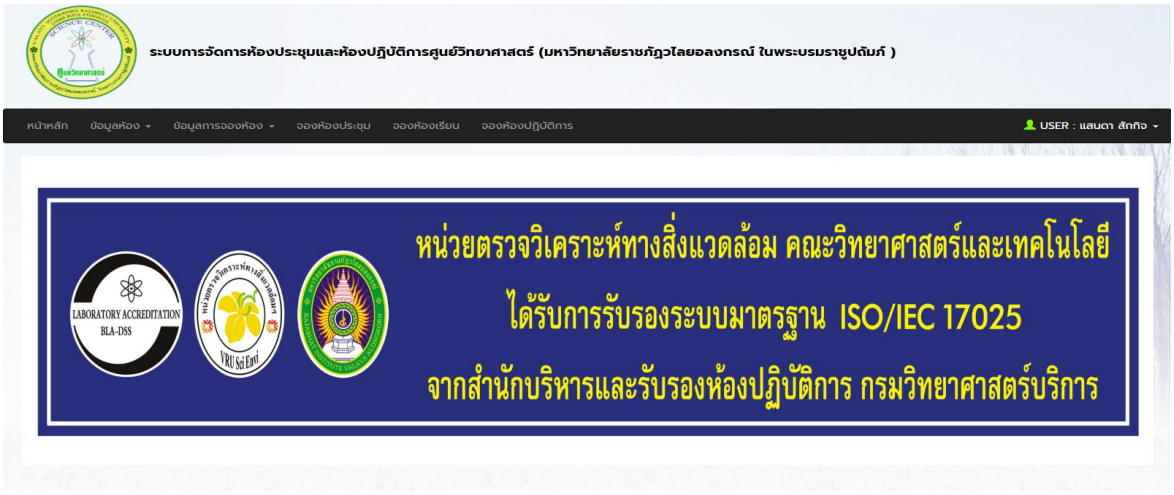
2.1 การวิเคราะห์ระบบและออกแบบ เป็นการรวบรวมข้อมูลจากเจ้าหน้าที่ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เพื่อเป็นการกำหนดองค์ประกอบและกระบวนการต่าง ๆ ขั้นตอนการออกแบบภาพรวมของการทำงานระบบ โดยใช้แผนภาพบริบท (Context Diagram) ดังภาพที่ 1

2.2 พัฒนาระบบการจัดการห้องประชุมและห้องปฏิบัติการ ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ได้แบ่งการทำงานออกเป็น 4 ส่วน ผู้ดูแลระบบ เจ้าหน้าที่ ผู้บริหาร และผู้ใช้งาน สามารถทำงานได้ครอบคลุมตาม

ขอบเขตที่ได้วางไว้ และสามารถทำงานได้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน ซึ่งจะช่วยให้การทำงานผ่านทางระบบเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ลดระยะเวลาในการทำงานจากการทำงานในรูปแบบเดิมได้ โดยมีหน้าหลักของระบบงาน ดังภาพที่ 2 ภาพที่ 3 ภาพที่ 4 และภาพที่ 5

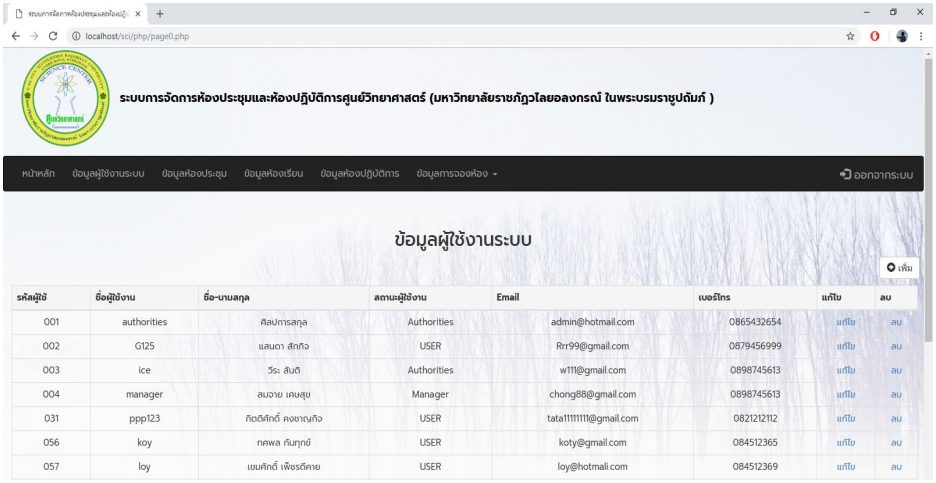


ภาพที่ 1 แสดงแผนภาพบริบท (Context Diagram)



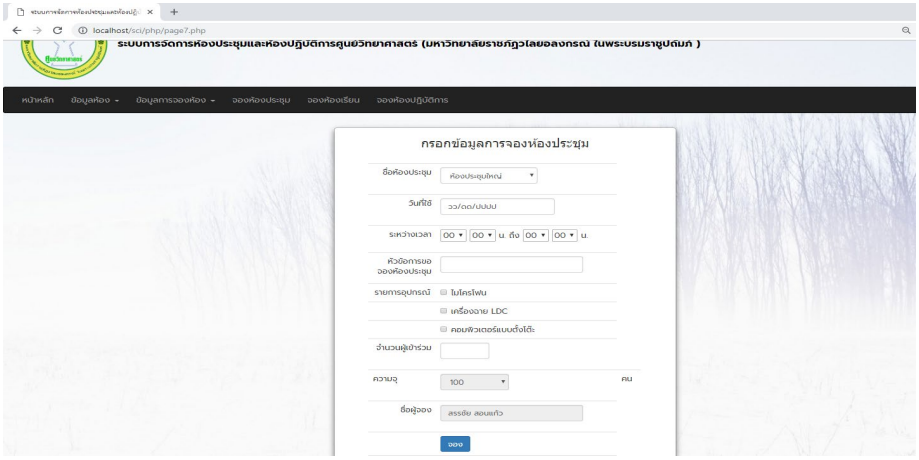
ภาพที่ 2 แสดงหน้าหลักของระบบงาน

ตัวอย่างหน้าจอการตรวจสอบข้อมูลผู้ใช้งานระบบของผู้ดูแลระบบ ดังภาพที่ 3



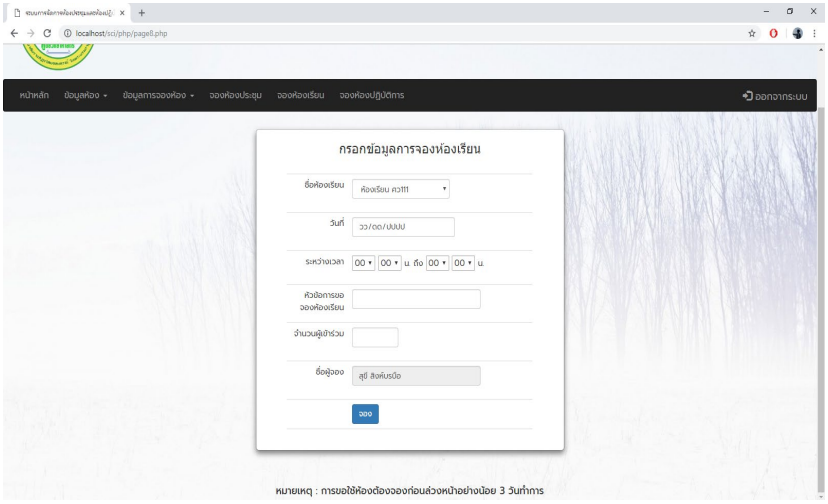
ภาพที่ 3 แสดงตัวอย่างหน้าจอการตรวจสอบข้อมูลผู้ใช้งานระบบของผู้ดูแลระบบ

ตัวอย่างหน้าจอการจองห้องประชุมของผู้ใช้งานระบบ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงหน้าจอการจองห้องประชุมของผู้ใช้งานระบบ

ตัวอย่างหน้าจอการจองห้องเรียนของผู้ใช้งานระบบ ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แสดงหน้าจอการจองห้องเรียนของผู้ใช้งานระบบ

3. ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบการจัดการห้องประชุมและห้องปฏิบัติการ ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ผู้วิจัยได้สรุปผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศทั้ง 5 ท่าน โดยใช้สถิติคะแนนเฉลี่ย ($\overline{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) สามารถสรุปผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพโดยรวมจากผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย $\overline{x}$	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับประสิทธิภาพ
1. ด้านความสามารถของระบบ (Function Requirement Test)	4.40	0.55	มาก
2. ด้านความถูกต้องและการทำงานของระบบ (FunctionTest)	4.50	0.87	มากที่สุด
3. ด้านความสะดวกและความง่ายต่อการใช้งาน (Usability Testing)	4.60	0.55	มากที่สุด
4. ด้านสมรรถนะในการทำงานของระบบ (Performance Testing)	4.20	0.84	มาก
5. ด้านความปลอดภัยของระบบ(Security Test)	4.40	0.65	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.42**	**0.69**	**มาก**

จากตารางที่ 1 พบว่า ประสิทธิภาพของระบบการจัดการห้องประชุมและห้องปฏิบัติการ ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ อยู่ในระดับมาก ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 4.42 ซึ่งในรายการที่ได้ค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ด้านสมรรถนะในการทำงานของระบบ ซึ่งจากงานวิจัยของอำนาจ (2557) ก็พบปัญหาลักษณะนี้และมีข้อเสนอแนะว่าควรมีการปรับปรุงให้ดีขึ้น โดยต้อง หาสาเหตุให้เจอว่าปัญหาของสมรรถนะในการทำงานของระบบคืออะไร จึงได้ทำการสอบถามปัญหาดังกล่าวกับผู้เชี่ยวชาญเพื่อขอความคิดเห็น ซึ่งก็พบว่าในบางโมดูลมีการทำงานที่ช้า จึงกลับไปแก้ไขในส่วนของอัลกอริทึ่มเพื่อให้สามารถทำงานให้ไวขึ้น ก่อนที่จะนำไปให้ผู้ใช้งานประเมินความพึงพอใจ

4. ผลการประเมินความพึงพอใจระบบการจัดการห้องประชุมและห้องปฏิบัติการ ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ได้เก็บแบบสอบถามจากผู้ดูแลระบบ ผู้ใช้งานที่เป็นเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิทยาศาสตร์และบุคลากรภายในที่จะใช้งานห้องประชุมและห้องปฏิบัติการ จำนวน 30 ท่าน ซึ่งผลความพึงพอใจการใช้งาน แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบการจัดการห้องประชุมและห้องปฏิบัติการ ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย $\bar{x}$	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับความพึงพอใจ
1. มีความเหมาะสมในการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้	4.80	0.55	มากที่สุด
2. มีความสะดวกและไม่ซับซ้อน ง่ายต่อการใช้งาน	4.40	0.45	มากที่สุด
3. มีระบบช่วยลดเวลาในการตรวจสอบข้อมูล	4.63	0.53	มากที่สุด
4. ระบบสามารถช่วยสืบค้นข้อมูลได้อย่างรวดเร็วและสะดวก	4.60	0.54	มากที่สุด
5. มีการตรวจสอบสถานะผู้ใช้งาน	4.60	0.57	มากที่สุด
6. มีความปลอดภัยในการเข้าถึงฐานข้อมูลใจแต่ละส่วนของผู้ใช้งาน	4.53	0.57	มากที่สุด
7. ประสิทธิภาพและความรวดเร็วใจการตอบสนองของระบบ	4.57	0.55	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.59**	**0.54**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 2 พบว่า ความพึงพอใจในการใช้งานระบบการจัดการห้องประชุมและห้องปฏิบัติการ ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ อยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงถึง 4.59 โดยรายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดได้แก่ ความเหมาะสมในการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้ มีค่าเฉลี่ย 4.80 ซึ่งจะมีผลให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานระบบได้ง่ายมากขึ้น อีกทั้งเนื่องจากระบบนี้จะมีผู้ใช้งานที่มีความสามารถทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศที่หลากหลาย การที่การออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานเข้าใจง่าย ผู้ใช้งานก็จะสามารถทำงานได้ง่ายขึ้นด้วย ส่งผลให้กำปรับเปลี่ยนการทำงานเดิมมาเป็นการทำงานผ่านระบบ สามารถเปลี่ยนผ่านไปได้ด้วยดี

สรุป

ผู้วิจัยขอสรุปผลการวิจัยดังนี้

1. การวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้งาน พบว่าการทำงานแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ ส่วน ผู้ดูแลระบบ เจ้าหน้าที่ ผู้บริหาร และผู้ใช้งาน ทุกส่วนก็จะมีสิทธิในการเข้าถึงและการจัดการข้อมูลที่แตกต่างกันออกไป ตามลักษณะของการใช้งานครอบคลุมและสอดคล้องการทำงานจริง อีกทั้งเอกสารและข้อมูลในระบบสามารถใช้เป็นหลักฐานที่ถูกต้องทางราชการได้อีกด้วย

2. การพัฒนาระบบการจัดการห้องประชุมและห้องปฏิบัติการ ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ในการพัฒนาระบบ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามวงจรการพัฒนาระบบ ซึ่งได้เก็บรวบรวมความต้องการของระบบจากผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องของระบบ เพื่อนำมาวิเคราะห์และออกแบบระบบให้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ จะเน้นที่การใช้งานง่ายไม่ซับซ้อน และทำงานได้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้

3. ประสิทธิภาพของระบบการจัดการห้องประชุมและห้องปฏิบัติการ ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.40 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ด้านความยากง่ายในการใช้งาน (Usability Testing) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับที่สูงมาก โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.60 เนื่องจากระบบที่พัฒนาขึ้นเป็นระบบที่ใช้งานง่ายและไม่ซับซ้อน จึงทำให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจและทำงานได้ง่าย เหมาะกับการใช้งานกับผู้ใช้ที่มีความสามารถทางด้านเทคโนโลยีได้หลายระดับ

4. ความพึงพอใจในการใช้งานระบบการจัดการห้องประชุมและห้องปฏิบัติการ ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ผลการประเมินความพึงพอใจของระบบ โดยผู้ใช้งาน จำนวน 30 ท่าน โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.59 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อแล้วพบว่า มีความเหมาะสมในการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้ มี

ค่าเฉลี่ยสูงที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยสูงถึง 4.80 ซึ่งเป็นการยืนยันว่าระบบสามารถใช้งานได้ง่าย รองรับผู้ใช้งานที่มีความสามารถในการใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศที่หลากหลาย ช่วยใช้ผู้ใช้งานสามารถทำงานผ่านระบบได้ง่ายขึ้น อันจะส่งผลให้การทำงานโดยภาพรวมของงานการจัดการห้องประชุมและห้องปฏิบัติการ ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์จะดีขึ้นตามไปด้วย

เอกสารอ้างอิง

1. สารสนเทศมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์. ปทุมธานี; 2561.
2. แผนกลยุทธ์ 20 ปีมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์. ปทุมธานี; 2561.
3. อำนาจ สวัสดิ์นะที. การพัฒนาระบบจองห้องประชุมออนไลน์. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม;2557.
4. สุรักษ์ สิมคาน. ระบบบริหารจัดการห้องออนไลน์ของสำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยนครพนม. Pulinet Journal, 1(1), 45-48; 2558.
5. โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ (ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม). กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.; 2555.
6. ณรงค์ โพธิพฤกษานันท์. ระเบียบวิธีวิจัย.กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.; 2557.
7. อัจจิมา มั่นทน. การพัฒนาสื่อมัลติมีเดียเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง การแต่งเครื่องแบบทหาร. วารสารวิจัยและพัฒนา มหาราชภัฏเลย. ปีที่ 11 (ฉบับพิเศษ). 110-117; 2559.

[IT-P18] การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการแนะนำการซ่อมบำรุงเครื่องคอมพิวเตอร์ในโรงเรียน พื้นที่ตำบลคลองด่าน จังหวัดสมุทรปราการ

Development of Information System for Recommendation of Computer Maintenance at Schools in Khlong Dan District Area, Samut Prakan Province

สุธีรา พึ่งสวัสดิ์* และนฤดี บูรณะจรรยากุล
Suteera Puengsawad* and Naruedee Buranajanyakul
สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล:* aj-tarn@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อแนะนำการซ่อมบำรุงเครื่องคอมพิวเตอร์ ระบบจะแสดงข้อมูลวิธีแก้ไขปัญหาเบื้องต้นให้แก่ผู้ใช้งานตามอาการเสียของเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยรวบรวมข้อมูลปัญหาทางคอมพิวเตอร์ที่พบจากการดำเนินโครงการคลินิกคอมพิวเตอร์เคลื่อนที่เพื่อชุมชน การทำงานของระบบแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ คือ 1) รูปแบบของปัญหาที่มีวิธีการแก้ไขหลายวิธี จะเริ่มต้นข้อคำถามด้วยปัญหาที่ผู้ใช้พบ ตามด้วยวิธีการแก้ปัญหา ตามลำดับ 2) รูปแบบการถาม-ตอบกับผู้ใช้โดยตรง โดยใช้ชุดคำถามที่กำหนดให้ 2 ตัวเลือก คือ ใช่/ไม่ใช่ แต่เริ่มต้นข้อคำถามด้วยปัญหาที่ผู้ใช้พบ ตามด้วยปัญหารองตามลำดับ และ 3) รูปแบบของปัญหาที่มีวิธีการแก้ปัญหาเพียงวิธีเดียว จากการทดสอบและทดลองใช้ระบบในโรงเรียนต้นแบบ ระบบสามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ทั้งนี้ สามารถนำระบบไปพัฒนาเพิ่มเติมให้ครอบคลุมปัญหาทุกด้านของเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อเป็นแนวทางในการเสริมสร้างและเพิ่มพูนองค์ความรู้เพื่อพัฒนาตนเอง อันนำไปสู่การพัฒนาคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นให้แก่ชุมชนได้อย่างมั่นคงและยั่งยืนต่อไป

คำสำคัญ: *ระบบแนะนำ การซ่อมบำรุงเครื่องคอมพิวเตอร์ ระบบสารสนเทศ*

Abstract

This research describes the development of an Information system for a recommendation of computer maintenance at schools for basic computer troubleshooting by providing the users with basic solutions based on the occurred symptoms. The data were obtained from the nationwide mobile computer clinic project by targeting at the schools and community. The usage of the system can be categorized into 3 main options. Option 1, one problem provides with multiple solutions, starting with the user's problem then following by the solutions. Option 2, the system functions by directly gathering the information using true or false questions, which starts from the original user problem, followed by a string of sub-questions, consecutively. Option 3, the system provides with only one unique suitable solution. After preliminary testing and finding at the prototypical targets, it is concluded that the system met its objectives. This developed system can be further utilized by expanding the scale of solutions to cover every computing aspects. This can be the way to produce and acquire a knowledge base to improve the quality of life for the community sustainably.

Keywords: *advised system, computer maintenance, Information system*

บทนำ

มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติได้เล็งเห็นการบริการวิชาการแก่ชุมชนเป็นภารกิจที่สำคัญประการหนึ่ง คณะผู้วิจัยได้ตระหนักถึงความสำคัญดังกล่าวจึงได้จัดทำการบริการวิชาการแก่สังคมหรือชุมชนที่ตั้งอยู่บริเวณใกล้เคียงกับมหาวิทยาลัยฯ พบว่า โรงเรียนยังมีความต้องการเพิ่มพูนความรู้ทางคอมพิวเตอร์เป็นอย่างมาก รวมถึงการเข้าสำรวจโรงเรียนในพื้นที่ทำให้ทราบปัญหาจากครูประจำห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ถึงปัญหาการซ่อมเครื่องคอมพิวเตอร์ การติดตั้งโปรแกรมต่าง ๆ ที่มีอยู่ในโรงเรียน นอกจากนี้ พบว่ายังขาดความรู้ความเข้าใจในการซ่อมเครื่องคอมพิวเตอร์ รวมทั้งปัญหาการเปลี่ยนครูประจำห้องปฏิบัติการ ทำให้เกิดความไม่ต่อเนื่องในการซ่อมบำรุงอีกด้วย

ปัญหาดังกล่าวแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักคือ 1) ปัญหาทางฮาร์ดแวร์ โดยส่วนมากเกิดจากการติดตั้งไม่ถูกวิธี หรือมีอุปกรณ์บางชิ้นชำรุด ดังนั้นการแก้ไขก็เพียงแค่ต่อสายต่าง ๆ ให้ถูกต้อง การกำหนดคุณสมบัติของคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ใด ๆ ที่จะนำมาใช้กับคอมพิวเตอร์ให้เหมาะสมกับงานที่ต้องการ หรือเปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่แทนที่อุปกรณ์ที่ชำรุด และ 2) ปัญหาทางซอฟต์แวร์ ที่พบอยู่ในปัจจุบันนี้มีความหลากหลายมาก ทั้งชนิด ลักษณะการใช้งาน โดยทั่วไปปัญหาทางซอฟต์แวร์มักจะเกิดจากสาเหตุจากการใช้โปรแกรมที่ชำรุดหรือไม่สมบูรณ์ ไฟล์ระบบเสียหาย และภัยคุกคามทางอินเทอร์เน็ต [1]

จากปัญหาข้างต้น คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ในการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อแนะนำในการซ่อมบำรุงเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ผู้ใช้ได้ทราบถึงแนวทางในการซ่อมเครื่องคอมพิวเตอร์เบื้องต้นและแก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้อง โดยมุ่งเน้นให้เป็นแหล่งให้ความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์แก่นักเรียน ครู ผู้ปกครอง และประชาชนในชุมชนใกล้เคียงมหาวิทยาลัยฯ อีกทั้งช่วยเหลือแนะนำการแก้ไขปัญหาเบื้องต้นในการซ่อมเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยมุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพในการดูแลเครื่องคอมพิวเตอร์ของโรงเรียน และชุมชนใกล้เคียงมหาวิทยาลัยฯ ให้สามารถแก้ไขปัญหาได้ด้วยตนเอง

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อแนะนำในการซ่อมบำรุงเครื่องคอมพิวเตอร์ คณะผู้วิจัยอาศัยหลักวงจรชีวิตของการพัฒนาซอฟต์แวร์ หรือ SDLC (System Development Life Cycle) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การศึกษาปัญหา

คณะผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากกิจกรรมการซ่อมบำรุงในโครงการคลินิกคอมพิวเตอร์เคลื่อนที่ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2562 จำนวน 2 ชุมชน คือ ชุมชนศรษะจระเข้น้อย และชุมชนคลองด่าน และโรงเรียนในพื้นที่ใกล้เคียง จำนวน 5 โรงเรียน คือ โรงเรียนบ้านท้องคุ้ง โรงเรียนวัดหัวคู้ โรงเรียนปากคลองมอญ โรงเรียนวัดปานประสิทธาราม และโรงเรียนวัดสีล้ง โดยได้เก็บข้อมูลจากปัญหาและวิธีการแก้ปัญหาที่พบในการให้บริการซ่อมเครื่องคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ยังได้รวบรวมข้อมูลองค์ความรู้จากเอกสารตำรา และความรู้จากผู้เชี่ยวชาญ ทำให้ข้อมูลที่ได้นั้นมีจำนวนมาก เมื่อนำมาประมวลผล จึงได้คัดกรองข้อมูลที่ไม่จำเป็นและไม่มีความเกี่ยวข้องออก เพื่อให้ข้อมูลมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน [2] โดยสรุปปัญหาได้ทั้งสิ้น 95 หัวข้อ แบ่งเป็นปัญหาทางด้านฮาร์ดแวร์ ได้แก่ อาการเสียของอุปกรณ์ที่มีผลต่อคอมพิวเตอร์ และปัญหาทางด้านซอฟต์แวร์ ได้แก่ ความขัดข้องของระบบปฏิบัติการ และการกำจัดไวรัส

ระบบที่พัฒนาเหมาะสมกับการแก้ไขปัญหาทั้งแบบไม่มีโครงสร้าง (unstructured problem) และแบบกึ่งโครงสร้าง (semi structured problem) โดยกระบวนการแนะนำจะอาศัยโครงสร้างต้นไม้เพื่อช่วยในการตัดสินใจและกำหนดของเขตของปัญหา อันนำไปสู่การเสนอทางเลือกในการตัดสินใจ จากการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการพิจารณาจากปัญหาที่พบจะมีลักษณะเดิมซ้ำ ๆ กันทุกครั้ง จึงนำข้อมูลเหล่านั้นมารวบรวมเป็นองค์ความรู้ในการซ่อมเครื่องคอมพิวเตอร์ การถาม-ตอบกับผู้ใช้โดยตรงโดยใช้ชุดคำถามที่กำหนดให้มี 2 ตัวเลือก คือ ใช่/ไม่ใช่ เริ่มต้นข้อคำถามด้วยปัญหาที่ผู้ใช้พบ ตามด้วยปัญหารองตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดข้อคำถามจะสรุปวิธีแก้ไขปัญหาดังกล่าวให้แก่ผู้ใช้

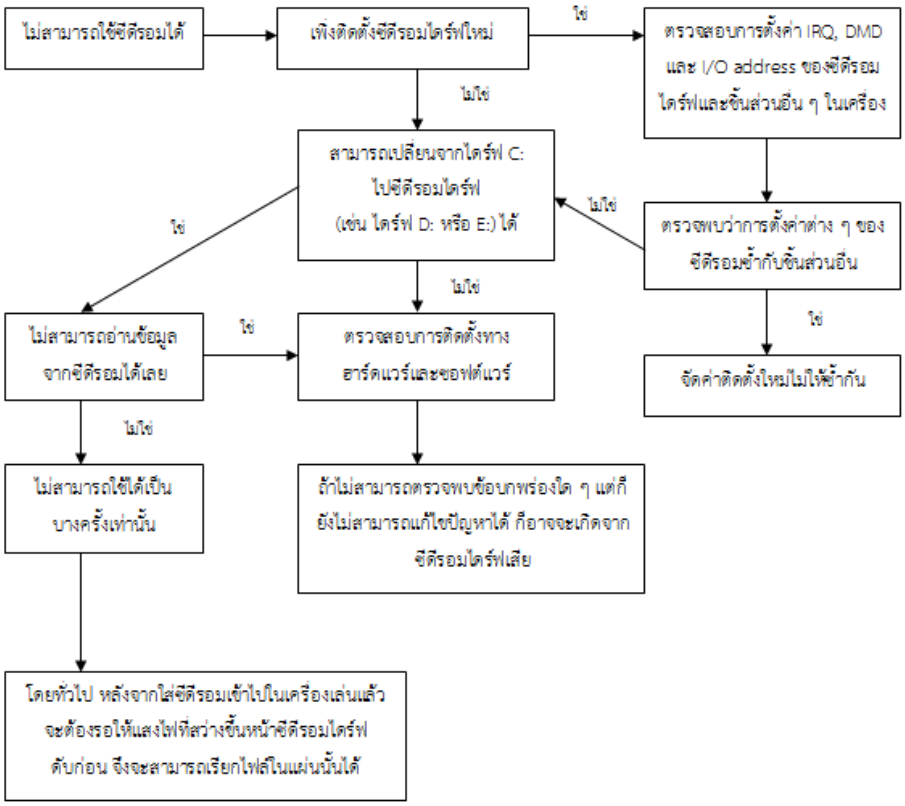
2. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

คณะผู้วิจัยได้รวบรวมความต้องการของผู้ใช้ มาวิเคราะห์และออกแบบระบบเพื่อให้การพัฒนาระบบมีประสิทธิภาพและครอบคลุมความต้องการของผู้ใช้ โดยออกแบบแผนภาพ ประกอบด้วย การวิเคราะห์ข้อมูลของระบบแบบอิงเกณฑ์ และ Data Flow Diagram ดังนี้

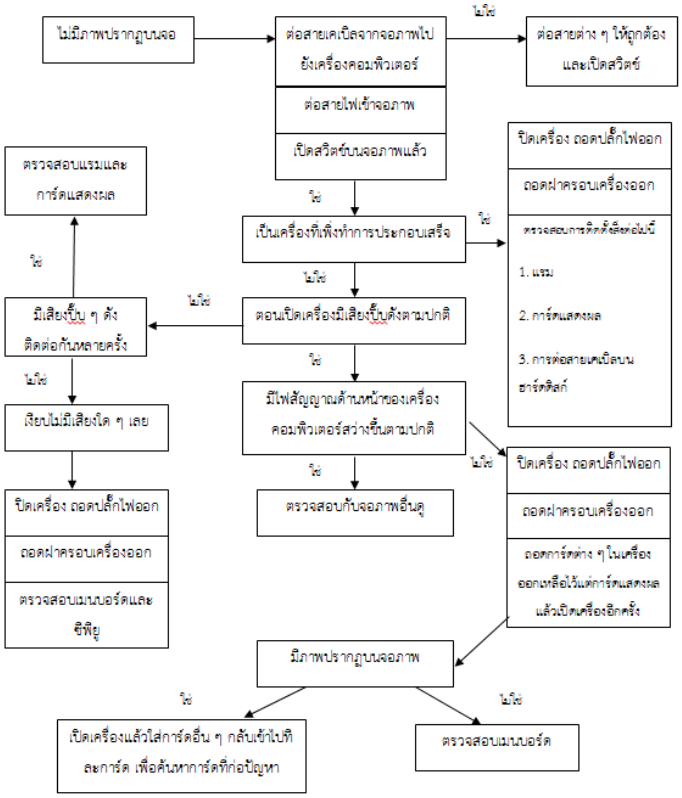
1) การวิเคราะห์ข้อมูลของระบบแบบอิงเกณฑ์

คณะผู้วิจัยได้ใช้ระบบแบบอิงเกณฑ์ (Rule-based system) ในการตั้งคำถาม โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลแบบไปข้างหน้า (Forward Chaining) เป็นการอนุมานโดยเริ่มจากการตรวจสอบข้อมูลกับกฎเกณฑ์ที่มีอยู่ในระบบจนกว่าจะสามารถหากฎเกณฑ์ที่สอดคล้องกับสถานการณ์แล้วจึงดำเนินการตามความเหมาะสม ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลแบบไปข้างหน้าเป็นวิธีการที่มุ่งเน้นความสำคัญที่ข้อมูล โดยเริ่มจากการสืบค้นสารสนเทศที่มีอยู่ในฐานความรู้หรือจากแนวความคิดพื้นฐาน เพื่อให้ได้ซึ่งผลลัพธ์ของการสรุปความออกมา ทั้งนี้จะทำการวิเคราะห์ถึงปัญหาโดยการตรวจสอบข้อเท็จจริงดูว่าสอดคล้องกับส่วน IF ของกฎหรือไม่ ด้วยการทดสอบกฎก่อนที่โปรแกรมจะทำการประมวลผลจนกว่าจะได้ข้อสรุปเป็นคำตอบที่ต้องการ หรือไม่มีคำตอบถ้าไม่สามารถหากฎเกณฑ์ที่ตรงกันได้

ระบบแบบอิงกฎเกณฑ์จะมีการเปรียบเทียบเป็นขั้นตอนและมีเส้นทางการไหลของคำตอบที่ค่อนข้างชัดเจน ขึ้นกับคำตอบในแต่ละขั้นตอน โดยสามารถสร้างในรูปตารางหรือแผนภาพ ซึ่งงานวิจัยมีแผนผังในการแก้ไขปัญหาทั้งหมด 95 แผนผัง ดังตัวอย่างแผนภาพแสดงการตรวจสอบการทำงานของจอภาพเพื่อแก้ไขปัญหาเมื่อไม่มีภาพปรากฏบนจอภาพ และแผนภาพแสดงการตรวจสอบซีดีรอมไดร์ฟเพื่อแก้ไขปัญหาไม่สามารถใช้ซีดีรอมได้ ยกตัวอย่างดังภาพที่ 1 และ 2 ตามลำดับ [3]



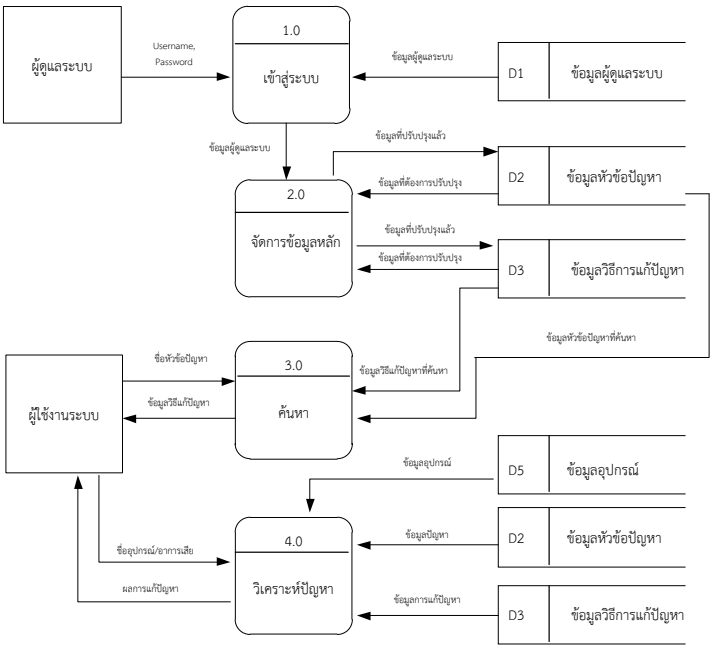
ภาพที่ 1 แผนผังแสดงการตรวจสอบซีดีรอมไดร์ฟ



ภาพที่ 2 แผนผังแสดงการตรวจสอบการทำงานของจอภาพเพื่อแก้ไขปัญหาเมื่อไม่มีภาพปรากฏบนจอภาพ

2) วิเคราะห์ระบบ

แผนภาพบริบท เป็นแผนภาพที่อธิบายถึงกิจกรรมโดยรวมของระบบ เพื่อแสดงโครงสร้างความสัมพันธ์ของระบบกับผู้ใช้งาน



ภาพที่ 3 Diagram 0 DFD ของระบบสารสนเทศเพื่อแนะนำในการซ่อมบำรุงเครื่องคอมพิวเตอร์

แผนภาพ Diagram 0 DFD ของระบบแนะนำการแก้ไขปัญหาเบื้องต้นในการซ่อมเครื่องคอมพิวเตอร์ มีกระบวนการทำงาน 4 กระบวนการ สามารถอธิบายได้ดังนี้

1) กระบวนการ 1.0 เข้าสู่ระบบ

ผู้ดูแลระบบสามารถเข้าสู่ระบบได้โดยการกรอกชื่อผู้ดูแลระบบและรหัสผ่าน เพื่อให้สามารถทำงานต่าง ๆ ได้

2) กระบวนการ 2.0 จัดการข้อมูลปัญญาคอมพิวเตอร์

ทำหน้าที่เพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลหลัก ได้แก่ ข้อมูลหัวข้อปัญหา และข้อมูลวิธีการแก้ปัญหา

3) กระบวนการ 3.0 ค้นหา

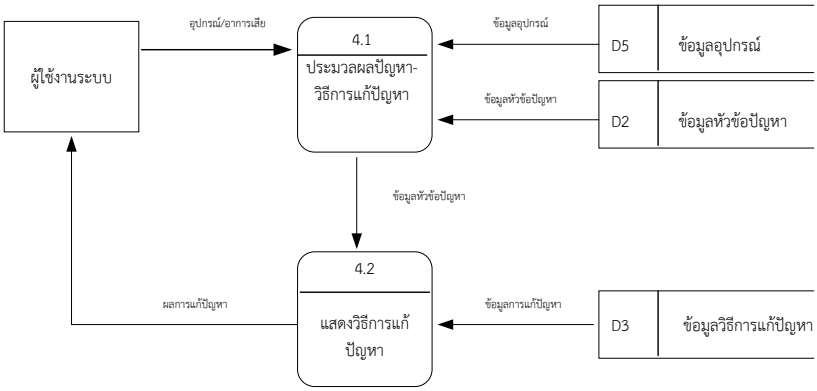
ทำหน้าที่ค้นหาข้อมูลปัญหาต่าง ๆ ออกมาแสดงผลให้ผู้ใช้งานระบบ

4) กระบวนการ 4.0 วิเคราะห์ปัญหา

ทำหน้าที่ในการวิเคราะห์ปัญหาจากการหัวข้อปัญหา อาการเสียจากผู้ใช้งานระบบ ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการย่อย 2 กระบวนการ คือ

- ประมวลผลปัญหา-วิธีการแก้ปัญหา
- แสดงวิธีการแก้ปัญหา

จาก Diagram 0 DFD มีการอธิบายรายละเอียดย่อย ๆ ของแต่ละกระบวนการที่ 4.0 วิเคราะห์ปัญหา



ภาพที่ 4 Diagram 1 DFD ของกระบวนการ 4 : วิเคราะห์ปัญหา

จากภาพที่ 4 แสดงรายละเอียดการทำงานของกระบวนการ 4 : วิเคราะห์ปัญหา โดยมีรายละเอียดดังนี้

- กระบวนการ 4.1 ประมวลผลปัญหา-วิธีการแก้ปัญหา

ผู้ใช้งานจะต้องเลือกอุปกรณ์ที่ต้องการทราบปัญหา โดยระบบจะทำการแสดงปัญหาตามชนิดของอุปกรณ์ที่เลือก โดยระบบสามารถเลือกอาการที่พบเพื่อนำมาเลือกหัวข้อปัญหาในการวิเคราะห์ เมื่อทำการตอบคำถามจะทำการรับคำตอบมาประมวลผลสำหรับคำถามถัดไป โดยข้อมูลนี้นำมาวิเคราะห์ผลได้มาจากแฟ้มข้อมูลหัวข้อปัญหา เมื่อเสร็จสิ้นการกระบวนการจึงจะส่งไปยังกระบวนการ 4.2 เพื่อทำการแสดงผลต่อไปโดยมีรูปแบบของการประมวลผลปัญหา-วิธีการแก้ปัญหา 3 รูปแบบดังนี้

1. ในกรณีที่ปัญหามีวิธีการแก้วิธี

ในกรณีของรูปแบบที่ 1 นั้นจะเป็นปัญหาที่มีคำตอบเพียงคำตอบเดียว เมื่อผู้ใช้เลือกปัญหา ระบบจะแสดงวิธีแก้ปัญหาโดยจะมีเพียงวิธีเดียว

2. ในกรณีที่ปัญหามีวิธีแก้มากกว่า 1 วิธี

ในกรณีของรูปแบบที่ 2 นั้นเป็นกรณีที่หัวข้อปัญหา มีวิธีการแก้ไขมากกว่า 1 วิธี เมื่อผู้ใช้เลือกปัญหาระบบจะแสดงวิธีแก้ปัญหาวิธีที่ 1 เมื่อผู้ใช้ไม่สามารถแก้ปัญหาวิธีที่ 1 ได้ ระบบแสดงวิธีแก้ปัญหาที่ 2 โดยจะเรียงตามลำดับของวิธีการแก้ปัญหาจนถึงวิธีสุดท้ายตามลำดับ

3. ในกรณีที่ปัญหามีอาการมากกว่า 1 อาการ โดยรูปแบบวิธีการถามตอบ

ในกรณีของรูปแบบที่ 3 นั้น จะมีลักษณะเป็นการถาม-ตอบ ผู้ใช้ โดยผู้ใช้จะตอบจากคำถามหลักคำถามแรก และระบบจะแสดงคำถามรองตามลำดับ เพื่อให้ผู้ใช้ได้ตอบว่าตนเองพบอาการใดที่ต่อเนื่องจากอาการหลัก เมื่อสิ้นสุด ระบบจะแสดงวิธีการแก้ปัญหานั้นให้แก่ผู้ใช้งาน

- กระบวนการ 4.2 แสดงวิธีการแก้ปัญหา

เมื่อทำการวิเคราะห์ปัญหาแล้ว และแจ้งข้อมูลกลับไปยังผู้ใช้งานระบบ

3. การพัฒนาระบบ

ระบบพัฒนาในรูปแบบโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ (Web application) โดยใช้ภาษา PHP และระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL การทำงานของระบบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) ผู้ดูแลระบบ สามารถจัดการข้อมูลปัญหา และข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ได้แก่ ปัญหา รายละเอียดการแก้ปัญหา 2) ผู้ใช้ทั่วไป สามารถค้นหาปัญหาที่พบจากคำถามหลัก และวิเคราะห์ปัญหาจากอาการของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ตนเองพบได้

4. การทดสอบและประเมินโปรแกรม

เพื่อทดสอบความถูกต้องของระบบก่อนนำไปใช้งานจริง และประเมินระบบเพื่อหาประสิทธิผลของการทำงาน คณะผู้วิจัยได้ทดสอบการใช้งานระบบกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อนำผลการทดสอบไปใช้เพื่อแก้ไขและปรับปรุงระบบให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยได้จัดทำแบบสอบถามความพึงพอใจการใช้งานระบบ สอบถามจากผู้ใช้งาน รวมทั้งสิ้น 103 คน แบ่งเป็น ผู้ใช้ทั่วไป จำนวน 100 คน และครูประจำห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ จำนวน 3 คน แล้วจึงนำผลการประเมินมาวิเคราะห์โดยใช้หลักการสถิติโดยใช้การหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต และการวัดการกระจายของข้อมูลโดยใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการดำเนินการตามขั้นตอนการวิจัย สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

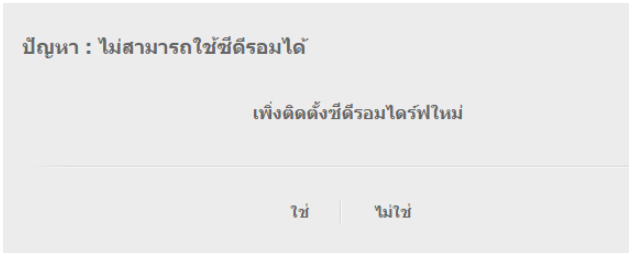
1. ผลการพัฒนาระบบ

ผู้ใช้สามารถเข้าใช้งานระบบแนะนำวิธีการแก้ปัญหาเบื้องต้นของเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยใช้เว็บเบราว์เซอร์ จะปรากฏหน้าหลักของระบบซึ่งแสดงเมนู ปัญหาทางฮาร์ดแวร์ การลงระบบปฏิบัติการ การติดตั้งโปรแกรม และปัญหาด้านไวรัส ดังแสดงในภาพที่ 5



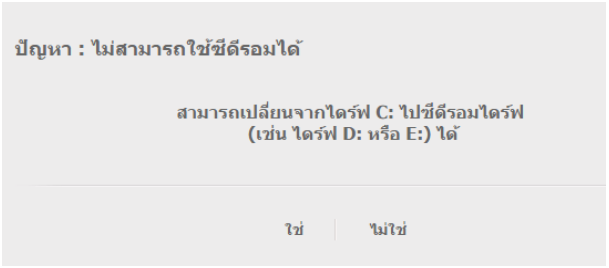
ภาพที่ 5 หน้าหลักของระบบ (ส่วนผู้ใช้งานระบบ)

ผู้ใช้งานสามารถรับคำแนะนำในการแก้ไขปัญหาเบื้องต้นในการซ่อมเครื่องคอมพิวเตอร์จากระบบได้จากการถาม-ตอบ โดยใช้ชุดของคำถามที่กำหนดให้มี 2 ตัวเลือก คือ ใช่/ไม่ใช่ แต่เริ่มต้นข้อคำถามด้วยปัญหาที่ผู้ใช้พบ ตามด้วยปัญหารองตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 6



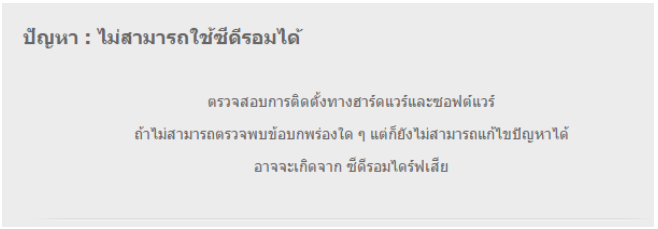
ภาพที่ 6 หน้าจอแสดงคำถาม-คำตอบในการวิเคราะห์ปัญหา

เมื่อผู้ใช้เลือกคำตอบตามปัญหาที่พบ ระบบจะประมวลผลเรียกคำถามถัดไปขึ้นมาแสดงตามลำดับ โดยในกรณีนี้ผู้ใช้เลือก “ไม่ใช่” แสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 หน้าจอแสดงคำถาม-คำตอบในการวิเคราะห์ปัญหา

เมื่อระบบทำการวิเคราะห์ปัญหาตามที่ผู้ใช้พบ จะแสดงคำแนะนำในการซ่อมเครื่องคอมพิวเตอร์อย่างละเอียดต่อไป แสดงตัวอย่างได้ดังภาพที่ 8



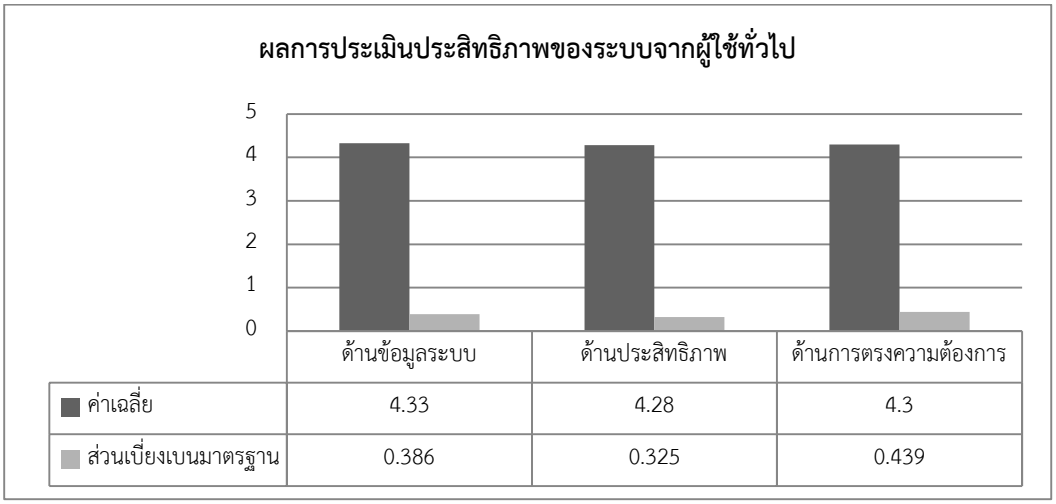
ภาพที่ 8 หน้าจอแสดงคำแนะนำในการแก้ไขปัญหา

2. ผลการประเมินความพึงพอใจต่อระบบ

การประเมินระบบพิจารณาจากความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้แบบประเมินประสิทธิภาพของระบบ กำหนดเกณฑ์ประกอบด้วยมาตราส่วนประเมินค่าเชิงคุณภาพ 5 ระดับ (Rating Scale) โดยสรุปจากแบบสอบถามที่นำไปประเมินความพึงพอใจของระบบสามารถแสดงเป็นค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจในแต่ละด้านของแบบประเมิน และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความ

พึงพอใจในแต่ละด้านของแบบประเมิน และใช้โปรแกรม SPSS (Statistical Package for the Social Science for Windows) ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยมีผลการประเมินดังนี้

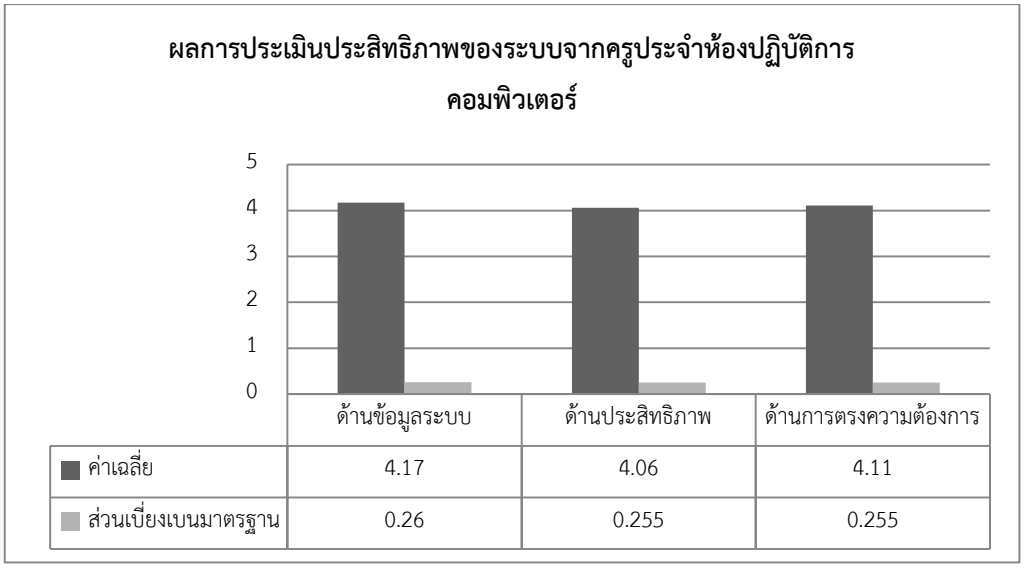
ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ จากผู้ใช้ทั่วไป จำนวน 100 คน ซึ่งผลการประเมินจากผู้ใช้ทั่วไปอยู่ในระดับดีมาก สามารถแสดงในแผนภูมิที่ 1



	ด้านข้อมูลระบบ	ด้านประสิทธิภาพ	ด้านการตรงความต้องการ
ค่าเฉลี่ย	4.33	4.28	4.3
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.386	0.325	0.439

แผนภูมิที่ 1 แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ จากผู้ใช้ทั่วไป

ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ จากครูประจำห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ จำนวน 3 คน ซึ่งผลการประเมินจากครูประจำห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์อยู่ในระดับดี สามารถแสดงในแผนภูมิที่ 2



	ด้านข้อมูลระบบ	ด้านประสิทธิภาพ	ด้านการตรงความต้องการ
ค่าเฉลี่ย	4.17	4.06	4.11
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.26	0.255	0.255

แผนภูมิที่ 2 แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ จากครูประจำห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์

ผลจากการติดตามการแก้ไขปัญหาคอมพิวเตอร์จากครูประจำห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ โรงเรียนบ้านท้องคุ้งและโรงเรียนวัดปานประสิทธาราม สรุปได้ว่า จากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีปัญหาจำนวนทั้งสิ้น 40 เครื่อง แบ่งเป็นการแก้ไขปัญหาทางด้านฮาร์ดแวร์ 29 เครื่อง และทางด้านซอฟต์แวร์จำนวน 11 เครื่อง

สรุป

การพัฒนาระบบระบบสารสนเทศเพื่อแนะนำการซ่อมบำรุงเครื่องคอมพิวเตอร์ถือว่าประสบความสำเร็จในระดับมาก ผู้ใช้สามารถค้นหาข้อมูล รวมทั้งสามารถวางแผนเพื่อการบริหารจัดการซ่อมบำรุงเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการประเมินภาพรวมของระบบแนะนำวิธีการแก้ปัญหาเบื้องต้นของเครื่องคอมพิวเตอร์ พบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องจุฑามาศ กระจ่างศรี [(4)] ที่พัฒนาระบบฐานข้อมูลองค์ความรู้เรื่องปัญหาการใช้งานคอมพิวเตอร์ เพื่อเป็นฐานข้อมูลความรู้แก่ผู้ใช้คอมพิวเตอร์ที่มีปัญหาการใช้งานคอมพิวเตอร์โดยทั่วไป จากผลการทดสอบโปรแกรมจากกลุ่มผู้ใช้ 2 กลุ่มคือ ผู้ดูแลระบบ และผู้ใช้ทั่วไป เมื่อเปรียบเทียบการทำงานของระบบมีความสอดคล้องกัน ระบบสามารถค้นหา และสามารถช่วยเหลือให้ผู้ใช้สามารถแก้ปัญหาการใช้งานคอมพิวเตอร์ได้เช่นกัน การใช้งานของระบบแบ่งออกเป็น 2 ส่วนที่มีความสอดคล้องกัน ระบบสามารถแนะนำวิธีการซ่อมเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ มีรูปแบบของปัญหาจะมีวิธีการแก้ไขหลายวิธี โดยเริ่มต้นข้อคำถามด้วยปัญหาที่ผู้ใช้พบ ตามด้วยวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งมีวิธีที่สอดคล้องกับงานวิจัยนี้ และ นอกจากนี้งานวิจัยนี้ได้มีส่วนที่มีการพัฒนาเพิ่มเติม การพัฒนารูปแบบการถาม-ตอบกับผู้ใช้โดยตรงโดยใช้ชุดคำถามที่กำหนดให้มี 2 คำตอบ คือ ใช่/ไม่ใช่ แต่เริ่มต้นข้อคำถามด้วยปัญหาที่ผู้ใช้พบ ตามด้วยปัญหารอง ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ และผู้อำนวยการของโรงเรียนบ้านท้องคุ้ง โรงเรียนวัดหัวคู้ โรงเรียนปากคลองมอญ โรงเรียนวัดสีล้ง และโรงเรียนวัดปานประสิทธาราม เป็นอย่างยิ่ง

เอกสารอ้างอิง

1. วาสนา สุขกระสานติ. โลกของคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2540.
2. ธนาวินท์ รักธรรมานนท์ และคณะ. ระบบสืบค้นความรู้บนฐานข้อมูลเชิงวัตถุ : การหากฎความสัมพันธ์บนฐานข้อมูลเชิงวัตถุแบบแน่น. ใน: เอกสารการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41. กรุงเทพฯ ; 2546.
3. รศ.ดร.บุญเจริญ ศิริเนาวกุล. การแสดงความรู้ด้วยกฎ. [อินเทอร์เน็ต]. ม.ป.ป. [เข้าถึงเมื่อ 20 มี.ค. 2562] . เข้าถึงได้จาก : http://teacher.en.rmutt.ac.th/ktw/Resources/Full%20paper%20PDF
4. จุฑามาศ กระจ่างศรี. การพัฒนาระบบฐานข้อมูลองค์ความรู้เรื่องปัญหาการใช้งานคอมพิวเตอร์. สารนิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. กรุงเทพฯ ; 2545.

[IT-P19] การพัฒนาระบบการจัดการวารสารวิจัยการเวก คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

The Development of Research Journals Management System Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage

ธนดิษฐ์ ชนะสิทธิ์ และ อัจจิมา มั่นทน*
Thanadit Chanasit, and Atchima Manthon*
หลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: atchima@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาความต้องการของระบบการจัดการวารสารวิจัยการเวก คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ 2) เพื่อพัฒนาระบบการจัดการวารสารวิจัยการเวก และ 3) เพื่อประเมินประสิทธิภาพระบบการจัดการวารสารวิจัยการเวก การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา โดยดำเนินการตามวงจรการพัฒนาระบบ การศึกษาความต้องการของระบบใช้การศึกษาเอกสารและการสัมภาษณ์เชิงลึก เพื่อนำมาตรวจสอบสามเส้าถึงความถูกต้องและสอดคล้องกันของข้อมูล โดยโมดูลหลักที่ต้องการ ได้แก่ การสมัครสมาชิก การเข้าสู่ระบบ การจัดการข้อมูลพื้นฐาน การตรวจสอบและประเมินบทความวิจัย การเลือกผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อประเมินบทความวิจัยโดยบรรณาธิการ การตรวจสอบและประเมินบทความวิจัยโดยผู้ทรงคุณวุฒิ และการตรวจสอบสถานะบทความวิจัย จากนั้นจึงวิเคราะห์และออกแบบระบบด้วยแผนภาพยูสเคส พัฒนาระบบด้วย PHP และใช้ MySQL เป็นฐานข้อมูล สำหรับส่วนของการประเมินประสิทธิภาพจะทำการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ที่เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมซอฟท์แวร์เป็นผู้ประเมิน โดยผลการประเมินประสิทธิภาพโดยรวมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x}$ = 4.67, S.D. = 0.51)

คำสำคัญ: *วารสารวิจัย, ระบบสารสนเทศ, การพัฒนาระบบสารสนเทศ*

Abstract

The purpose of this research was 1) to study the user requirement of the research journals management system, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage 2) to develop the research journals management system, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, and 3) to evaluate the efficiency of the research journals management system, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage. The research methodology was research and development using system development life cycle as a research method. For the system requirement, document analysis and in-depth interview were used as a research method. Both result used for triangulation for the accuracy data. From this step, the important module was registration, login, basic data management, research paper evaluation by editor, reviewer selection, research paper evaluation by reviewer, and research paper status. After that, the system development used PHP for coding and MySQL for the database. The research method could be divided into two steps: the qualitative method and

research and development method. For the evaluation of the performance, it is evaluated by 5 experts who expert in software engineering. The overall performance evaluation is very good. ($\bar{x}$ = 4.67, S.D. = 0.51).

Keywords: *research journal, information system, information system development*

บทนำ

ในปัจจุบัน Thailand 4.0 มีการพัฒนาวิทยาการ นวัตกรรม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมถึงการวิจัยที่สามารถนำไปศึกษาพัฒนาต่อยอดในกลุ่มเทคโนโลยี การศึกษา และอุตสาหกรรม มีการมุ่งเน้นด้านโอกาสทางการศึกษาที่มีคุณภาพดี ที่สามารถดัดแปลงทำให้เกิดสร้างความคิดสร้างสรรค์ผ่านทางบทความวิจัยหรืองานวิจัย อีกทั้งยังเป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนข้อมูลความรู้ที่นำไปพัฒนาต่อยอดและใช้เป็นบทความอ้างอิงในหลายๆงานวิจัย เพื่อให้ข้อมูลมีน้ำหนักและความน่าเชื่อถือมากขึ้น[1] จึงนำไปสู่การศึกษาไทยในยุคสมัย 4.0 การจัดการศึกษาเพื่อตอบสนองความต้องการของเทคโนโลยีโดยผสมผสานหลักการความคิดใหม่ ๆ เพื่อพัฒนานวัตกรรม[2] สอดคล้องกับพันธกิจของมหาวิทยาลัยทั้งภาครัฐและเอกชนที่ต้องการพัฒนางานวิจัยและนวัตกรรมเพื่อการแก้ปัญหาของท้องถิ่น และเป็นต้นแบบที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพชีวิต

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ มีการสนับสนุนในด้านการพัฒนางานวิจัยและนวัตกรรม เพื่อเป็นสื่อกลางในการเผยแพร่บทความทางวิชาการและงานวิจัยของบุคคลภายนอกและภายในมหาวิทยาลัย ส่งเสริมความร่วมมือในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ความรู้ ประสบการณ์ในด้านวิชาการระหว่างสถาบัน แต่ในปัจจุบันทางคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ยังไม่มีระบบสารสนเทศสำหรับนักวิจัยที่ต้องการส่งบทความวิจัยเข้ามาให้กับกองบรรณาธิการและผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบและประเมินคุณภาพของบทความวิจัย บทความที่ผ่านการเกณฑ์ประเมินจะได้เผยแพร่ลงบนเว็บไซต์และตีพิมพ์เป็นวารสาร สามารถเข้ารับรองคุณภาพของฐานข้อมูล TCI : Thai-Journal Citation Index Centre (ศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย) การส่งบทความของนักวิจัยให้ทางกองบรรณาธิการ และการส่งบทความวิจัยเพื่อให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณานั้นจะดำเนินการผ่านทางอีเมล์เท่านั้น ซึ่งไม่เป็นไปตามเกณฑ์ของ TCI อีกทั้งยังก่อให้เกิดปัญหาการตกหล่นของบทความ ทำให้เกิดการตีพิมพ์ที่ล่าช้า

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า แม้จะมีการพัฒนาระบบการจัดการวารสารออนไลน์ขึ้นมาแล้วบ้าง แต่ที่พบคือจะเน้นในเรื่องของการส่งบทความวิจัยของนักวิจัย การกำหนดผู้ทรงคุณวุฒิที่เป็นผู้อ่านและแจ้งผลตอบรับผ่านทางระบบโดยบรรณาธิการ แต่โมดูลที่สำคัญอย่างหนึ่งคือเมื่อนักวิจัยส่งบทความเข้ามาแล้ว ควรจะถูกพิจารณาโดยเบื้องต้นจากทางบรรณาธิการก่อนตรงตามวัตถุประสงค์ของวารสารวิจัยหรือไม่ หรือเป็นศาสตร์ที่ตรงกับวารสารหรือไม่ จากนั้นจึงปฏิเสธหรือส่งให้ผู้คุณวุฒิอ่าน โดยจะต้องทำงานผ่านทางระบบทั้งหมด เพื่อจะได้เห็นกระบวนการทำงานในภาพรวม และเห็นขั้นตอนการพิจารณาบทความได้อย่างชัดเจน [3][4]

จากปัญหาดังกล่าวผู้จัดทำจึงได้เล็งเห็นปัญหาของทางคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่ต้องการระบบเพื่อจัดการบทความของนักวิจัยที่ส่งเข้ามาประเมินและตรวจสอบบทความวิจัยกับกองบรรณาธิการและผู้ทรงคุณวุฒิ จึงพัฒนาระบบการจัดการวารสารวิจัยขึ้นเพื่อให้ทางนักวิจัยและคณะวิทยาศาสตร์ได้ใช้ประโยชน์และมีการทำงานที่รวดเร็ว ง่ายต่อการตรวจสอบประเมินบทความและมีการดำเนินงานที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

วิธีการดำเนินการวิจัย

เป็นการวิจัยและพัฒนา (research and development) โดยใช้แนวทางตามแนวของวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) โดยจะมีขั้นตอนในการศึกษา ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เป็นศึกษาความต้องการของผู้ใช้งาน ใช้การวิจัยเชิงคุณภาพภายใต้กระบวนทัศน์การวิจัยแบบตีความ (Interpretivist Paradigm) โดยใช้วิธีการวิจัยแบบกรณีศึกษา (case study research) ทำการเก็บข้อมูลด้วยการวิเคราะห์เอกสาร และการสัมภาษณ์เชิงลึกจากผู้ที่เกี่ยวข้องกับระบบ โดยจะสอบถามถึงความต้องการและขั้นตอนในการทำงานของระบบการจัดการวารสารวิจัยการเวก ซึ่งการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีนี้ทำให้ได้ข้อมูลจากหลายๆทางเพื่อนำมาวิเคราะห์สามเส้า (triangulation) เพื่อทวนข้อมูล 2 ส่วน ให้มีความสอดคล้องกันและถูกต้องมากยิ่งขึ้น โดยมีรายละเอียดในการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1) วิเคราะห์เอกสารที่เกี่ยวข้องกับระบบการจัดการสารวิจัยการเสก

2) ในการสัมภาษณ์เชิงลึก ผู้ให้ข้อมูลหลัก (key Informants) ที่ใช้ในการศึกษาคือ ผู้ที่เกี่ยวข้องกับระบบ โดยการสัมภาษณ์จากผู้ที่รับผิดชอบในการบริหารจัดการเกี่ยวกับด้านวารสารวิจัย ได้แก่ รองคณบดีฝ่ายวิชาการซึ่งเป็นผู้กำกับดูแลงานวารสารวิจัย และอาจารย์ในคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 5 คน

3) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวมรวมข้อมูล คือ แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง และใช้การวิจัยแบบกรณีศึกษา (case study Research) ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มผู้ต้องการระบบ

4) วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยจะจัดทำบันทึกภาคสนาม (field note) จากการสัมภาษณ์และการสังเกต พร้อมทั้งจัดทำรายละเอียดจากการเก็บข้อมูล (transcripts) และใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis) เพื่อตอบคำถามในการวิจัย

ซึ่งการดำเนินการในขั้นตอนนี้จะทำให้ได้ความต้องการและขั้นตอนในการทำงาน และความต้องการของระบบเบื้องต้น

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ (system analysis and design) เป็นการวิเคราะห์ถึงองค์ประกอบและกระบวนการต่าง ๆ ในการทำงานของระบบ โดยการวิเคราะห์แบบเชิงวัตถุ (Object Oriented Analysis and Design) ซึ่งใช้แผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram) เป็นเครื่องมือ และการออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบ

ขั้นตอนที่ 3 การพัฒนาระบบ (system development) โดยใช้ภาษา PHP ในการพัฒนา และใช้ MySQL เป็นฐานข้อมูลในการทำงาน ให้เป็นไปตามที่ได้วิเคราะห์และออกแบบระบบไว้ ในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน (web application)

ขั้นตอนที่ 4 การทดสอบและแก้ไขระบบ (testing) ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบระบบควบคู่ไปกับการพัฒนาระบบ ทดสอบทีละโมดูลจนถูกต้องทั้งหมด และทำการทดสอบรวมทั้งระบบรวมอีกครั้ง เพื่อให้ระบบที่ตรงตามความต้องการและสามารถทำงานได้ตามที่วิเคราะห์และออกแบบไว้

ขั้นตอนที่ 5 ประเมินประสิทธิภาพระบบ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมซอฟต์แวร์ ด้วยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) ซึ่งได้แก่ นักพัฒนาระบบในบริษัทเอกชนขนาดใหญ่ จำนวน 3 คน และอาจารย์มหาวิทยาลัยที่มีความเชี่ยวชาญ จำนวน 2 คน รวมเป็น 5 คน โดยใช้แบบประเมินประสิทธิภาพระบบตามทฤษฎี Black Box Testing ทั้ง 5 ด้าน ซึ่งได้แก่ ด้านความสามารถของระบบ (Function Requirement test) ด้านความถูกต้องและการทำงานของระบบ (Function Test) ด้านความสะดวกและความง่ายต่อการใช้งาน (Usability Testing) ด้านสมรรถนะในการทำงานของระบบ (Performance Testing) และด้านความปลอดภัยของระบบ (Security Test)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาข้อมูลความต้องการของระบบ ด้วยการวิเคราะห์เอกสารและการสัมภาษณ์เชิงลึกนั้น สามารถวิเคราะห์ออกมาเป็นประเด็นต่างๆ ได้ดังนี้

1) เกณฑ์ในการพิจารณาวารสารให้อยู่ในฐาน TCI กลุ่ม 1 มีดังนี้

1.1) เกณฑ์หลัก เป็นเกณฑ์ที่ไม่คิดเป็นคะแนน แต่วารสารกลุ่ม 1 ต้องผ่านเกณฑ์หลักนี้ทุกข้อ

1.1 1) วารสารต้องออกตรงตามเวลาที่กำหนด

1.1.2) วารสารมีเลขมาตรฐานสากลประจำวารสาร (ISSN) ที่จดทะเบียนถูกต้องตามหลักสากล

1.1.3) วารสารต้องมีเว็บไซต์ที่มีข้อมูลครบถ้วน

1.1.4) บทความมีรูปแบบการตีพิมพ์ที่ได้มาตรฐาน

1.2) เกณฑ์รอง เป็นเกณฑ์ที่คิดเป็นคะแนน โดยมีคะแนนเต็ม 20 คะแนน

1.2.1) วารสารต้องมี citation ที่ตรวจสอบได้จากฐานข้อมูล TCI

1.2.2) วารสารต้องมีกองบรรณาธิการเป็นผู้ทรงคุณวุฒิมาจากหลากหลายหน่วยงาน

1.2.3) วารสารต้องตีพิมพ์บทความที่มีผู้นิพนธ์มาจากหลากหลายหน่วยงานทั้งภายในและภายนอก

1.2.4) วารสารมีรูปแบบการอ้างอิงที่ถูกต้องตามมาตรฐาน

1.2.5) วารสารมีกระบวนการประเมินคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิก่อนตีพิมพ์

1.2.6) วารสารต้องมีระบบการจัดการวารสารแบบออนไลน์

1.2.7) คุณภาพของบทความในวารสาร

1.2.8) เกณฑ์คุณภาพอื่นๆ

2) ความจำเป็นของระบบการจัดการวารสารวิจัยการเวก

จากเกณฑ์การพิจารณาวารสารให้อยู่ในฐาน TCI กลุ่ม 1 เกณฑ์ข้อหนึ่งที่สำคัญ คือ วารสารต้องมีระบบการจัดการวารสารแบบออนไลน์ โดยจะต้องหลักฐานการส่งบทความ (submission) การพิจารณาบทความ (review) และการตัดสินใจของบรรณาธิการ (editor decision) ดังนั้นจึงเป็นเงื่อนไขหลักของระบบที่จะต้องดำเนินการตามนี้ได้

2. ผลการวิเคราะห์และออกแบบระบบ เป็นการศึกษาการดำเนินงานจากขั้นตอนที่ 1 และนำมาประยุกต์เข้ากับระบบสารสนเทศ เพื่อจะช่วยให้การจัดการวารสารวิจัยมีประสิทธิภาพในการทำงานมากยิ่งขึ้นการศึกษาปัญหาและความต้องการของระบบพบว่า มีการสนับสนุนการเรียนการศึกษางานวิจัยต่างๆอย่างเด่นชัด น่าสนใจ แต่ขาดระบบที่ไว้ใช้รองรับให้กับบุคคลภายนอกและภายในมหาวิทยาลัยที่สนใจส่งบทความวิจัยเข้ามาประเมินกับทางคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ผลการวิเคราะห์ระบบจึงแบ่งผู้ใช้งานออกเป็น 4 ส่วน ซึ่งประกอบด้วยโมดูลในการทำงานหลัก ดังนี้

1.1) ผู้ดูแลระบบ (Administration) คือ ผู้ที่ดูแลข้อมูลพื้นฐานต่างๆ ที่อยู่ในระบบ มีหน้าที่ในการเพิ่ม แก้ไข และลบข้อมูลให้มีความถูกต้องและทันสมัยอยู่ตลอดเวลา

1.2) นักวิจัย (Researcher) คือ ผู้รับบริการข้อมูลและสารสนเทศทั่วไปเกี่ยวกับการส่งบทความวิจัยเข้ามาประเมิน จะมีช่วงเวลาแบ่งออกชัดเจนและนักวิจัยสามารถติดตามได้ผ่านทางเว็บไซต์

1.3) ผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review) คือ ผู้ที่รับการประเมินบทความของนักวิจัย หลังจากที่กองบรรณาธิการตรวจสอบมาเรียบร้อยแล้ว

1.4) กองบรรณาธิการ (Editorial) คือ ผู้ที่คอยคัดแยกบทความก่อนจะทำการประเมินเบื้องต้น และส่งไปยังผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อทำการประเมินเชิงลึก

โดยในแต่ละผู้ใช้งาน มีขอบเขตการทำงาน ดังนี้

1) ผู้ดูแลระบบ (เจ้าหน้าที่ดูแลงานวารสาร)

1.1) เข้าสู่ระบบด้วยชื่อผู้ใช้ (Username) และรหัสผ่าน (Password)

1.2) กำหนดสิทธิ์ของกลุ่มผู้ใช้งานต่าง ๆ ดังนี้

1.2.1) กองบรรณาธิการ

1.2.2) ผู้ทรงคุณวุฒิ

1.3) จัดการข้อมูลต่างๆ ดังนี้

1.3.1) ข้อมูลของกองบรรณาธิการ

1.3.2) ข้อมูลของผู้ทรงคุณวุฒิ

1.3.3) ข้อมูลบทความวิจัย

1.4) ตรวจสอบข้อมูลต่างๆ ดังนี้

1.4.1) ตรวจสอบสถานะบทความวิจัย

1.4.2) ตรวจสอบการชำระเงิน

1.5) พิมพ์รายงานต่างๆ ดังนี้

1.5.1) รายงานสถานะบทความวิจัย

1.5.2) รายงานการชำระเงิน

2) กองบรรณาธิการ (Editorial)

2.1) เข้าสู่ระบบด้วยชื่อผู้ใช้ (Username) และรหัสผ่าน (Password)

2.2) ตรวจสอบและประเมินบทความวิจัย โดยเบื้องต้น

2.3) เลือกผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อทำการประเมินบทความวิจัย

2.4) พิมพ์รายงานผลการประเมินบทความวิจัย

3) ผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review)

3.1) เข้าสู่ระบบด้วยชื่อผู้ใช้ (Username) และรหัสผ่าน (Password)

3.2) ตรวจสอบและประเมินบทความวิจัย ดังนี้

3.2.1) ผ่านเกณฑ์การประเมิน

3.2.2) ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน

3.3) พิมพ์รายงานผลการประเมินบทความวิจัย

4) นักวิจัย (Researcher)

4.1) สมัครสมาชิก (Register)

4.2) เข้าสู่ระบบด้วยชื่อผู้ใช้ (Username) และรหัสผ่าน (Password)

4.3) จัดการข้อมูลผู้ใช้งาน

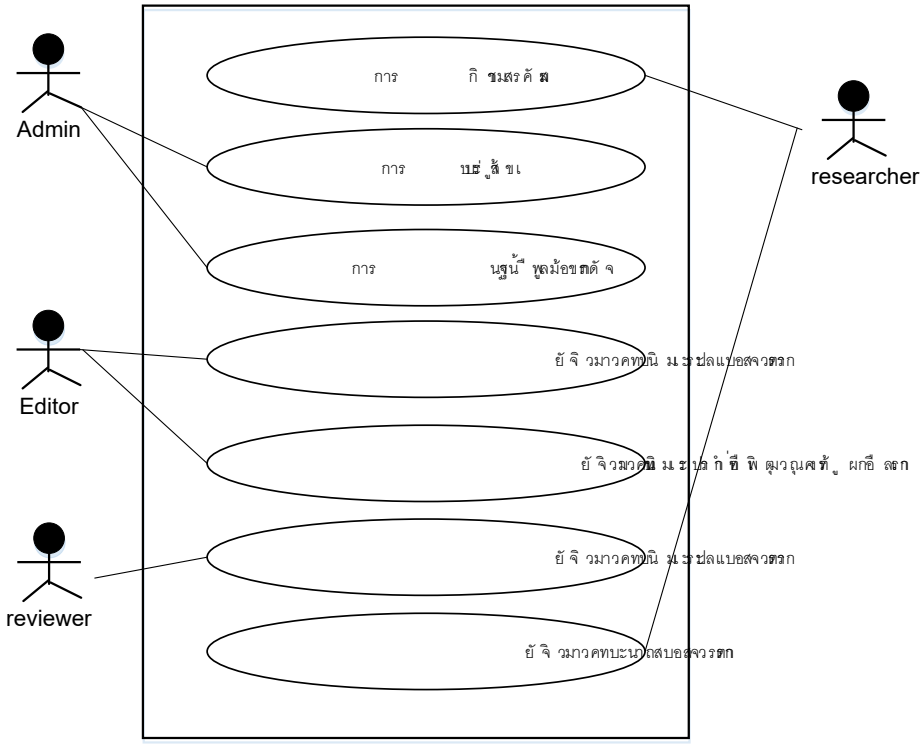
4.4) ส่งบทความวิจัย

4.5) แจ้งการชำระเงิน

4.6) ตรวจสอบสถานะบทความวิจัย

4.7) พิมพ์รายงานผลการประเมินบทความวิจัย

ซึ่งการวิเคราะห์และออกแบบระบบแบบเชิงวัตถุ (Object Oriented Analysis and Design) ซึ่งใช้แผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram) ดังภาพที่ 1



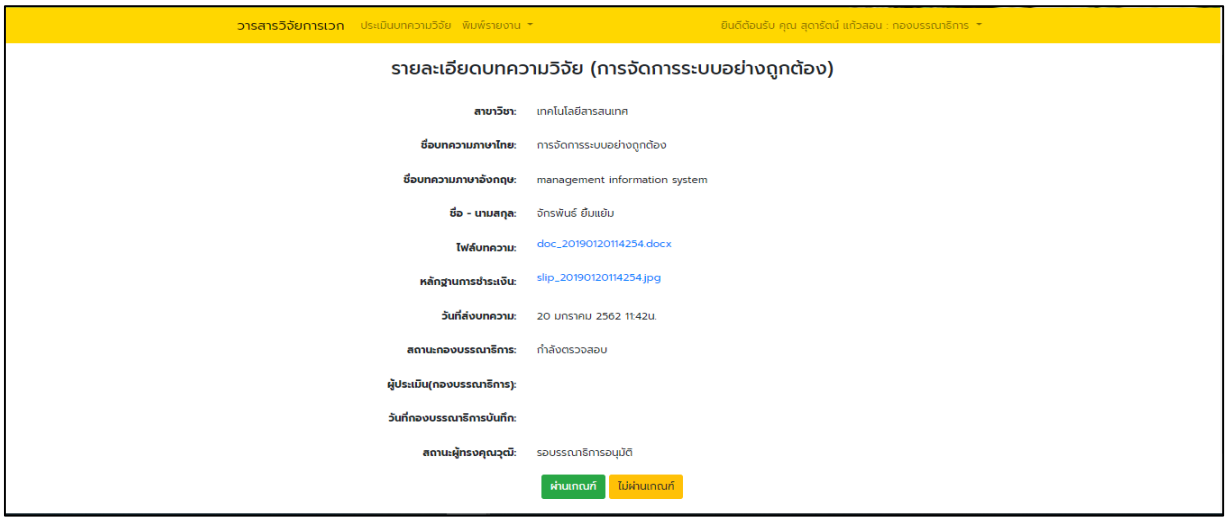
ภาพที่ 1 แผนภาพกระแสข้อมูลระบบการจัดการวารสารวิจัยการเวก

3. ผลการพัฒนาระบบ ระบบการจัดการวารสารการเวก พัฒนาขึ้นโดยใช้ภาษา PHP ในการเขียนโปรแกรม และใช้ฐานข้อมูล MySQL ในการจัดเก็บข้อมูล รองรับการทำงานจากผู้ใช้งานทั้ง 4 ส่วน คือ ผู้ดูแลระบบ (Administration) ผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review) กองบรรณาธิการ (Editorial) และผู้ใช้งาน (User) ซึ่งได้แก่นักวิจัยภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย ตัวอย่างหน้าจอการตรวจสอบบทความของผู้ดูแลระบบ ซึ่งสามารถดูรายละเอียดของ สาขาวิชาที่ส่ง ชื่อผู้ส่ง ชื่อบทความทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ วันที่ส่งบทความ สถานะกองบรรณาธิการ และสถานะผู้ทรงคุณวุฒิ แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ตัวอย่างหน้าจอการตรวจสอบบทความของผู้ดูแลระบบ

ตัวอย่างหน้าจอการตรวจสอบบทความของกองบรรณาธิการ ซึ่งจะเห็นรายละเอียดของบทความเพื่อพิจารณารับหรือปฏิเสธบทความ โดยสามารถที่จะคลิกเปิดอ่านไฟล์ที่นักวิจัยส่งเข้ามาเพื่อพิจารณาได้ และสามารถตรวจสอบหลักฐานการชำระเงินก่อนที่จะส่งให้ผู้ผู้ทรงคุณวุฒิอ่าน แสดงดังภาพที่ 3



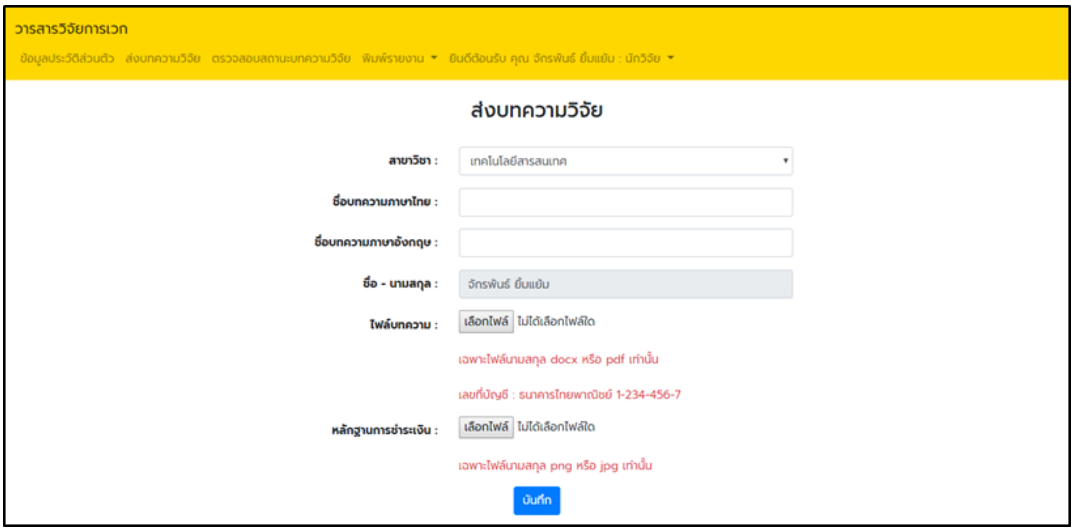
ภาพที่ 3 ตัวอย่างหน้าจอการตรวจสอบบทความของกองบรรณาธิการ

ตัวอย่างหน้าจอการพิจารณาบทความของผู้ทรงคุณวุฒิ จะสามารถเห็นบทความที่ทางกองบรรณาธิการพิจารณาโดยเบื้องต้นและส่งให้พิจารณาได้ โดยจะเห็นเฉพาะบทความที่ถูกส่งให้ตนเองเท่านั้น เมื่อคลิดเข้าไปอ่านจะมีแบบฟอร์มการประเมินบทความ และสามารถส่งผลการประเมินได้ผ่านทางระบบ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ตัวอย่างหน้าจอการพิจารณาบทความของผู้ทรงคุณวุฒิ

ตัวอย่างหน้าจอการส่งบทความวิจัยของนักวิจัย สำหรับส่งบทความเข้าสู่ระบบ และรอการพิจารณาจากกองบรรณาธิการ ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ตัวอย่างหน้าจอการส่งบทความวิจัยของนักวิจัย

3. การประเมินประสิทธิภาพของระบบการจัดการวารสารวิจัยการเวก

3.1 แบบประเมินประสิทธิภาพ ได้ประยุกต์จากแบบประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบแบบ Black Box โดยเลือกการประเมินเพื่อทดสอบความถูกต้องในการทำงานของระบบในภาพรวม (Functional Testing) การประเมินเพื่อทดสอบความยากง่ายในการใช้งาน (Usability Testing) และการประเมินเพื่อทดสอบด้านสมรรถนะในการทำงานของระบบ (Performance Testing) [6-8]

3.2 การประเมินประสิทธิภาพระบบการจัดการวารสารวิจัยการเวก คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ใช้การวัดแบบมาตรวัดลิเคิร์ท (Likert Scale) จากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 คน โดยใช้วิธีการคัดเลือกแบบเจาะจง ใช้กระบวนการทางสถิติวิเคราะห์และแปลผลโดยใช้ค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) [9] ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพโดยรวมจากผู้เชี่ยวชาญ

การประเมิน	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับประสิทธิภาพ
1.การประเมินเพื่อทดสอบความถูกต้องในการทำงานของระบบในภาพรวม (Functional Testing)	4.60	0.55	ดีมาก
2.การประเมินเพื่อทดสอบความยากง่ายในการใช้งาน (Usability Testing)	4.60	0.55	ดีมาก
3.การประเมินเพื่อทดสอบด้านสมรรถนะในการทำงานของระบบ (Performance Testing)	4.80	0.45	ดีมาก
เฉลี่ย	4.67	0.51	ดีมาก

ผลการประเมินในภาพรวมพบว่าอยู่ในเกณฑ์ดีมาก ซึ่งเมื่อเทียบเคียงเป็นรายด้านก็ยังคงพบว่าอยู่ในดีมากเช่นกัน จึงหมายความว่าการทำงานของระบบการจัดการวารสารวิจัยการเวกมีประสิทธิภาพที่ดีมาก เหมาะในการนำไปใช้งาน

สรุป

ในการศึกษาเรื่องของระบบการจัดการวารสารวิจัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) โดยใช้แนวทางตามแนวของวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) โดยศึกษาความต้องการของผู้ใช้งาน ด้วยการวิเคราะห์เอกสารและการสัมภาษณ์เชิงลึก เพื่อทราบถึงความต้องการที่แท้จริงของผู้ใช้งานระบบ และขั้นตอนของการทำงานระบบงานที่จะพัฒนาขึ้นมา จากนั้นจึงมาวิเคราะห์ออกแบบ และพัฒนาระบบโดยภาษา PHP และใช้โปรแกรม MySQL เป็นฐานข้อมูล ซึ่งโมดูลหลักในการทำงาน ได้แก่ การสมัครสมาชิก การเข้าสู่ระบบ การจัดการข้อมูลพื้นฐาน การตรวจสอบและประเมินบทความวิจัย การเลือกผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อประเมินบทความวิจัย การตรวจสอบและประเมินบทความวิจัย และการตรวจสอบสถานะบทความวิจัย ซึ่งเป็นการพัฒนาพัฒนาที่มีโมดูลการทำงานพื้นฐานสอดคล้องกับงานวิจัยของศิริชัย นามบุรี (2556) [4] และธนากร อุยพานิชย์ และคณะ (2553) [5] แต่ได้เพิ่มการทำงานที่สมบูรณ์ขึ้น นั่นคือ การตรวจสอบและประเมินบทความวิจัยโดยบรรณาธิการ ว่าสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของวารสารหรือไม่ ก่อนจะส่งบทความให้กับผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อพิจารณา เมื่อดำเนินการประเมินประสิทธิภาพของระบบ พบว่าผลการประเมินในภาพรวมพบว่าอยู่ในเกณฑ์ดีมาก ระบบนี้ใช้เวลาในการพัฒนา 3 เดือน ระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม 2562 แต่เนื่องจากระบบนี้เป็นระบบต้นแบบจึงอยู่ในช่วงของการปรับปรุงการทำงานในส่วนนของอัลกอริที่มเพื่อช่วยให้การทำงานสามารถประมวลผลได้รวดเร็วยิ่งขึ้น จากนั้นจะทดสอบใช้งานจริงในช่วงเดือนสิงหาคม 2562 ดังนั้นเพื่อให้ระบบนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นนั้น ควรมีการประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้งานเพื่อนำข้อเสนอแนะที่ได้มาปรับปรุงให้ระบบทำงานได้ดีขึ้น และพร้อมที่จะนำไปใช้งานจริง อันจะก่อให้เกิดประโยชน์กับงานมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. กลวัชร วังสะอาด. ยุทธศาสตร์การปฏิรูปสู่การเป็นไทยแลนด์ 4.0. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น; 2555.
2. กิตติศักดิ์ แสงทอง. การศึกษาไทย 4.0. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น; 2559.
3. โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ (ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม). กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.; 2555.
4. ศิริชัย นามบุรี. ระบบการจัดการวารสารอิเล็กทรอนิกส์ออนไลน์: วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ราชภัฏเพชรบูรณ์สาร ปีที่ 15(1). 125-139; 2556.
5. ธนากร อุยพานิชย์ และคณะ.การพัฒนาระบบจัดการวารสารวิชาการอิเล็กทรอนิกส์ออนไลน์ กรณีศึกษาวารสารสวนสุนันทาวิจัย. กรุงเทพ: สวนสุนันทา; 2553.
5. กมลมาศ วงษ์ใหญ่ และมัชฌกานต์ เผ่าสวัสดิ์. การพัฒนาระบบการจัดการสารสนเทศสหกิจศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์. วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ปีที่ 10 (1). 18-28; 2558.
6. ไพรินทร์ มีศรี และพีรภัทร บุตรโคษา. ระบบสารสนเทศจัดการเอกสารการเงิน กรณีศึกษา ห้างหุ้นส่วนจำกัด อาร์บีเอส เอ็นจิเนียริ่ง. การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 41. วันที่ 8-9 ธันวาคม 2559. (หน้า 183-191). ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์; 2558.

7. อัจจิมา มั่นทน. การพัฒนาสื่อมัลติมีเดียเพื่อการเรียนรู้ เรื่อง การแต่งเครื่องแบบทหาร. วารสารวิจัยและพัฒนา มหาราชภัฏเลย. ปีที่ 11 (ฉบับพิเศษ). 110-117; 2559.
8. อัจจิมา มั่นทน และสมจินต์ บุตระ. การพัฒนาระบบการให้คะแนนและตัดสินกีฬามวยสากลสมัครเล่น.วารสารวิจัยและพัฒนาวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ปีที่ 10(1). 57-69; 2558.

[IT-P20] การออกแบบและพัฒนาระบบการสั่งซื้อเครื่องดื่มล่วงหน้า กรณีศึกษาร้านไอปั่น

A Design and Development of Beverage Preorder System: Case Study I-Pun Shop

สุนี ปัญจะเทวคุปต์ และ อำนวย หยกสินพูนทวี
Sunee Punjataewakupt* and Amnuay Hyoksinphutawee
หลักสูตรวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล์: Sunee@vru.ac.th, amn-hyok@hotmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อการออกแบบระบบการสั่งซื้อเครื่องดื่มล่วงหน้า 2) เพื่อการพัฒนาระบบการสั่งซื้อเครื่องดื่มล่วงหน้า 3) เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ ในระบบได้แบ่งผู้ใช้งานออกเป็น 3 ประเภทคือ เจ้าของร้าน พนักงาน และลูกค้า เจ้าของร้านสามารถจัดการและประมวลผลข้อมูลรวมทั้งการพิมพ์รายงานสรุป พนักงานสามารถจัดการรายการสั่งซื้อเครื่องดื่มได้ ลูกค้าสามารถดูรายละเอียดของเครื่องดื่มและสามารถสั่งซื้อเครื่องดื่มล่วงหน้าได้ ระบบนี้จะช่วยให้เกิดความรวดเร็วและทันสมัยมากยิ่งขึ้นลดข้อผิดพลาดและอำนวยสะดวกต่อผู้ใช้งาน ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบจากผู้ใช้จำนวน 20 คน อยู่ในระดับดีมีค่าเฉลี่ย=4.05 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน=0.73

คำสำคัญ*: *โปรแกรมประยุกต์, การพัฒนาระบบม ระบบการจัดการร้านเครื่องดื่ม, ระบบการสั่งซื้อเครื่องดื่มล่วงหน้า

Abstract

The objectives of this research were: 1) To design for beverage preorder system 2) To develop beverage preorder system 3) To evaluate user satisfaction in using of beverage preorder system. Three types of the user assigned to owner staff and customer. The owner can manage and process data as well as print summary reports. Staff can manage customer order and the customer can check the detail of a beverage and can make beverage preorder. This system would allow faster and more modern, reduced error and facilitated users. The overall user satisfaction of this system from 20 responders was good ($\bar{x}$= 4.05, S.D. = 0.73)

Keywords*: *Application program, System development, Beverage shop management system

บทนำ

ในปัจจุบันการบริโภคเครื่องดื่มประเภทกาแฟ โกโก้ และสมูทตี้ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก ส่งผลให้มีธุรกิจร้านขายเครื่องดื่มเปิดขึ้นเป็นจำนวนมาก โดยทั่วไปลูกค้าที่ต้องการซื้อเครื่องดื่มจะต้องเดินทางไปที่ร้านเพื่อสั่งซื้อเครื่องดื่มและรับเครื่องดื่มด้วยตนเอง เมื่อการแข่งขันเริ่มมีสูงขึ้นจึงมีร้านขายเครื่องดื่มที่ให้บริการรับรายการสั่งซื้อเครื่องดื่มล่วงหน้าเพื่อลดเวลาที่ลูกค้าต้องใช้เวลารอคอยเครื่องดื่มที่ร้าน หรือหากลูกค้าอยู่ไม่ไกลมากทางร้านจะบริการนำเครื่องดื่มไปส่งให้ถึงสถานที่ของลูกค้าและเก็บเงินปลายทาง โดยทั่วไปลูกค้าจะต้องโทรศัพท์มาที่ร้านเพื่อให้พนักงานจดรายการที่ต้องการสั่งซื้อและตกลงนัดหมายวันเวลาและสถานที่รับสินค้า ในปัจจุบันเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และอินเตอร์เน็ตได้เข้ามามีบทบาทในการดำเนินชีวิตมากขึ้นทั้งในด้านการทำงานและการอำนวยสะดวกด้านต่างๆมากขึ้น ผู้วิจัยจึงได้นำแนวคิดนี้มาใช้ประโยชน์ในการออกแบบและพัฒนาระบบการสั่งซื้อเครื่องดื่มล่วงหน้า เพื่อเพิ่มความสะดวกของผู้ซื้อในการเลือกและสั่งซื้อเครื่องดื่มล่วงหน้าผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตและเพิ่มความสะดวกของผู้ขายและเจ้าของร้านในการจัดการข้อมูลการสั่งซื้อเครื่องดื่มล่วงหน้า พิมพ์ใบเสร็จรับเงิน และรายงานสรุปรายได้

ของร้าน เพื่อช่วยลดความผิดพลาดจากการประมวลผลข้อมูล เพิ่มประสิทธิภาพ ก่อให้เกิดความสะดวกและรวดเร็วในการจัดการข้อมูลการสั่งซื้อเครื่องดื่มล่วงหน้าของร้าน โดยผู้วิจัยเลือกศึกษารูปแบบการทำงานจากร้านไอปั่นในการออกแบบและพัฒนาระบบ

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาระบบการสั่งซื้อเครื่องดื่มล่วงหน้า กรณีศึกษาร้านไอปั่นได้นำหลักการแบบ SDLC (System Development Life Cycle) มาใช้ในการพัฒนาระบบตามขั้นตอนการทำงาน ดังนี้

1. การกำหนดปัญหา (Problem recognition)

ขั้นตอนแรกของการวิจัย คือการกำหนดขอบเขตปัญหา จากการศึกษาความเป็นไปได้ของระบบพบว่าระบบงานเดิมของร้านไอปั่นนั้นในการสั่งซื้อเครื่องดื่มล่วงหน้าจะใช้วิธีการโทรศัพท์มาสั่งซื้อหรือมาจดรายการสั่งซื้อล่วงหน้าที่ร้าน ซึ่งยังมีปัญหากระดาษที่จดรายการสั่งซื้อหายหรือการจดรายการสั่งซื้อทางโทรศัพท์เกิดความคลาดเคลื่อนซึ่งเกิดจากการจดของผู้รับโทรศัพท์ รวมทั้งปัญหาความไม่สะดวกต่อการค้นหาข้อมูล การเก็บข้อมูลรายได้จากการขายยังมีความคลาดเคลื่อนของจำนวนเงินและมีผลต่อความถูกต้องของการสรุปรายได้ของร้าน

2. การวิเคราะห์ระบบ (Analysis)

เมื่อศึกษาข้อมูลและเก็บรวบรวมข้อมูลเรียบร้อยแล้วขั้นตอนต่อไปก็จะเป็นขั้นตอนของการวิเคราะห์เพื่อให้ได้ระบบใหม่ที่มีความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานโดยผู้วิจัยได้นำเสนอการจัดเก็บข้อมูลโดยใช้เทคโนโลยีเข้ามาเกี่ยวข้องเพื่อความเป็นระเบียบและง่ายต่อการค้นหาข้อมูล ประหยัดเวลาทรัพยากร และยังทำให้การจัดเก็บข้อมูลมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นโดยการวิเคราะห์ขั้นตอนการดำเนินงานจะแสดงภาพรวมของระบบงาน (Data Flow Diagram : DFD) ดังแสดงในภาพที่ 1

กระบวนการที่ 1.0 จัดการข้อมูล เจ้าของร้านสามารถเพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูลข้อมูลลูกค้า ข้อมูลสินค้า ข้อมูลพนักงานได้

กระบวนการที่ 2.0 จัดการข้อมูลสมาชิก พนักงานและสมาชิกสามารถเพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูลของสมาชิกได้

กระบวนการที่ 3.0 จัดการข้อมูลการสั่งซื้อล่วงหน้า ในกระบวนการนี้ลูกค้าจะเพิ่ม แก้ไข และยกเลิกข้อมูลรายการสั่งซื้อสินค้าล่วงหน้า

กระบวนการที่ 4.0 จัดการข้อมูลการขายในกระบวนการนี้ระบบจะนำข้อมูลการสั่งซื้อล่วงหน้าและข้อมูลการสั่งซื้อจากพนักงานหรือเจ้าของร้านมาจัดการต่อ มีการรับชำระเงินและพิมพ์ใบเสร็จให้กับลูกค้า

กระบวนการที่ 5.0 ข้อมูลการสั่งซื้อเป็นกระบวนการที่พนักงานรับข้อมูลการสั่งซื้อจากลูกค้าที่มาซื้อที่หน้าร้าน

กระบวนการที่ 6.0 พิมพ์รายงานเป็นกระบวนการที่เจ้าของร้านและพนักงานจะสั่งพิมพ์รายงานต่างๆที่เกี่ยวข้องกับตนเองได้แก่รายงานข้อมูลการขายสินค้ารายวัน/รายเดือน/รายปี รายงานข้อมูลสินค้า รายงานข้อมูลการสั่งซื้อสินค้า รายงานข้อมูลการสั่งซื้อสินค้าล่วงหน้า

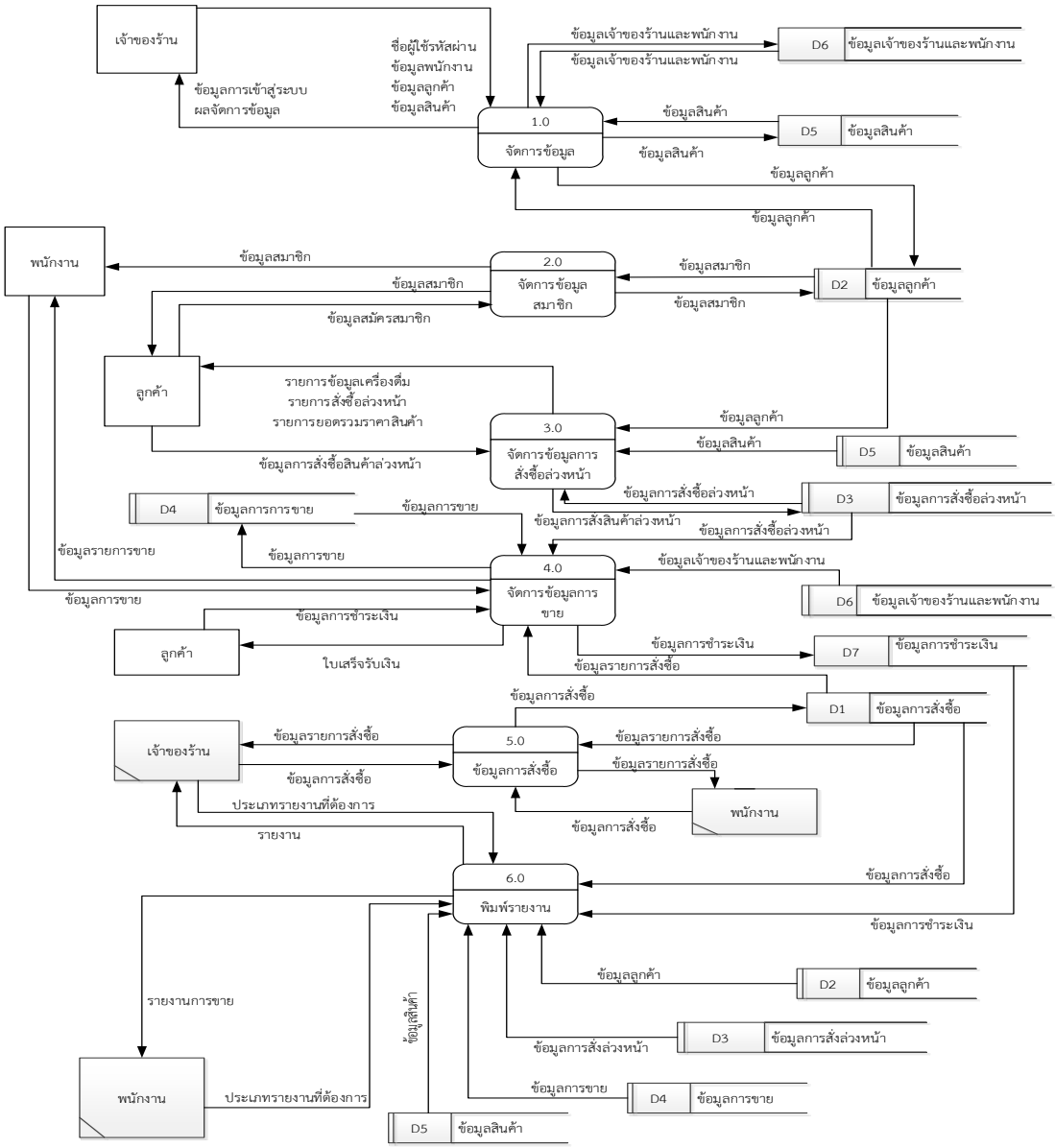
3. การออกแบบระบบ (Design)

ขั้นตอนการออกแบบระบบเป็นขั้นตอนการนำสิ่งที่ผู้วิจัยได้วิเคราะห์มาออกแบบระบบงาน โดยได้ออกแบบระบบในส่วนต่าง ๆ ดังนี้

3.1 การออกแบบหน้าจอสำหรับผู้ใช้งาน

การออกแบบหน้าจอสำหรับผู้ใช้งานนั้นได้แบ่งผู้ใช้งานออกเป็น 3 กลุ่ม คือ เจ้าของร้าน พนักงาน ลูกค้า เจ้าของร้านและพนักงานสามารถเข้าสู่ระบบได้เมื่อเข้าสู่ระบบแล้วเจ้าของร้านและพนักงานสามารถจัดการข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับเครื่องดื่มและสินค้าอื่นๆ รวมทั้งเรียดูและพิมพ์รายงานได้ ส่วนลูกค้าเมื่อเข้าสู่ระบบแล้วสามารถสั่งซื้อสินค้าล่วงหน้าได้

3.1.1 หน้าจอจัดการข้อมูลสำหรับเจ้าของร้าน เป็นหน้าจอสำหรับจัดการข้อมูลรายการสั่งซื้อสินค้า สรุปยอดขาย ข้อมูลลูกค้า ประเภทสินค้า สินค้า ข้อมูลพนักงาน โดยสามารถเพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูลที่ต้องการจัดการได้ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 1 แผนภาพกระแสข้อมูลระดับที่ 1

3.1.2 เป็นหน้าจอสำหรับเพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลสินค้าภายในร้าน ดังภาพที่ 3

3.1.3 หน้าจอสำหรับสมาชิก โดยสมาชิกทำการเลือกสินค้าใส่ในตะกร้าสินค้าเพื่อทำการสั่งซื้อ ดังภาพที่ 4

3.1.4 หน้าจอการขายสินค้า โดยหน้าจอนี้พนักงานและเจ้าของร้านสามารถทำรายการขายสินค้าสำหรับการสั่งซื้อล่วงหน้าและการสั่งซื้อหน้าร้านได้ พร้อมทั้งออกใบเสร็จรับเงิน ดังภาพที่ 5

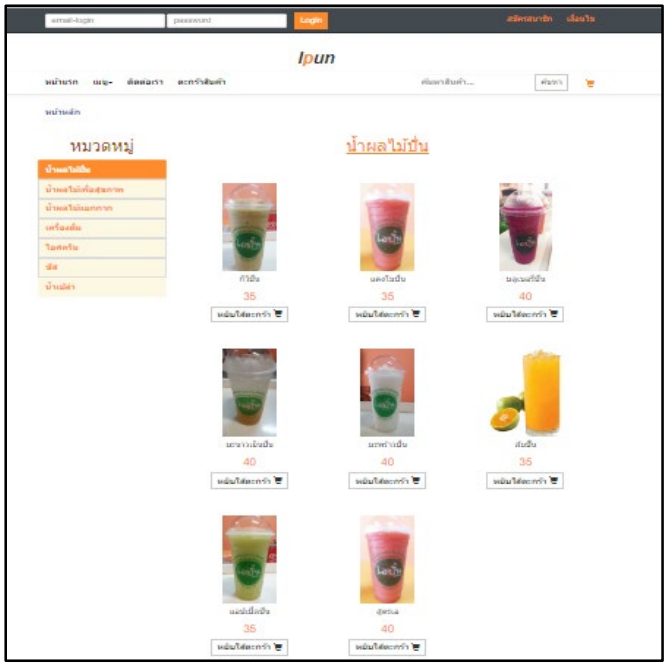
3.1.5 หน้าจอออกรายงาน เป็นหน้าจอที่ใช้ในการสรุปผลการออกรายงานการสั่งซื้อ สรุปการรับสินค้า สรุปการขายสินค้า สรุปยอดเงิน ดังภาพที่ 6



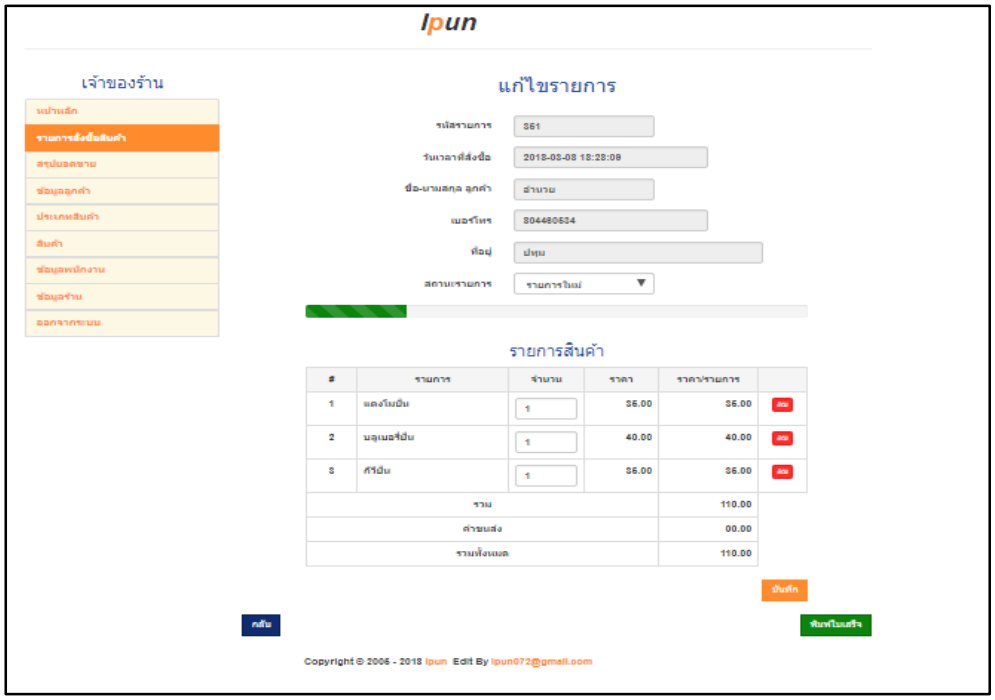
ภาพที่ 2 หน้าจอจัดการข้อมูล



ภาพที่ 3 หน้าจอสำหรับเพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลสินค้า



ภาพที่ 4 หน้าจอจัดการข้อมูลการสั่งซื้อ



ภาพที่ 5 หน้าจอการจัดการขายสินค้า



ภาพที่ 6 หน้าจอการออกรายงาน

3.2 การออกแบบแผนภาพแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล (E-R Diagram) ดังแสดงในภาพที่ 7

4. การพัฒนาระบบ (Construction)

ในการพัฒนาระบบการสั่งซื้อเครื่องดื่มล่วงหน้า กรณีศึกษาร้านไอปั่น ผู้วิจัยได้นำผลจากการวิเคราะห์และออกแบบระบบมาช่วยในการพัฒนาโปรแกรมโดยใช้ภาษาพีเอชพี (PHP) ในการเขียนโปรแกรม ใช้โปรแกรม Adobe Dreamweaver CC2015 มาใช้ในการออกแบบหน้าจอและเขียนโค้ด และใช้โปรแกรม xampp v 3.3.3 ใช้ในการจำลองเซิร์ฟเวอร์และจัดการฐานข้อมูล

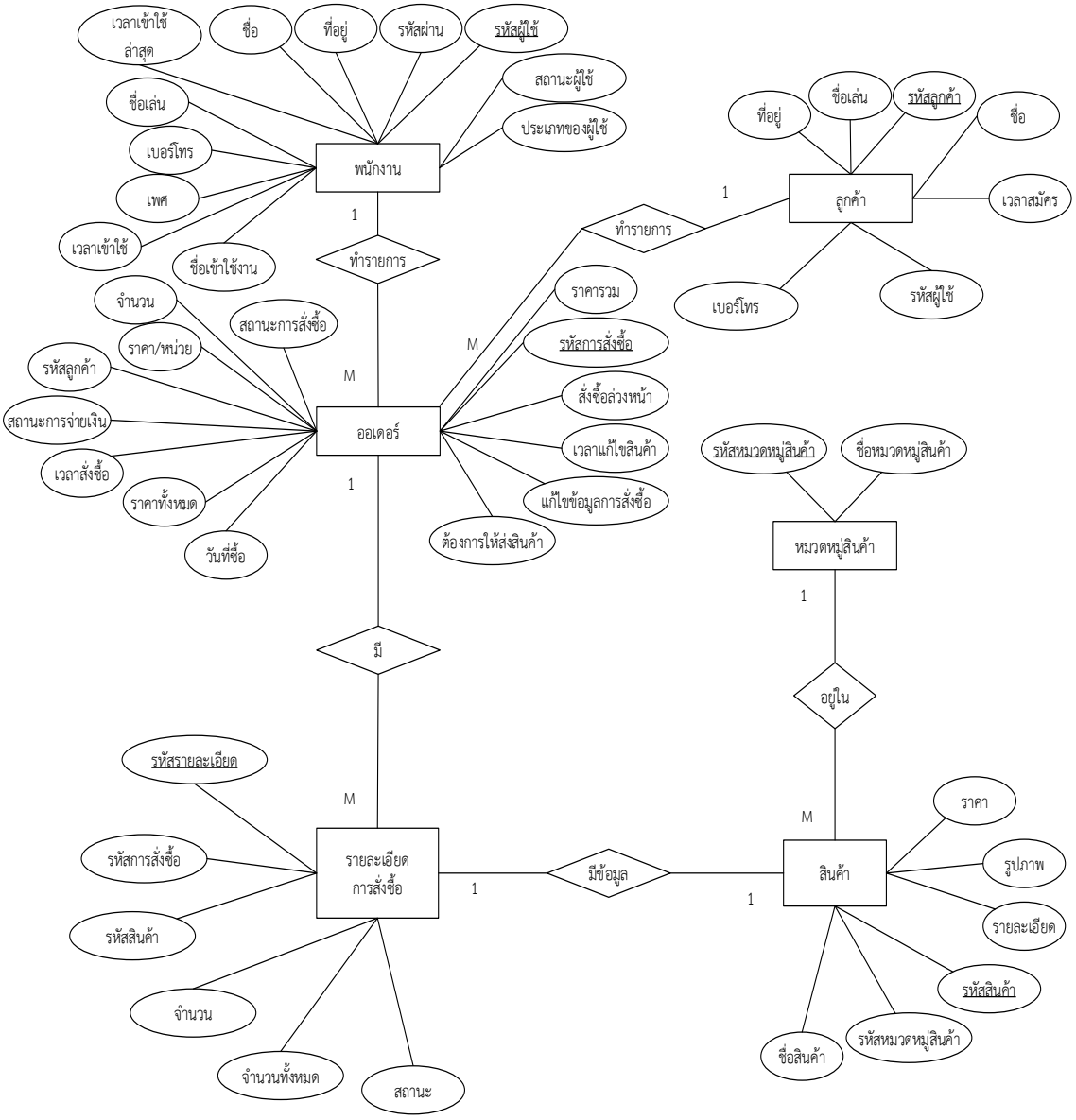
5. การทดสอบระบบ (Testing)

ผู้วิจัยได้ทำการวางแผนในการทดสอบการใช้งานระบบการสั่งซื้อเครื่องดื่มล่วงหน้า กรณีศึกษาร้านไอปั่นเพื่อหาจุดบกพร่อง และได้ปรับปรุงระบบจนเสร็จสมบูรณ์ และได้ให้ผู้ใช้ได้ทดลองใช้งานระบบและได้ใช้แบบประเมินชนิดมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) (2) ตามวิธีของลิเคอร์ท (Likert) ซึ่งแบ่งเป็น 5 ระดับ ดังแสดงในตารางที่1 มาใช้ในการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบโดยจำแนกผู้ใช้เป็น ผู้เชี่ยวชาญคอมพิวเตอร์ เจ้าของร้าน พนักงาน และลูกค้า

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลจากการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้ระบบการสั่งซื้อเครื่องดื่มล่วงหน้า กรณีศึกษาร้านไอปั่น จากการเข้าใช้งานระบบของผู้ใช้งานจำนวน 20 คน จำแนกตามเพศพบว่า เพศชาย 10 คน คิดเป็นร้อยละ 50 เพศหญิง 10 คน คิดเป็นร้อยละ 50 เมื่อจำแนกตามผู้ใช้งานพบว่า เจ้าของร้าน จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 5 พนักงาน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 10 ผู้เชี่ยวชาญ 2 คน คิดเป็นร้อยละ 10 และลูกค้า 15 คน คิดเป็นร้อยละ 75

ผลจากการประเมินความพึงพอใจหลังการทดลองใช้งานระบบพบว่าผู้ใช้งานระบบการสั่งซื้อเครื่องดื่มล่วงหน้า กรณีศึกษาร้านไอปั่น มีความพึงพอใจด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ของระบบส่วนใหญ่อยู่ในระดับดีมาก ร้อยละ 35 ระดับดี ร้อยละ 51 ระดับพอใช้ ร้อยละ 13 และระดับน้อย ร้อยละ 1 ความพึงพอใจด้านการออกแบบอยู่ในระดับดีมาก ร้อยละ 13 ระดับดี ร้อยละ 64 ระดับพอใช้ ร้อยละ 22 และระดับน้อย ร้อยละ 1 ความพึงพอใจด้านการสนับสนุนอยู่ในระดับดีมาก ร้อยละ 15 ระดับดี ร้อยละ 53 ระดับพอใช้ ร้อยละ 29 และ ระดับน้อย ร้อยละ 1 ความพึงพอใจต่อระบบในภาพรวมอยู่ในระดับดีมากร้อยละ 10 และระดับดี ร้อยละ 90 ดังแสดงในตารางที่ 2



ภาพที่ 7 แสดงแผนภาพแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล

ตารางที่ 1 เกณฑ์การสรุปผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบงาน

ระดับเกณฑ์	ความหมาย
4.50 – 5.00	หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด
3.50 – 4.49	หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมาก
2.50 – 3.49	หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง
1.50 – 2.49	หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อย
1.00 – 1.49	หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

ตารางที่ 2 ระดับความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบการสั่งซื้อเครื่องดื่มล่วงหน้า กรณีศึกษาร้านไอปั่น

รายการประเมิน	ร้อยละของผู้ทดสอบจำแนกตามระดับความพึงพอใจ				
	ดีมาก	ดี	พอใช้	น้อย	น้อยมาก
ด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ของระบบ	35	51	13	1	0
ด้านการออกแบบ	13	64	22	1	0
ด้านการสนับสนุนการใช้งาน	15	53	29	3	0
ความพึงพอใจต่อระบบในภาพรวม	10	90	0	0	0

สรุป

การพัฒนาระบบการสั่งซื้อเครื่องดื่มล่วงหน้า กรณีศึกษาร้านไอปั่น เป็นการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้กับงานทางด้านธุรกิจโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการบริหารจัดการข้อมูลภายในร้านโดยผู้วิจัยได้พัฒนาระบบให้อยู่ในรูปแบบของโปรแกรมประยุกต์ ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ประสบความสำเร็จสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้เป็นอย่างดี จะเห็นได้จากผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบ ผู้ใช้งานร้อยละ 86 ประเมินให้ด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ของระบบอยู่ในระดับดีขึ้นไป ผู้ใช้งานร้อยละ68 ประเมินด้านการสนับสนุนการใช้งานในระดับดีขึ้นไป และร้อยละ 100 ประเมินความพึงพอใจต่อภาพรวมของระบบอยู่ในระดับดีขึ้นไป หากต้องการพัฒนาต่อเพื่อให้ระบบมีความสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพมากขึ้น ควรพัฒนาระบบในส่วนที่เกี่ยวกับรายจ่ายของร้าน ได้แก่ เงินเดือนของบุคลากร ต้นทุนของวัตถุดิบและบรรจุภัณฑ์ที่นำมาใช้ในการทำเครื่องดื่มเพื่อให้ข้อมูลรายรับ-รายจ่ายของร้านมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. ชาญชัย ศุภอรรถกร. จัดการฐานข้อมูลด้วย MySQL ฉบับสมบูรณ์. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: รีไวว่า; 2557.
2. บุญชม ศรีสะอาด. การวิจัยเบื้องต้น ฉบับปรับปรุงใหม่. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น; 2556.
3. ลอร์นา มิทเชลล์, เดวีย์ ชาฟิก และแมทธิว เทอร์แลนด์. เขียนโค้ด PHP อย่างมืออาชีพ. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น; 2556.
4. ศุภชัย สมพานิช. พัฒนา web app แบบมืออาชีพด้วย asp.net & ajax + jquery. นนทบุรี: ไอดีซี พรีเมียร์; 2555.
5. สมศักดิ์ โชคชัยชุติกุล. Insight PHP ฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น; 2552.
6. โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ (System Analysis and Design) ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น; 2560.

[IT-P21] การพัฒนาระบบจัดการเอกสารและการเบิกเงินของแรงงานในงานประมงทะเล กรณีศึกษา บ้านเรือโชคชัยสมบูรณ์

Developing Document Management and Money Withdrawal System of Marine Fishery Workers: A Case Study of Ban Rue Chok Chai Somboon

ธนาภรณ์ รอดชีวิต*, อภิษฐา สุนทรธงชัย, และ แพรพลอย ทิมประเสริฐ
Thanaporn Rodcheewit, Apistha Suntontongchai, and Praeploy Timprasert
ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม 38 ถนนเพชรเกษม แขวงบางหว้า เขตภาษีเจริญ กรุงเทพฯ 10160
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: thanaporn.rod1501@gmail.com*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนาระบบจัดการเอกสารและการเบิกเงินของแรงงานในงานประมงทะเล กรณีศึกษา บ้านเรือโชคชัยสมบูรณ์ โดยระบบงานที่พัฒนาขึ้นจะแบ่งผู้ใช้ออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ 1. ผู้ดูแลระบบ มีฟังก์ชันในการบริหารจัดการข้อมูลผู้ใช้งาน และจัดการข้อมูลหลักต่าง ๆ ของระบบ 2. เจ้าของกิจการ มีฟังก์ชันการทำงานจัดการข้อมูลเรือ จัดการข้อมูลลูกจ้าง จัดทำเอกสารแรงงานในงานประมงทะเล จัดการข้อมูลการเบิกเงินของลูกจ้าง และ คำนวณรายได้ของลูกจ้าง 3. ลูกจ้าง มีฟังก์ชันการทำงานจัดการข้อมูลส่วนตัว ดูรายละเอียดการเบิกเงิน และรายได้ของตนเองได้ ซึ่งกระบวนการในการพัฒนาจะใช้หลักการ (Systems Development Life Cycle) หรือ SDLC มาเป็นแนวทางในการวิเคราะห์และพัฒนาระบบงาน โดยระบบงานที่พัฒนาเป็นรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) ใช้กระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์แบบ MVC (Model View Controller) และทำการพัฒนาด้วยภาษา C#, HTML, CSS และ JavaScript ด้วยโปรแกรม Microsoft Visual Studio 2017 บริหารจัดการฐานข้อมูลด้วย Microsoft SQL Server 2015 บริหารจัดการข้อมูลด้วยภาษา SQL โดยผลการดำเนินงานเมื่อให้ผู้ใช้ทดลองใช้งานระบบ พบว่า ระบบสามารถทำงานได้ตามฟังก์ชันการทำงานที่กำหนดไว้ และจากการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบในด้านต่าง ๆ โดยใช้แบบสอบถามจากกลุ่มผู้ใช้ที่เป็นเจ้าของกิจการจำนวน 1 คน ลูกจ้างจำนวน 46 คน และผู้ดูแลระบบ จำนวน 1 คน โดยมีระดับความพึงพอใจคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.22 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.70 โดยความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ: *ระบบจัดการเอกสาร การเบิกเงิน งานประมงทะเล บ้านเรือโชคชัยสมบูรณ์ เว็บแอปพลิเคชัน*

Abstract

The objective of this research was to develop document management and money withdrawal system of marine fishery workers under a case study of Ban Rue Chok Chai Somboon. The developed system contained three main functions, namely: 1. Admin with a function to manage user data and main system data, 2. Business owner with a function to manage ship data, worker data, and marine fishery workers documents, worker withdrawal, and worker wage calculation, and 3. Worker with a function to manage personal data, withdrawal details, and wage. Systems Development Life Cycle (SDLC) was applied as a way to analyze and develop a system through a web application. Model View Controller (MVC) was used in the development process. Besides, C#, HTML, CSS, and JavaScript were applied as a programming language as well as Microsoft Visual Studio 2017. Microsoft SQL Server 2015 and SQL were used to manage data. The developed system was tested with the participants. The results of this study showed that it could perform

well and meet the set requirements. The participants' satisfaction with the efficiency of the system in aspects was evaluated using a questionnaire. The participants consisted of one business owner and 46 workers, and one administrator. The results of evaluating the satisfaction showed that a mean was 4.22 and a standard deviation was 0.70. The overall satisfaction was at a high level.

Keywords: *document management system, money withdrawal, marine fishery, Ban Rue Chok Chai Somboon, web application*

บทนำ

การดำเนินงานกิจการประมงบ้านเรือโชคชัยสมบูรณ์ในปัจจุบันประกอบกิจการเกี่ยวกับการจับสัตว์น้ำจากทะเลซึ่งเป็นทรัพยากรทางธรรมชาติ จึงทำให้ต้องมีการควบคุมจากหน่วยงานของรัฐบาลเพื่อให้เกิดความเป็นระเบียบและเพื่อการทำประมงอย่างยั่งยืน ทางเจ้าของกิจการประมงจึงจำเป็นจะต้องมีการจัดทำเอกสารต่างๆ เกี่ยวกับแรงงานในงานประมงทะเลตามที่กฎหมายกำหนด ไม่ว่าจะเป็นเอกสารสัญญาจ้าง เอกสารแบบจัดเวลาพัก เอกสารทะเบียนลูกจ้าง แบบรายงานตัวลูกจ้าง เอกสารการจ่ายค่าจ้าง ซึ่งเอกสารเหล่านี้มีการเปลี่ยนแปลงอยู่บ่อยครั้ง ตามการเปลี่ยนแปลงของลูกจ้าง และเอกสารเหล่านี้ล้วนมีความจำเป็นสำหรับการส่งให้กับทางหน่วยงานต่างๆ ของรัฐบาล ซึ่งทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงทางเจ้าของกิจการจำเป็นจะต้องจัดทำเอกสารเหล่านั้นใหม่เพื่อนำไปส่งให้กับหน่วยงานต่างๆ ซึ่งในปัจจุบัน พบว่า ใช้วิธีการเขียนด้วยลายมือลงกระดาษทำให้เกิดความซ้ำซ้อนในการทำงานและมีความล่าช้า บางครั้งมีข้อผิดพลาดจากลายมือในการเขียนเอกสาร การเบิกเงินของลูกจ้างจะเขียนลงในกระดาษทุกๆ ครั้งที่มีการเบิกแล้วเก็บเอาไว้ในแฟ้มเอกสาร ซึ่งปัจจุบันมีปริมาณกระดาษเป็นจำนวนมาก และการคำนวณรายได้ของลูกจ้างซึ่งมีความซับซ้อนแตกต่างกับกิจการประเภทอื่น คือจะนับวันทำงานทั้งหมดแล้วนำมาคูณกับ เงินเดือนที่หารด้วย 30 จะได้รายได้ของลูกจ้าง แล้วนำมาหักลบกับเงินที่เบิกไปทั้งหมด จากปัญหาดังกล่าวจึงทำให้ผู้วิจัยมีแนวคิดในการพัฒนาระบบจัดการเอกสารและการเบิกเงินของแรงงานในงานประมงทะเล โดยระบบแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ คือ 1. ส่วนของผู้ดูแลระบบในการบริหารจัดการข้อมูลหลักของระบบ และสร้างรหัสผู้ใช้ให้กับเจ้าของกิจการและลูกจ้าง 2. ส่วนของเจ้าของกิจการ โดยประกอบด้วยฟังก์ชันการทำงานต่อไปนี้ จัดการเอกสารแรงงานในงานประมงทะเล จัดการข้อมูลเรือ จัดการข้อมูลลูกจ้าง จัดการข้อมูลการเบิกเงินของลูกจ้าง และคำนวณรายได้ของลูกจ้าง 3. ส่วนของลูกจ้าง ประกอบด้วยฟังก์ชันการทำงานต่อไปนี้ การจัดการข้อมูลส่วนตัว ดูรายละเอียดการเบิกเงิน และรายได้ของตนเองได้ โดยตัวระบบพัฒนาเป็นเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) ด้วยกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์แบบ MVC (Model View Controller) ด้วยภาษา C#, HTML, CSS และ JavaScript ระบบจัดการฐานข้อมูลด้วยโปรแกรม Microsoft SQL Server 2015 โดยออกแบบเว็บไซต์ให้เป็น Responsive Web Design ซึ่งสามารถนำเสนอข้อมูลที่ตอบสนองการใช้งานบนอุปกรณ์ที่ต่างกันได้ รองรับขนาดหน้าจอของอุปกรณ์ทุกชนิด โดยเว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นนี้จะใช้งานผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตด้วยโปรแกรมเว็บบราวเซอร์ โดยสามารถใช้งานผ่านอุปกรณ์คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ค สมาร์ทโฟน และแท็บเล็ต ซึ่งระบบนี้จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ช่วยลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการจัดพิมพ์เอกสาร ลดขั้นตอนการทำงานที่ซ้ำซ้อนของเจ้าของกิจการ ลดเวลาในการทำงานและโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดของการจัดทำเอกสารการเบิกเงิน และการคำนวณรายได้ เข้าถึงได้ง่าย และลูกจ้างก็สามารถเข้าใช้เว็บแอปพลิเคชันเพื่อดูรายละเอียดการเบิกเงินของตนเองได้สะดวกมากยิ่งขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาระบบจัดการเอกสารและการเบิกเงินของแรงงานในงานประมงทะเล ผู้วิจัยอาศัยหลักวงจรชีวิตของการพัฒนาซอฟต์แวร์ หรือ System Development Life Cycle (SDLC) โดยใช้ Waterfall Model ในการดำเนินงานแต่ละขั้นตอน ทำให้สามารถตรวจสอบการทำงาน มีการทวนซ้ำเพื่อกลับไปตรวจสอบแก้ไขขั้นตอนก่อนหน้าได้ เพื่อช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการ

เปลี่ยนแปลงที่สามารถเกิดขึ้นได้ตลอดทั้งการพัฒนาระบบ [1] ทำให้เกิดความแน่ใจว่าระบบในแต่ละส่วนสามารถทำงานร่วมกันได้ การพัฒนาระบบมีความถูกต้องสมบูรณ์ และตรงตามความต้องการของผู้ใช้งานมากที่สุด โดยมีรายละเอียดขั้นตอน ดังนี้

1. การศึกษาระบบงานปัจจุบันและรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาขั้นตอนการดำเนินงานเดิมและกระบวนการในการดำเนินงานของกิจการประมงบ้านเรือโชคชัยสมบูรณ์ โดยรวบรวมความต้องการของระบบที่กำลังจะพัฒนาจากการสัมภาษณ์เจ้าของกิจการ ลูกจ้าง และเอกสารต่างๆ ที่ใช้ในการดำเนินงาน เช่น เอกสารสัญญาจ้าง เอกสารแบบจัดเวลาพัก เอกสารทะเบียนลูกจ้าง แบบรายงานตัวลูกจ้าง เอกสารการจ่ายค่าจ้าง และการคำนวณรายได้ เพื่อนำมาศึกษากระบวนการดำเนินงานและปัญหาของระบบงานปัจจุบัน รวมถึงการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง รวมถึงเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ ได้แก่

แรงงานในงานประมง [2]

1. การจ้าง ห้ามจ้างผู้ที่มีอายุต่ำกว่า 18 ปีทำงานในเรือประมง

2. เวลาพัก จัดให้ลูกจ้างมีเวลาพักไม่น้อยกว่า 10 ชั่วโมงในระยะเวลาการทำงาน 24 ชั่วโมง และไม่น้อยกว่า 77 ชั่วโมง ในระยะเวลาการทำงาน 7 วัน และจัดทำหลักฐานเวลาพักไว้เพื่อให้พนักงานตรวจแรงงานตรวจสอบในกรณีฉุกเฉินหรือจำเป็นนายจ้างอาจให้ลูกจ้างทำงานในเวลาพักได้โดยต้องจัดให้มีเวลาพักชดเชยโดยเร็ว และให้จัดทำหลักฐานเวลาพักไว้

3. สัญญาจ้าง ให้นายจ้างจัดทำสัญญาจ้างเป็นหนังสือที่มีข้อความถูกต้องตรงกัน (ตามแบบที่อธิบดีประกาศกำหนด) จำนวน 2 ฉบับโดยมอบให้ลูกจ้างเก็บไว้ 1 ฉบับ เพื่อให้พนักงานตรวจแรงงานตรวจสอบ และให้นายจ้างนำลูกจ้างไปรายงานตัวต่อพนักงานตรวจแรงงานปีละหนึ่งครั้ง นับแต่วันทำสัญญาจ้าง

4. ทะเบียนลูกจ้าง กรณีที่นายจ้างมีลูกจ้างตั้งแต่ 10 คนขึ้นไป ให้นายจ้างจัดทำทะเบียนลูกจ้างเป็นภาษาไทย (ตามแบบที่อธิบดีประกาศกำหนด) และเก็บไว้ ณ สถานที่ทำงานของนายจ้างและลูกจ้าง เพื่อให้พนักงานตรวจแรงงานตรวจสอบและให้ส่งสำเนาทะเบียนลูกจ้างให้อธิบดีหรือผู้ซึ่งอธิบดีมอบหมายภายใน 30 วันนับแต่วันเริ่มจ้างลูกจ้างเข้าทำงาน และให้นายจ้างเก็บรักษาทะเบียนลูกจ้างไว้ไม่น้อยกว่า 2 ปีนับแต่วันสิ้นสุดการจ้างลูกจ้างแต่ละราย เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงรายการในทะเบียนลูกจ้าง ให้นายจ้างแก้ไขเพิ่มเติมทะเบียนลูกจ้างให้แล้วเสร็จภายใน 60 วันนับแต่วันที่มีการเปลี่ยนแปลง และแจ้งการเปลี่ยนแปลงให้อธิบดีหรือผู้ซึ่งอธิบดีมอบหมายทราบทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลง

5. การจ่ายค่าจ้าง

5.1 ให้นายจ้างจัดทำเอกสารเกี่ยวกับการจ่ายค่าจ้างและค่าทำงานในวันหยุดเป็นภาษาไทยและเก็บไว้ ณ สถานที่ทำงานของนายจ้างและลูกจ้าง เพื่อให้พนักงานตรวจแรงงานตรวจสอบ และอย่างน้อยต้องมีรายการ ดังต่อไปนี้

5.1.1 ชื่อตัวและชื่อสกุล

5.1.2 ตำแหน่งหน้าที่ในงานประมงทะเล

5.1.3 อัตราและจำนวนค่าจ้างและค่าทำงานในวันหยุดที่นายจ้างตกลงจ่ายให้แก่ลูกจ้าง

เมื่อมีการจ่ายค่าจ้างให้แก่ลูกจ้าง ให้นายจ้างจัดให้ลูกจ้างลงลายมือชื่อในเอกสารไว้เป็นหลักฐาน ในกรณีที่นายจ้างจ่ายค่าจ้างหรือค่าทำงานในวันหยุดให้แก่ลูกจ้าง โดยการโอนเงินเข้าบัญชีเงินฝากในธนาคารพาณิชย์หรือสถาบันการเงินอื่นให้ถือว่าหลักฐานการโอนเงินเข้าบัญชีเงินฝากของลูกจ้างเป็นเอกสารเกี่ยวกับการจ่ายเงินดังกล่าว และให้นายจ้างเก็บรักษาเอกสารการจ่ายค่าจ้างไว้ไม่น้อยกว่า 2 ปี นับแต่วันจ่ายเงิน

5.2 ให้นายจ้างจ่ายค่าจ้างและค่าทำงานในวันหยุดให้ถูกต้องและตามกำหนดเวลา ดังต่อไปนี้

5.2.1 กรณีที่มีการคำนวณค่าจ้างเป็นรายเดือน รายวัน รายชั่วโมงหรือเป็นระยะเวลาอย่างอื่นที่ไม่เกินหนึ่งเดือน ให้จ่ายเดือนหนึ่งไม่น้อยกว่าหนึ่งครั้ง เว้นแต่จะมีการตกลงกันเป็นอย่างอื่นที่เป็นประโยชน์แก่ลูกจ้าง

5.2.2 เงินส่วนแบ่งที่นายจ้างตกลงจ่ายให้แก่ลูกจ้างตามมูลค่าของสัตว์น้ำที่จับได้ให้จ่ายตามกำหนดเวลาที่ตกลงกัน แต่ต้องไม่เกินสามเดือนต่อหนึ่งครั้ง

5.2.3 ค่าทำงานในวันหยุด ให้จ่ายเดือนหนึ่งไม่น้อยกว่าหนึ่งครั้ง

5.3 กรณีที่นายจ้างไม่จ่ายค่าจ้างและค่าทำงานในวันหยุด ให้นายจ้างจ่ายดอกเบี้ยแก่ลูกจ้างในระหว่างผิดนัดร้อยละ 15 ต่อปี ในกรณีที่นายจ้างจงใจผิดนัดไม่จ่ายเงินโดยปราศจากเหตุผลอันสมควรเมื่อพ้นกำหนดเวลา7 วัน นับแต่วันที่ถึงกำหนดจ่าย ให้นายจ้างจ่ายเงินเพิ่มให้แก่ลูกจ้างร้อยละ 15 ของเงินที่ค้างจ่ายทุกระยะเวลา 7 วัน ถ้านายจ้างพร้อมที่จะชำระเงินและได้นำเงินนั้นไปมอบไว้แก่พนักงานตรวจแรงงานแห่งท้องที่ที่ทำสัญญาจ้างหรือที่นายจ้างมีภูมิลำเนาเพื่อจ่ายให้แก่ลูกจ้าง การจ่ายดอกเบี้ยหรือเงินเพิ่มสำหรับเงินจำนวนดังกล่าวให้เป็นอันระงับตั้งแต่วันที่นายจ้างนำเงินนั้นไปมอบไว้กรณีที่ลูกจ้างตกค้างอยู่ในต่างประเทศเนื่องจากการทำงานให้แก่นายจ้าง

5.4 ให้นายจ้างจ่ายเงินให้แก่ลูกจ้างไม่น้อยกว่าร้อยละห้าสิบของอัตราค่าจ้างขั้นต่ำตลอดเวลาที่ลูกจ้างตกค้างอยู่ในต่างประเทศเว้นแต่ในกรณีที่นายจ้างตกลงจ่ายค่าจ้างในอัตราที่สูงกว่า ก็ให้ใช้อัตราค่าจ้างตามข้อตกลงนั้นเป็นฐานในการคำนวณ (มิให้ใช้บังคับ ถ้านายจ้างได้แจ้งเป็นหนังสือต่อหน่วยงานราชการที่รับผิดชอบภายใน 60 วัน นับแต่วันที่ลูกจ้างต้องไปตกค้างอยู่ในต่างประเทศ โดยนายจ้างแสดงเจตนานำลูกจ้างทั้งหมดกลับสถานที่ที่นายจ้างรับลูกจ้างเข้าทำงาน และออกค่าใช้จ่ายในการเดินทางกลับ)

เว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) เป็นการพัฒนาระบบงานบนเว็บ ซึ่งมีข้อดี คือ ข้อมูลต่าง ๆ ในระบบมีการไหลเวียนในแบบ Online ทั้งแบบ Local (ภายในวงLAN) และ Global (ออกไปยังเครือข่ายอินเทอร์เน็ต) ทำให้เหมาะสำหรับงานที่ต้องการข้อมูลแบบ Real Time โดยเว็บแอปพลิเคชันเป็นการเขียนโปรแกรมที่ให้ตอบสนองต่อผู้ใช้มากที่สุด ซึ่งรูปแบบของ Web Application จะอยู่ในรูปแบบของเว็บ คือ สามารถใช้งานได้ทุกหน้าจอที่มีความแตกต่างของขนาดหน้าจอ เพราะสามารถยืดหยุ่นและหดตัวได้ตามสภาพของ UI (ยู ไอ) [3] ทางผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาระบบโดยใช้เทคโนโลยีเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) เพราะสามารถใช้งานระบบผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ด้วยโปรแกรมเว็บบราวเซอร์ ซึ่งไม่ต้องติดตั้งตัวโปรแกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้งาน ทำให้การบริหารจัดการแอปพลิเคชันและข้อมูลทำได้ง่าย ใช้งานได้ทุกอุปกรณ์ที่มีความแตกต่างของขนาดจอ มีความยืดหยุ่น และสามารถใช้งานจากที่ใดก็ได้ที่เชื่อมต่อระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

Model View Controller (MVC) เป็นวิธีการพัฒนาซอฟต์แวร์ซึ่งจะมีการแบ่งส่วนของการพัฒนาชุดคำสั่งอย่างชัดเจน ประกอบด้วย โมงเดล (Model) เป็นส่วนของการจัดการข้อมูล วิว (View) เป็นส่วนของการจัดการส่วนแสดงผล และคอนโทรลเลอร์ (Controller) เป็นส่วนการประมวลผล จะทำการเชื่อมต่อระหว่างโมเดลและวิวเข้าด้วยกัน [4] ทางผู้วิจัยได้ใช้วิธีการพัฒนาซอฟต์แวร์แบบ MVC เพราะสามารถแบ่งส่วนในการพัฒนาได้ง่าย และมีความง่ายในการแก้ไขในภายหลัง

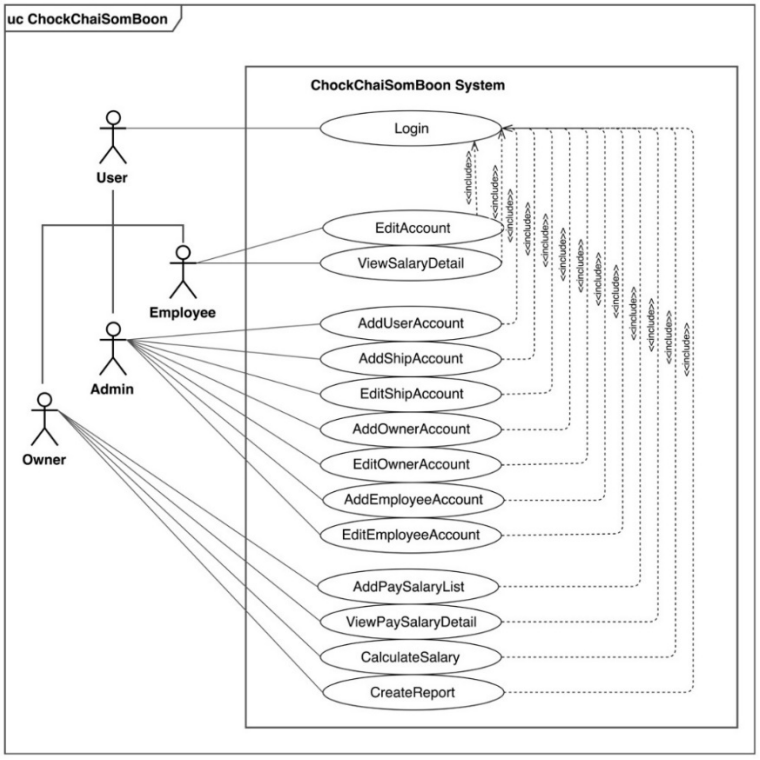
ระบบฐานข้อมูล (Database System) เป็นศูนย์กลางในการจัดเก็บข้อมูลและมีการจัดเก็บข้อมูลที่เป็นระบบ รองการใช้งานร่วมกันของผู้ใช้ (Data Sharing) โดยผู้ใช้สามารถทำการ เพิ่ม แก้ไข ลบ เรียกดูข้อมูลได้ตามสิทธิ์ที่ได้รับ ผู้ใช้สามารถเข้าถึงและดูแลรักษาป้องกันข้อมูลเหล่านี้ได้ด้วยซอฟต์แวร์จัดการฐานข้อมูล หรือ DBMS (Database Management System) ซึ่งทำหน้าช่วยให้ผู้ใช้เข้าถึงข้อมูลได้ง่ายสะดวกและมีประสิทธิภาพ การเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้อาจจะเป็นการสร้างฐานข้อมูล การแก้ไขข้อมูลในฐานข้อมูล หรือการคิวรีข้อมูลในฐานข้อมูล ที่รองรับระบบฐานข้อมูลที่มีสถาปัตยกรรมเป็นฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database) ซึ่งจะมีการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบของตาราง 2 มิติ ประกอบด้วย แถว (Rows) และคอลัมน์ (Column) โดยแต่ละตารางจะมีความสัมพันธ์กันผ่านคีย์หลัก (Primary Key) และคีย์นอก (Foreign Key) [5] สาเหตุที่ใช้สถาปัตยกรรมฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ เนื่องจากมีการบริหารจัดการข้อมูลที่ง่ายและมีซอฟต์แวร์ในการจัดการฐานข้อมูลรองรับเป็นจำนวนมาก โดยผู้วิจัยได้เลือกใช้ Microsoft SQL Server ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์จัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์

กฤษณ์ ศรสุวรรณ และชุติพันธ์ ศรีสวัสดิ์ [6] กล่าวว่า Responsive Web Design คือ การออกแบบเว็บไซต์ในส่วนของ Web Layout ให้สามารถนำเสนอเนื้อหาหรือ Content ที่ตอบสนองการใช้งานบนอุปกรณ์ที่ต่างกันได้ รองรับขนาดหน้าจอของอุปกรณ์ทุกชนิดไม่ว่าจะเป็นคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ Notebook Tablet โทรศัพท์มือถือ Smart Phone ต่างๆ เช่น iPhone, iPad, Samsung ฯลฯ ที่มีมาตรฐานขนาดหน้าจอที่แตกต่างกัน Responsive Web Design เป็นการออกแบบเว็บไซต์ โดยใช้เทคนิคของ CSS, CSS3 และ JavaScript เพื่อให้เว็บสามารถจัดลำดับเรียงข้อมูลบนเว็บไซต์ให้รองรับการแสดงผลผ่านหน้าจอที่มีขนาด

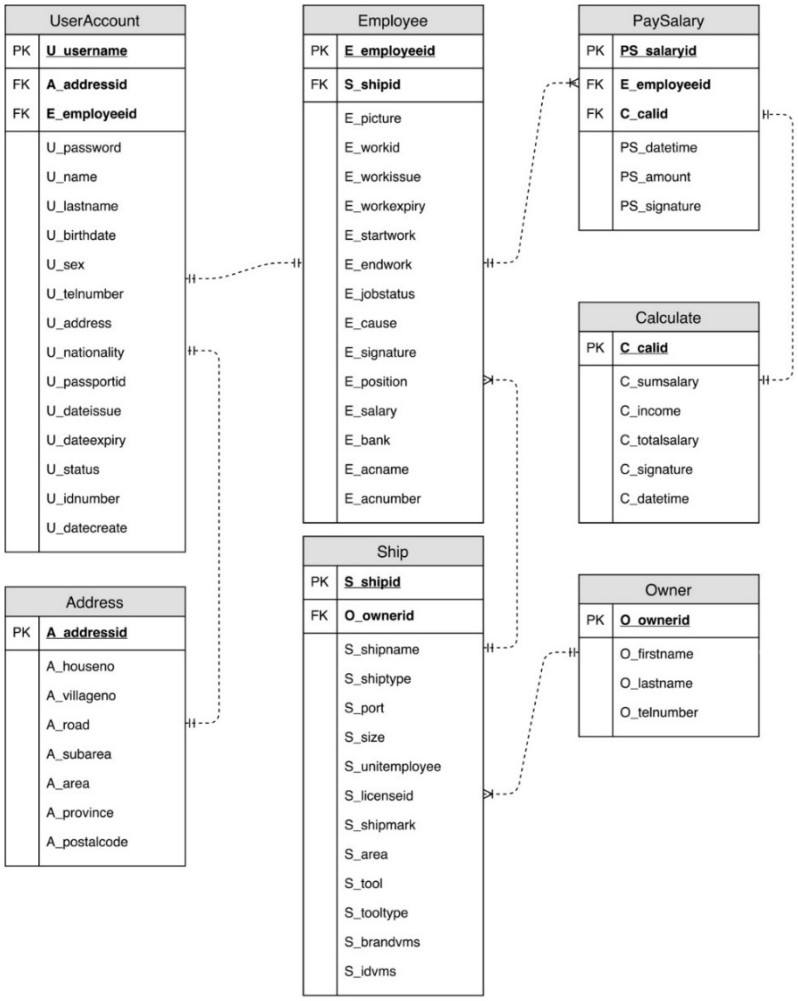
แตกต่างกันได้โดยอันโนมัติ โดยผู้ใช้งานเว็บไซต์สามารถเปิดใช้งานเว็บไซต์ได้ โดยไม่ต้องคำนึงขนาดของหน้าจอหรือชนิดของอุปกรณ์สื่อสาร

2. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูล ได้นำข้อมูลความต้องการที่ได้ มาทำการวิเคราะห์เพื่อให้ได้ความต้องการที่แท้จริง รายละเอียดการทำงานของระบบ โครงสร้างฐานข้อมูล และนำเสนอภาพรวมของระบบต่างๆ โดยในการวิเคราะห์จะนำเสนอด้วย Use Case Diagram เพื่อให้ทราบถึงขอบเขตของระบบโดยรวมและฟังก์ชันการทำงานของระบบ และออกแบบฐานข้อมูลแสดงด้วยแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเอ็นทิตี้ (Entity Relationship Diagram) เพื่อให้ทราบถึงโครงสร้างของข้อมูลที่ใช้ในระบบโดยใช้สถาปัตยกรรมฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database Architecture) ที่จัดเก็บข้อมูลในรูปแบบตาราง 2 มิติ โดยมีฐานข้อมูล 1 ฐานข้อมูลเป็นฐานข้อมูลหลักของระบบ



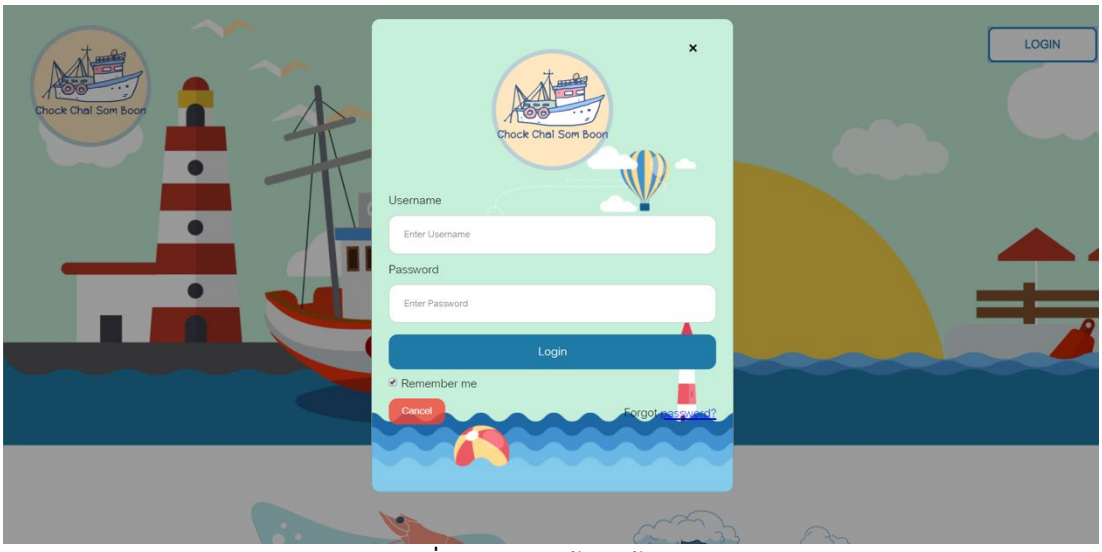
ภาพที่ 1 Use Case Diagram ของระบบจัดการเอกสารและการเบิกเงินของแรงงานในงานประมงทะเล กรณีศึกษา บ้านเรือโชคชัยสมบูรณ์



ภาพที่ 2 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล (Entity Relationship Diagram) ของระบบจัดการเอกสารและการเบิกเงินของแรงงานในงานประมงทะเล กรณีศึกษา บ้านเรือโชคชัยสมบูรณ์

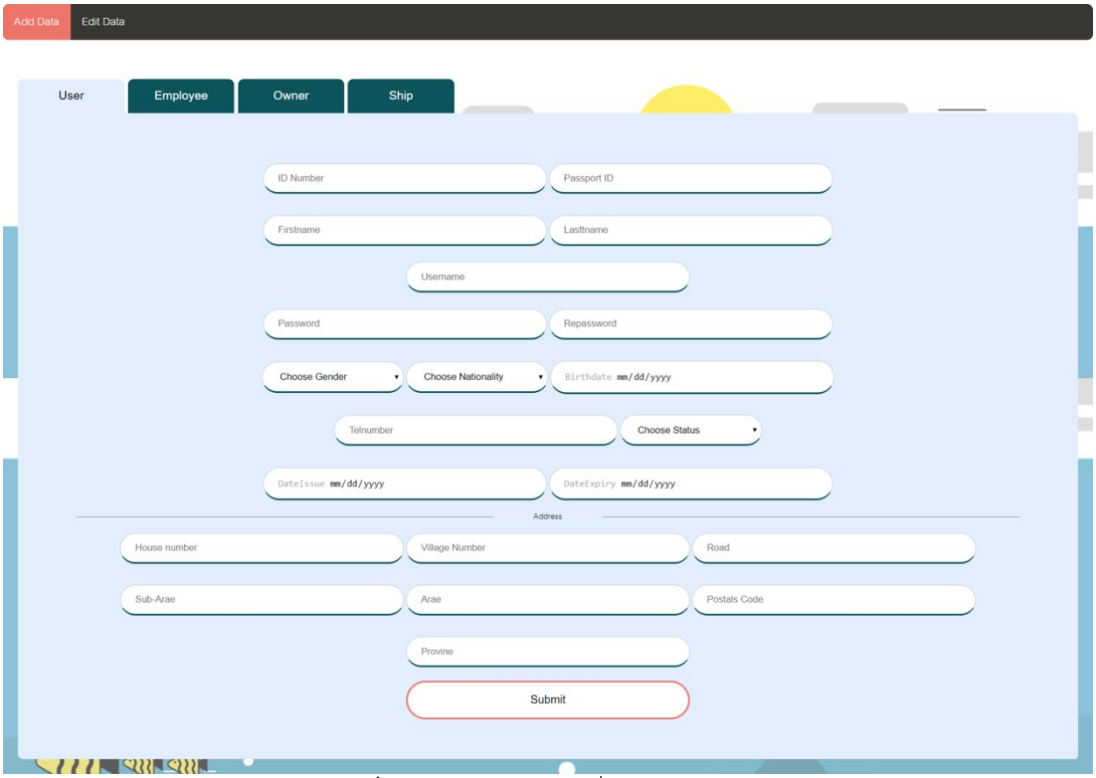
3. การพัฒนาระบบ

หลังจากที่ทำการศึกษารวบรวมข้อมูลต่างๆ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลและออกแบบฐานข้อมูลแล้ว จากนั้นทำการเขียนโปรแกรม โดยนำรายละเอียดที่ได้ออกแบบไว้มาพัฒนาโดยเขียนชุดคำสั่งด้วยภาษา C#, HTML, CSS และ JavaScript ด้วยโปรแกรม Microsoft Visual Studio 2017 บริหารจัดการฐานข้อมูลด้วย Microsoft SQL Server 2015 บริหารจัดการข้อมูลด้วยภาษา SQL ในการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface Design) ได้ออกแบบเป็น Responsive Web ซึ่งสามารถนำเสนอข้อมูลที่ตอบสนองการใช้งานบนอุปกรณ์ที่ต่างกันได้ รองรับขนาดหน้าจอของอุปกรณ์ทุกชนิด ยึดหลักของ Flat Design ออกแบบโดยเน้นความเรียบง่าย เน้นการใช้งาน โทนสีสบายตาไม่ฉูดฉาด เพื่อความสวยงามและความง่ายในการใช้งาน ดังแสดงในตัวอย่าง



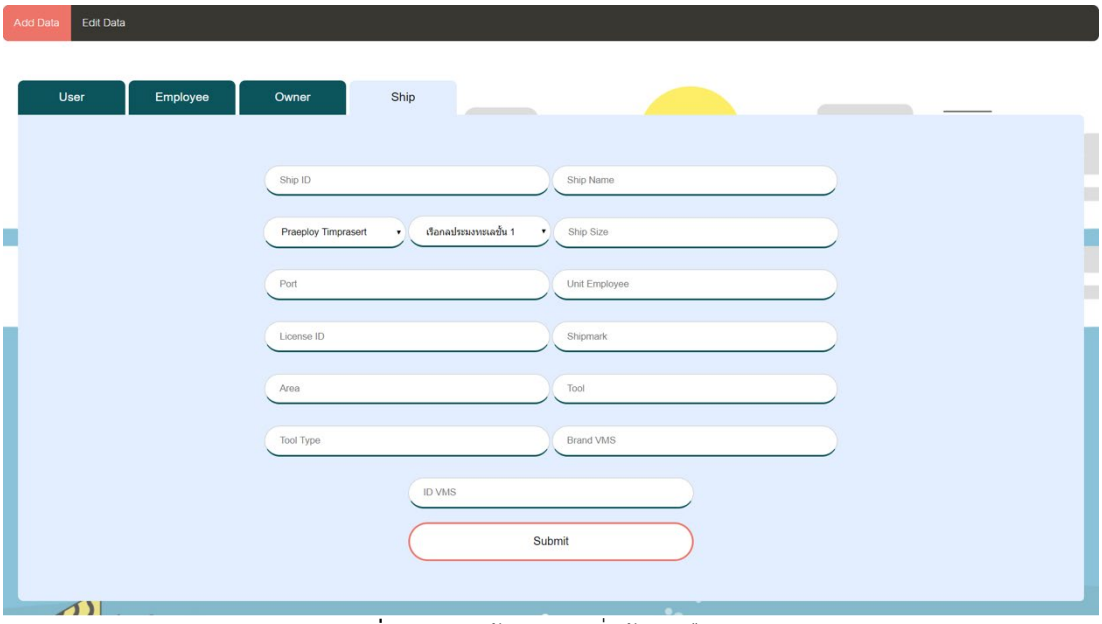
ภาพที่ 3 ตัวอย่างหน้าจอเข้าสู่ระบบ

จากภาพที่ 3 หน้าจอแสดงการเข้าสู่ระบบ โดยผู้ใช้ทั้งในส่วนของผู้ดูแลระบบ เจ้าของกิจการ และลูกจ้างสามารถเข้าสู่ระบบได้โดยการกรอก Username และ Password เพื่อทำการเข้าใช้งานระบบ โดยได้มีการกำหนดสิทธิ์การเข้าใช้งานของแต่ละส่วนไว้



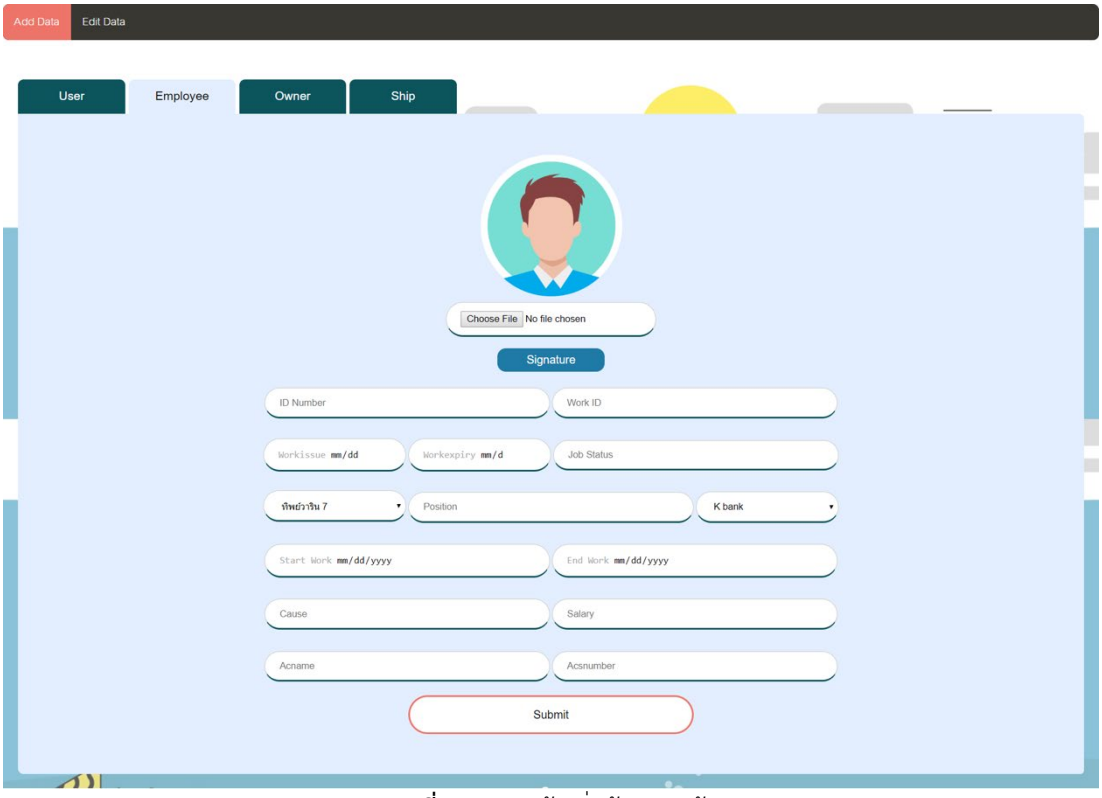
ภาพที่ 4 แสดงหน้าสำหรับเพิ่มผู้ใช้งานในระบบ

จากภาพที่ 4 หน้าจอแสดงการเพิ่มผู้ใช้งานโดยการพิมพ์ข้อมูลของผู้ใช้งานให้ครบถ้วนแล้วคลิกที่ปุ่ม ส่ง เพื่อเป็นการยืนยันการเพิ่มผู้ใช้ โดยข้อมูลของผู้ใช้งาน ประกอบด้วย ชื่อ-นามสกุล, ชื่อผู้ใช้ และ รหัสผ่าน, เพศ, วันเดือนปีเกิด, เบอร์โทรศัพท์, ที่อยู่, สัญชาติ, เลขประจำตัวประชาชน หรือ เลขที่หนังสือเดินทาง , วันที่ออกบัตรประชาชน / หนังสือเดินทาง, วันหมดอายุบัตรประชาชน / หนังสือเดินทาง, สถานะ (เจ้าของกิจการ, ผู้ดูแลระบบ, ลูกจ้าง)

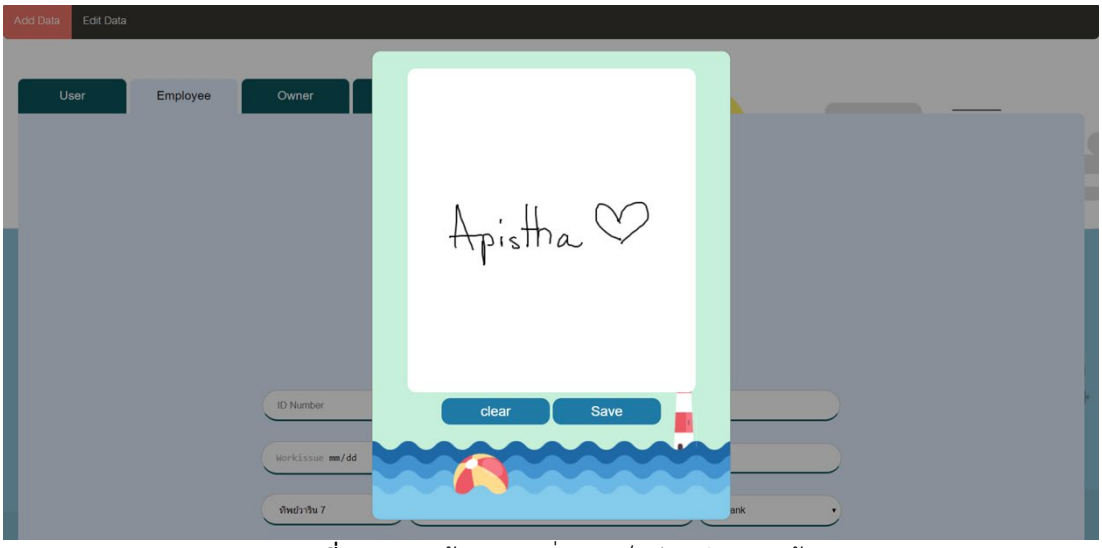


ภาพที่ 5 แสดงหน้าสำหรับเพิ่มข้อมูลเรือประมง

จากภาพที่ 5 สามารถเพิ่มข้อมูลเรือโดยการพิมพ์ข้อมูลของเรือให้ครบถ้วนแล้วคลิกที่ปุ่ม ส่ง เพื่อเป็นการยืนยันการเพิ่มข้อมูลเรือ โดยข้อมูลของเรือ ประกอบด้วยเลขทะเบียนเรือ, ชื่อเรือ, ประเภทเรือ, เมืองท่าที่จดทะเบียน, ขนาดเรือ (ตันกรอส), จำนวนคนงาน, เลขที่ใบอนุญาตประมงพาณิชย์, สัญลักษณ์ประจำเรือ, พื้นที่ทำการประมง, เครื่องมือทำการประมง, ประเภทของเครื่องมือทำการประมง, Brand ของอุปกรณ์ติดตามเรือ, รหัสประจำอุปกรณ์ติดตามเรือ

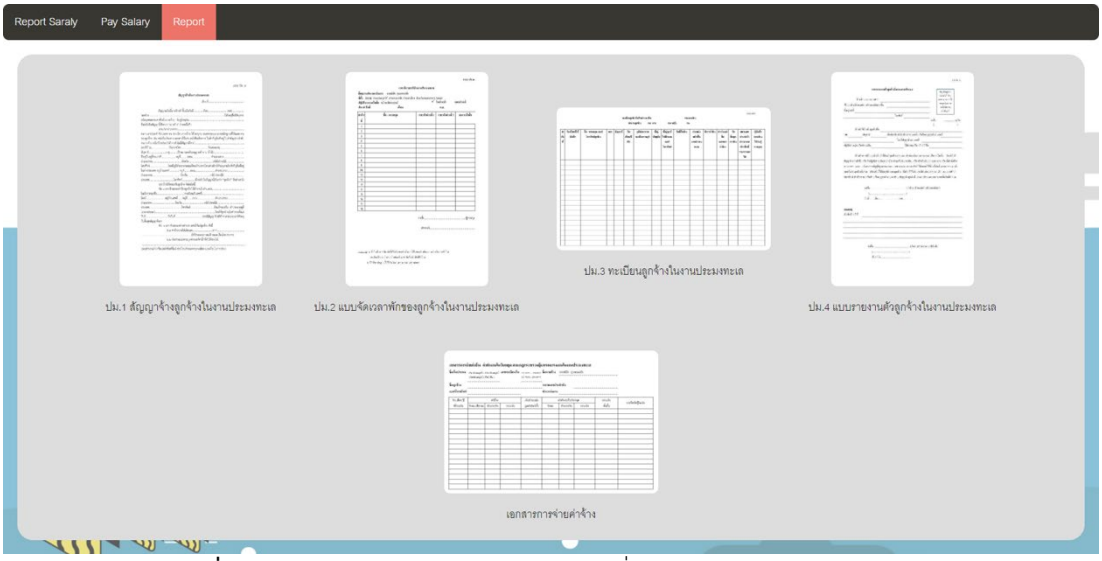


ภาพที่ 6 แสดงหน้าเพิ่มข้อมูลลูกจ้าง



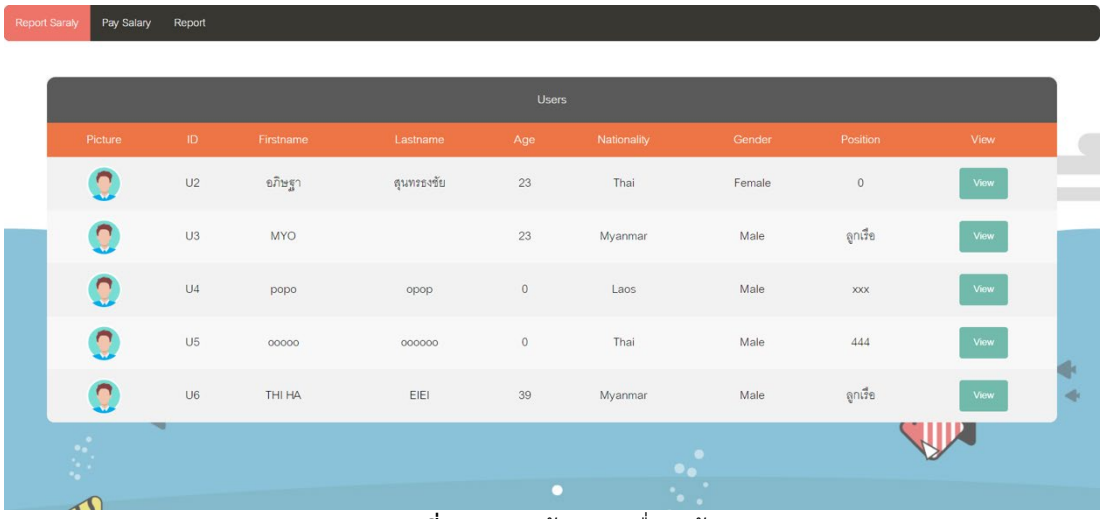
ภาพที่ 7 แสดงหน้าจอการเพิ่มลายเซ็นส่วนตัวของลูกจ้าง

จากภาพที่ 6 และภาพที่ 7 หน้าจอแสดงการเพิ่มข้อมูลลูกจ้างได้โดยสามารถกรอกข้อมูลต่างๆ ของลูกจ้าง เลือกรูปภาพประจำตัวของลูกจ้าง และเพิ่มลายเซ็นชื่อ โดยในการเบิกเงินของลูกจ้างในแต่ละครั้งจะมีการยืนยันลายเซ็นชื่อไว้ทุกครั้งที่ทำการเบิก จากนั้นคลิกส่งเพื่อเป็นการยืนยันการเพิ่มลูกจ้าง โดยข้อมูลของลูกจ้าง ประกอบด้วย รูปภาพลูกจ้าง, รูปภาพลายเซ็น, เลขที่ใบอนุญาตทำงาน (ถ้ามี), วันที่ออกใบอนุญาตทำงาน (กรณีที่มีใบอนุญาตทำงาน), วันที่หมดอายุใบอนุญาตทำงาน (กรณีที่มีใบอนุญาตทำงาน), เรือที่จะเข้าทำงาน, ตำแหน่งงาน, วันที่เริ่มจ้าง, วันที่เลิกจ้าง หรือวันที่สิ้นสุดสัญญาจ้าง, เหตุผลที่เลิกจ้าง (กรณีเลิกจ้าง), จำนวนเงินค่าจ้างต่อเดือน, ธนาคารที่เปิดบัญชี, ชื่อบัญชีธนาคาร, เลขบัญชีธนาคาร

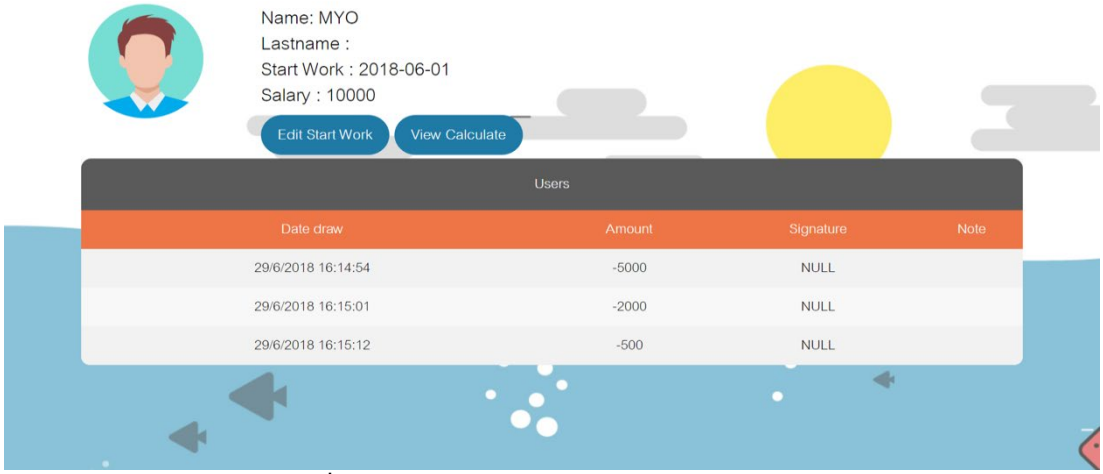


ภาพที่ 8 แสดงหน้าจอการจัดทำเอกสารต่างๆ เกี่ยวกับแรงงานในงานประมงทะเล

จากภาพที่ 8 หน้าจอแสดงการจัดทำเอกสารต่างๆ เกี่ยวกับแรงงานในงานประมงทะเล โดยระบบสามารถจัดการเอกสารได้ทั้งหมด 5 แบบ ประกอบด้วยสัญญาจ้างลูกจ้างในงานประมงทะเล (แบบ ปม. 1), แบบจัดเวลาพักของลูกจ้างในงานประมงทะเล (แบบ ปม. 2), ทะเบียนลูกจ้างในงานประมงทะเล (แบบ ปม.3), แบบรายงานตัวลูกจ้างในงานประมงทะเล (แบบ ปม. 4), เอกสารการจ่ายค่าจ้าง ค่าทำงานในวันหยุด ตามกฎกระทรวงคุ้มครองแรงงานในงานประมงทะเล โดยแบบฟอร์มต่างๆ สามารถพิมพ์จากระบบ ใช้การกรอกข้อมูลเพียงครั้งเดียว คือใช้ข้อมูลของลูกจ้างที่ทางเจ้าของกิจการได้นำข้อมูลใส่ไว้ในระบบแล้ว เวลาจะออกเอกสารต่างๆ เพียงแค่กรอกรหัสบัตรประจำตัวประชาชน หรือเลขหนังสือเดินทาง ข้อมูลอื่นๆ ของลูกจ้างก็จะปรากฏในเอกสารทันที ซึ่งจากเดิมทุกเอกสารจะต้องนั่งเขียนข้อมูลลูกจ้างแต่ละคนซ้ำๆ ในแต่ละใบ

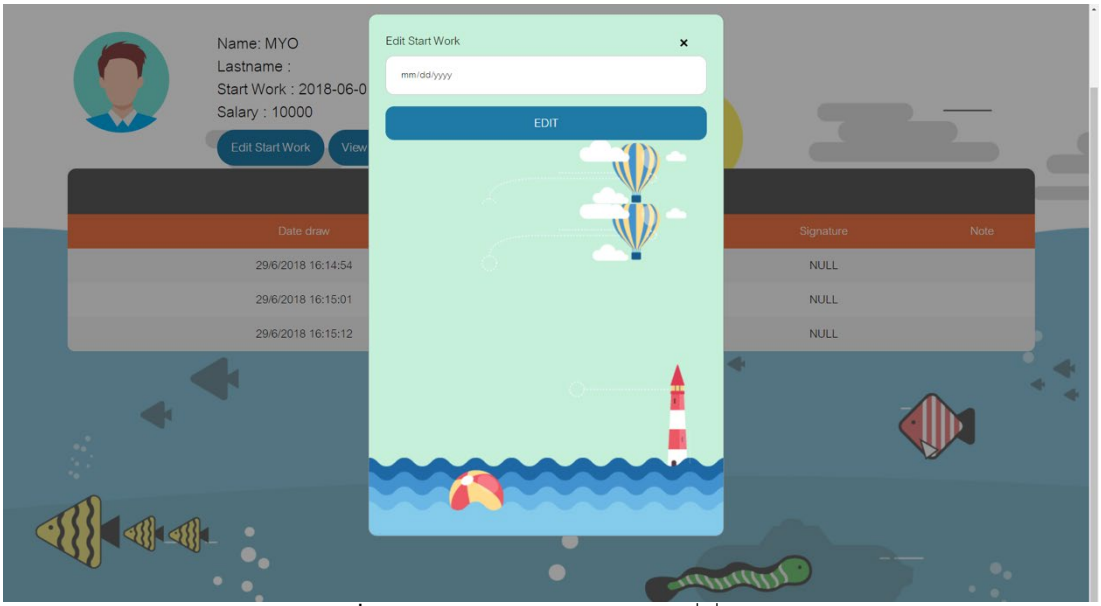


ภาพที่ 9 แสดงหน้าจอรายชื่อลูกจ้าง

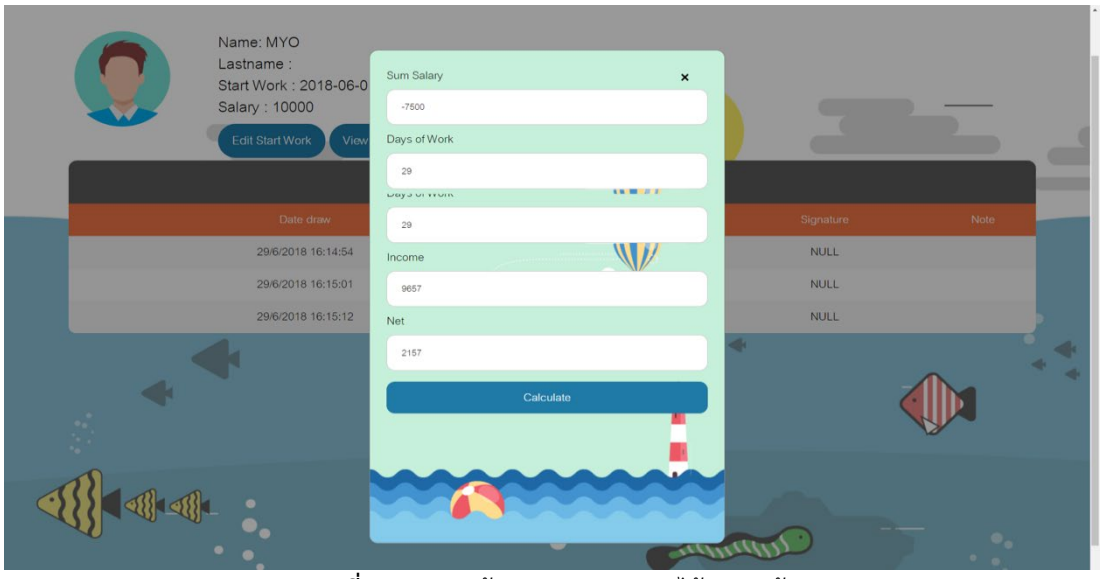


ภาพที่ 10 แสดงหน้าจอรายละเอียดการเบิกเงินของลูกจ้าง

จากภาพที่ 9 และภาพที่ 10 หน้าจอแสดงรายชื่อของลูกจ้างทั้งหมดในระบบ โดยสามารถเลือกดูรายละเอียดประวัติการเบิกเงินของลูกจ้างแต่ละคนได้ โดยเจ้าของกิจการสามารถคลิกปุ่ม Edit เพื่อแก้ไขวันเริ่มทำงานของลูกจ้างได้ ดังแสดงในภาพที่ 11



ภาพที่ 11 แสดงหน้าจอสำหรับแก้ไขวันที่เริ่มทำงาน



ภาพที่ 12 แสดงหน้าจอคำนวณเงินรายได้ของลูกจ้าง

จากภาพที่ 12 หน้าจอแสดงยอดรวมของเงินที่ลูกจ้างเบิกไปทั้งหมด และจำนวนวันทำงานที่ลูกจ้างทำงาน โดยเมื่อคลิกที่ปุ่ม Calculate ระบบจะทำการจัดเก็บข้อมูลการคำนวณเงินรายได้ของลูกจ้างแล้วบันทึกเก็บไว้ในระบบ โดยการคำนวณเงินเดือนจะนับวันทำงานทั้งหมดแล้วนำมาคูณกับ เงินเดือนที่หารด้วย 30 จะได้รายได้ของลูกจ้าง แล้วนำมาหักลบกับเงินที่เบิกไปทั้งหมด

4. การทดสอบการทำงานของระบบ

ผู้วิจัยได้สร้างและออกแบบการพัฒนาระบบจัดการเอกสารและการเบิกเงินของแรงงานในงานประมงทะเล กรณีศึกษาบ้านเรือโชคชัยสมบูรณ์ และได้มีการทดสอบการทำงานของระบบกับข้อมูลทดสอบ โดยทำการทดสอบสิทธิ์การเข้าใช้งานระบบ ทดสอบการจัดการข้อมูล ทดสอบการทำงานของโปรแกรมในแต่ละส่วน ทดสอบการแสดงผล รวมถึงทดสอบการจัดพิมพ์เอกสารต่างๆ เพื่อประเมินหาข้อผิดพลาด และดำเนินการแก้ไข จนกระทั่งระบบสามารถทำงานได้ถูกต้องตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ โดยการทดสอบนี้จะดำเนินการควบคู่ไปกับการพัฒนาระบบ เมื่อพัฒนาเรียบร้อยแล้วจะดำเนินการทดสอบระดับหน่วย (Unit Testing) ทดสอบการทำงานของแต่ละโมดูล เพื่อจัดการข้อมูลในแต่ละส่วนตามที่กำหนดไว้ พิจารณาผลลัพธ์ว่าเป็นไปตามข้อกำหนดของซอฟต์แวร์ที่ออกแบบ โดยใช้วิธีการทดสอบแบบกล่องดำ (Black-Box Testing) [7] และมีการทดสอบเพื่อการยอมรับ (Acceptance Testing) เป็นการทดสอบระบบจัดการเอกสารและการเบิกเงินของแรงงานในงานประมงทะเล โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง เพื่อนำผลการทดสอบไปใช้เพื่อแก้ไขและปรับปรุงระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยได้จัดทำแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบ สอบถามจากผู้ดูแลระบบ เจ้าของกิจการ และลูกจ้าง รวมทั้งสิ้น 48 คน

5. การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินที่เก็บรวบรวมได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานโดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ในการวิเคราะห์ลักษณะเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่าง [8] โดยระดับความพอใจของผู้ใช้งานในแบบประเมินแบ่งได้ 5 ระดับสร้างตามมาตรวัดของลิเคิร์ท [9] คือ

ระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานมากที่สุดมีช่วงเกณฑ์เฉลี่ย	5 คะแนน
ระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานมากมีช่วงเกณฑ์เฉลี่ย	4 คะแนน
ระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานปานกลางมีช่วงเกณฑ์เฉลี่ย	3 คะแนน
ระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานน้อยมีช่วงเกณฑ์เฉลี่ย	2 คะแนน
ระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานน้อยที่สุดมีช่วงเกณฑ์เฉลี่ย	1 คะแนน

เกณฑ์การแปลความหมายเพื่อจัดระดับคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจของผู้ใช้งานในการทดลองใช้ระบบจัดการเอกสารและการเบิกเงินของแรงงานในงานประมงทะเล กรณีศึกษา บ้านเรือโชคชัยสมบูรณ์ โดยใช้เกณฑ์แบ่งเป็นช่วง และมีเกณฑ์การแปลผล [10] ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50–5.00 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.50–4.49 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก
ค่าเฉลี่ย 2.50–3.49 หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.50–2.49 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00–1.49 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบจัดการเอกสารและการเบิกเงินของแรงงานในงานประมงทะเล กรณีศึกษา บ้านเรือโชคชัยสมบูรณ์ จากการวิเคราะห์และรวบรวมปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน โดยนำมาวิเคราะห์ความต้องการและออกแบบฟังก์ชันการทำงานอย่างเป็นระบบให้เหมาะสมกับการใช้งานและตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน สามารถแสดงข้อมูลและสารสนเทศของแต่ละบุคคลได้ถูกต้อง สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการเอกสาร โดยแบบฟอร์มต่างๆ ของลูกจ้างแต่ละคนนั้นสามารถพิมพ์จากระบบได้โดยใช้การกรอกข้อมูลเลขประจำตัวประชาชน หรือเลขหนังสือเดินทางเพียงครั้งเดียวระบบจะแสดงข้อมูลต่างๆ ของลูกจ้างขึ้นมาทันที เพิ่มง่ายและสะดวกในการออกเอกสารต่างๆ โดยจากเดิมที่ต้องกรอกข้อมูลเดิมๆ ของลูกจ้างแต่ละคนในเอกสารทุกฉบับด้วยลายมือ การเบิกเงินมีการบันทึกในระบบเก็บลายเซ็นของลูกจ้างในรูปแบบ Digital และการคำนวณรายได้ของลูกจ้างระบบจะทำการคำนวณให้อัตโนมัติตามข้อมูลวันที่เริ่มทำงาน และข้อมูลการเบิกเงินของลูกจ้างที่ได้บันทึกไว้โดยบันทึกผลการคำนวณลงในระบบ โดยมีการจัดเก็บข้อมูลที่เป็นระเบียบมีรูปแบบที่แน่นอน ข้อมูลอยู่ในรูปแบบอิเล็กทรอกนิกส์ ทำให้เกิดความสะดวกและรวดเร็วในการใช้งาน ตรวจสอบข้อมูลได้ง่าย ลดความยุ่งยากซับซ้อนและความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้จากการเขียนจดบันทึกข้อมูลต่างๆ ลงในกระดาษด้วยลายมือในการดำเนินงาน โดยระบบทำงานผ่านเว็บบราวเซอร์ใช้งานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งทางผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องติดตั้งโปรแกรมก็สามารถใช้งานระบบได้ ในส่วนของฟังก์ชันการทำงานในระบบมีการแบ่งสิทธิ์การใช้งานของแต่ละตำแหน่งอย่างชัดเจน ได้แก่ เจ้าของกิจการ ลูกจ้าง และผู้ดูแลระบบ และได้มีการออกแบบหน้าจอสำหรับติดต่อผู้ใช้ (User Interface Design) โดยออกแบบเว็บไซต์ให้เป็น Responsive Web ซึ่งสามารถนำเสนอข้อมูลที่ตอบสนองการใช้งานบนอุปกรณ์ที่ต่างกันได้ รองรับขนาดหน้าจอของอุปกรณ์ทุกชนิดไม่ว่าจะเป็นคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ Notebook Tablet โทรศัพท์มือถือ Smart Phone ต่างๆ โดยยึดหลักแนวความคิด Flat Design ออกแบบให้ดูเรียบง่าย โทนสีสบายตาไม่ฉูดฉาด และสามารถใช้งานได้ง่ายสำหรับผู้ใช้

ผลการศึกษา ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจผลประเมินความพึงพอใจที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบจากกลุ่มผู้ใช้งาน ได้แก่ เจ้าของกิจการ จำนวน 1 คน ผู้ดูแลระบบ จำนวน 1 คน และลูกจ้าง จำนวน 46 คน พบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ที่คะแนนเฉลี่ย 4.22

ตารางที่ 1 แสดงผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบ

ข้อที่	รายการ	$\bar{x}$	$S.D.$	ระดับความพึงพอใจ
1.	**ด้านประสิทธิภาพการทำงานได้ตามฟังก์ชันของระบบ**			
1.1	ความถูกต้องในการแสดงข้อมูลและสารสนเทศของระบบ	4.19	0.53	มาก
1.2	ความรวดเร็วในการประมวลผลของระบบ	4.10	0.69	มาก
1.3	การป้องกันข้อมูลผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น	4.25	0.73	มาก
2.	**ด้านการออกแบบความง่ายต่อการใช้งานระบบ**			

2.1	ความง่ายต่อการใช้งานระบบ	4.13	0.61	มาก
2.2	ความเหมาะสมในการเลือกใช้ชนิดตัวอักษรบนจอภาพ	4.10	0.72	มาก
2.3	ความเหมาะสมในการเลือกใช้ขนาดของตัวอักษรบนจอภาพ	4.31	0.78	มาก
2.4	ความเหมาะสมในการใช้ข้อความเพื่อสื่อความหมายในการปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกับผู้ใช้	4.25	0.76	มาก
3.	**ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ**			
3.1	การกำหนดรหัสผู้ใช้ และรหัสผ่านในการตรวจสอบผู้เข้าใช้ระบบ	4.08	0.71	มาก
3.2	การตรวจสอบสิทธิ์ก่อนการใช้งานของผู้ใช้ระบบในระดับต่างๆ	4.29	0.74	มาก
3.3	การควบคุมให้ใช้งานตามสิทธิ์ผู้ใช้ได้อย่างถูกต้อง	4.46	0.68	มาก
	รวม	**4.22**	**0.70**	**มาก**

ข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยนี้มีข้อจำกัดคือระบบในการค้นหาสามารถค้นหาได้จากหมายเลขประจำตัวประชาชน และเลขที่หนังสือเดินทางของลูกจ้างเท่านั้น ซึ่งระบบไม่สามารถค้นหาจากชื่อของลูกจ้างได้เนื่องจากชื่อของลูกจ้างที่เป็นชาวเมียนมามีโอกาสที่ชื่อซ้ำกันสูง และระบบที่พัฒนาขณะนี้มีจำนวนแบบฟอร์มต่างๆ ที่เป็นเอกสารสำคัญและใช้เป็นประจำเพียง 5 แบบเท่านั้น ซึ่งปัจจุบันในทางหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับกิจการประมง ได้มีการออกแบบฟอร์มใหม่ที่ต้องให้กิจการประมงทำเอกสารเพิ่มเติม สำหรับข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไปคือเพิ่ม QR Code เพื่อใช้เก็บข้อมูลของลูกจ้างทุกคน และพิมพ์ออกมาเป็นบัตรประจำตัวให้ลูกจ้างพกติดตัวเพื่อเพิ่มความสะดวกในการดูข้อมูลของลูกจ้าง ซึ่งนายจ้างสามารถสแกนดูข้อมูลผ่านอุปกรณ์สมาร์ทโฟนได้ทันที จากเดิมที่ต้องค้นหาจากระบบโดยใช้หมายเลขประจำตัวประชาชน และเลขที่หนังสือเดินทางเท่านั้น และพัฒนาระบบให้สามารถเพิ่มแบบฟอร์มที่เกิดขึ้นใหม่จากหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น แบบฟอร์มรับฝากเอกสาร (ให้ลูกจ้างแสดงความยินยอมฝากเอกสารส่วนตัวไว้กับนายจ้าง) แบบฟอร์มเลิกจ้าง (นายจ้างเป็นผู้เลิกจ้างเอง เช่น กรณีลูกจ้างหลบหนี หรือสูญหาย เกิน 15 วัน) ใบลาออก (ลูกจ้างแสดงเจตนาลาออกด้วยตนเอง)

สรุปผลการศึกษา

จากผลการวิจัยเรื่องการพัฒนาระบบจัดการเอกสารและการเบิกเงินของแรงงานในงานประมงทะเล กรณีศึกษา บ้านเรือโชคชัยสมบูรณ์ในครั้งนี้ สรุปได้ว่าการพัฒนาระบบสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ ช่วยลดความผิดพลาดจากการบันทึกเอกสารต่างๆ ด้วยลายมือลงกระดาษ ลดความซ้ำซ้อนในการทำงานที่เกิดจากการกรอกข้อมูลซ้ำหลายๆ ครั้ง เพิ่มความสะดวกในการทำงานระหว่างลูกจ้างและเจ้าของกิจการให้มีการทำงานที่รวดเร็วและสะดวกสบายตรงตามความต้องการของผู้ใช้งานระบบ สามารถทำงานได้รวดเร็วขึ้นเนื่องจากเป็นการทำงานแบบออนไลน์และเรียลไทม์ สามารถทำงานได้ทุกที่ทุกเวลาที่มีอินเทอร์เน็ต ทั้งในออฟฟิต ท่าเรือ ฯลฯ และยังสามารถใช้งานได้กับอุปกรณ์ที่หลากหลาย ตอบสนองการใช้งานบนอุปกรณ์ที่ต่างกัน รองรับขนาดหน้าจอที่แตกต่างกัน เช่น คอมพิวเตอร์, Notebook, Smartphone, Tablet ฯลฯ โดยมีฟังก์ชันการทำงานและให้สารสนเทศตามที่ผู้ใช้ต้องการ คือ ส่วนของผู้ดูแลระบบ สามารถเข้าสู่ระบบด้วยชื่อผู้ใช้ และรหัสผ่าน กำหนดสิทธิ์และจัดการข้อมูลผู้ใช้ระบบ จัดการข้อมูลหลักของระบบ และส่วนของเจ้าของกิจการ จัดการข้อมูลลูกจ้าง ข้อมูลเรือ การทำเอกสารของแรงงานในงานประมงทะเล จัดการการเบิกเงินของลูกจ้าง และสามารถคำนวณเงินได้ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ลูกจ้างสามารถจัดการข้อมูลส่วนตัว และดูรายละเอียดการเบิกเงินของตนเองได้ โดยข้อมูลต่างๆ มีความเป็นระเบียบมากขึ้น มีรูปแบบที่แน่นอนเก็บอยู่ในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้เกิดความสะดวกในการบันทึก และการเรียกดูข้อมูลต่างๆ ในภาพรวมผู้ใช้มีความพึงพอใจในประสิทธิภาพของระบบอยู่ในระดับ มาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สรายุทธ์ ทองธุลี และคณะ [(11)] ในการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อจัดการข้อมูลโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำแข็ง กรณีศึกษา บริษัท บางขุนเทียนอุตสาหกรรม จำกัด

พบว่าระบบช่วยทำให้การจัดเก็บข้อมูลเป็นระเบียบมีรูปแบบที่แน่นอน เป็นการเก็บข้อมูลในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้เกิดความสะดวกและรวดเร็วในการใช้งาน และงานวิจัยของ พงศกร ทวันเวช และคณะ [12] ในการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการร้านปรานิสาสปา พบว่าระบบช่วยการจัดการข้อมูลจากการเก็บด้วยกระดาษมาเก็บในคอมพิวเตอร์ในรูปแบบฐานข้อมูล ทำให้เกิดความสะดวกในการบันทึก เรียกใช้และประมวลผล แก่ผู้จัดการร้าน ซึ่งสามารถนำสารสนเทศมาใช้ในการบริหารจัดการองค์กรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าของกิจการประมง และลูกจ้างของกิจการประมงบ้านเรือโชคชัยสมบูรณ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล และเสียสละเวลาในการตรวจสอบและทดสอบการใช้งานระบบ

เอกสารอ้างอิง

1. โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. การออกแบบและวิเคราะห์ระบบ (ฉบับปรุงปรุงเพิ่มเติม). กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น; 2548.
2. แรงงานในงานประมงทะเล. [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 31 ตุลาคม 2561]. เข้าถึงได้จาก: http://www.mol.go.th/employee/seamanwork
3. เว็บแอปพลิเคชัน. [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 1 พฤศจิกายน 2561]. เข้าถึงได้จาก: http://plainsofeternity.blogspot.com/2013/07/3-web-application.html. https://www.mindphp.com/คู่มือ/73-คืออะไร/3664-web-application-เว็บ-แอพพลิเคชั่น-คืออะไร.html
4. โมเดล วิว คอนโทรลเลอร์. [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 1 พฤศจิกายน 2561]. เข้าถึงได้จาก: https://mindphp.com/คู่มือ/73-คืออะไร/3491-mvc-คือ.html
5. ระบบฐานข้อมูล. [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 1 พฤศจิกายน 2561]. เข้าถึงได้จาก: http://www3.chandra.ac.th/office/ict/document/it/it04/page01.html https://saixiii.com/what-is-phpmyadmin/
6. กฤษณ์ ศรสุวรรณ และชุติพนธ์ ศรีสวัสดิ์. ตัวแบบการค้นหาร้านอาหารบนแผยที่ออนไลน์บริเวณมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม (ส่วนทะเลแก้ว). ในเอกสารประกอบการประชุมวิชาการ The 5th ASEAN Undergraduate Conference in Computing (AUC2) 2017. วันที่ 20-22 เมษายน 2560. มหาวิทยาลัยนเรศวร. พิษณุโลก; 2560. หน้า 393-396.
7. น้ำฝน อัศวเมฆิน. หลักการพื้นฐานของวิศวกรรมซอฟต์แวร์ (Fundamentals of Software Engineering). กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น; 2558.
8. กัลยา วานิชย์บัญชา. สถิติสำหรับงานวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2549.
9. Likert, R. A Technique for the Measurement of Attitudes. New York: Archives of Psychology; 1932.
10. Kahn, JV. And Best, JW. Research in Education. 5th ed. New Jersey: Prentice Hall, Inc; 1986.
11. สรายุทธ์ ทองธุลี, ณัฐวี อุตกฤษฎ์. ระบบสารสนเทศเพื่อจัดการข้อมูลโรงงงานอุตสาหกรรมน้ำแข็ง กรณีศึกษา บริษัท บางขุนเทียน อุตสาหกรรม จำกัด. ใน: เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการระดับชาติด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 4 วันที่ 23-24 พฤษภาคม 2551. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. มหาสารคาม; 2551 หน้า 657-662
12. พงศกร ทวันเวช, สำเภา พันเสนา, วิวิศน์ ตั้งบริบูรณ์รัตน์, แสงโสม อมรรัตนพงศ์. การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการร้านปรานิสาสปา. ใน: วารสารวิทยาลัยบัณฑิตเอเชีย ปีที่ 7 ฉบับพิเศษ (เดือนตุลาคม 2560). วิทยาลัยบัณฑิตเอเชีย. ขอนแก่น; 2560 หน้า 266-275

[IT-P22] การพยากรณ์ปริมาณน้ำท่วมภายในประเทศไทย

Flood Forecasting in Thailand Using Artificial Neural Network

ธนภร โพคาวัฒนะ[1], ปริศตร์สรา เตชะนิธินันท์[1,*], จริญา โบราณศรี[1], ศิวฤทธิ์ สุนทรเสณี[1], และ น้ำฝน อัศวเมฆิน[2]
Thanaporn Pokawattana[1], Parissara Taechanitinun[1*], Chariya Boransri[3], Sivarit Sultornsanee[4], and Namfon Assawamekin[5]

[1]สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
[2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: 1710111109005utcc@gmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคาดการณ์พื้นที่ที่สุ่มเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมภายในประเทศไทย เมื่อพิจารณาจากสถิติย้อนหลัง 11 ปี (พ.ศ. 2539 - 2549) พบว่าประเทศไทยประสบปัญหาน้ำท่วมมาแล้ว 110 ครั้ง โดยเฉพาะในปี 2543 ได้เกิดน้ำท่วมใหญ่ในทุกภาคของประเทศ เนื่องจากเกิดความกดอากาศสูงกำลังแรงแผ่ลงมาปกคลุมประเทศไทยตอนบน ส่งผลให้ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีกำลังแรงและเกิดฝนตกหนักถึงหนักมาก ทำให้เกือบทุกภาคของประเทศได้รับความเสียหายจนกลายเป็นปัญหาระดับประเทศ การศึกษาในครั้งนี้เพื่อพยากรณ์ปริมาณน้ำท่วมในอนาคต แบ่งเป็น 4 ภาค ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคอีสาน และภาคใต้ โดยเก็บข้อมูลปัจจัยที่ก่อให้เกิดปริมาณน้ำท่วมรายวันและกำหนดย้อนหลัง 9 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2551 – พ.ศ. 2559 โดยใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล เมื่อนำปัจจัยในการวัดปริมาณน้ำท่วมทั้งหมดมาพยากรณ์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม โดยนำข้อมูลแบ่งเป็นชุด Train และ ชุดทดสอบ ผลการทดสอบพบว่ารอบการเรียนรู้ที่ 5,000 รอบ จึงได้นำโครงสร้างดังกล่าวพยากรณ์ปริมาณน้ำท่วมภายในประเทศไทย ระบุผลลัพธ์ที่ได้จากงานนี้ ค่าความแม่นยำเท่ากับ 99.32% ถึงแม้ว่าจะไม่สามารถพยากรณ์ปริมาณน้ำท่วมได้อย่างถูกต้อง 100% แต่ความถูกต้องที่ได้อยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ ความคลาดเคลื่อนเล็กน้อยนี้ไม่อาจส่งผลถึงภาพรวมของปริมาณน้ำท่วมได้ แบบจำลองนี้จะเป็นประโยชน์ในการเตือนภัยให้มีการเตรียมพร้อมรับมือสถานการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต บทคัดย่อ

คำสำคัญ: *ปริมาณน้ำท่วม, เหมืองข้อมูล, การพยากรณ์*

Abstract

Thailand is one of the most developed and wealthiest countries in Southeast Asia. However, its tropical location and the influence of seasonal monsoon rains and local topography make it prone to floods. This research aims to study and forecast the areas affected by flooding in Thailand using a neural network. The data were collected from 2551 to 2559 and the data were analyzed. The estimation accuracy of the proposed method is 99.32%. Furthermore, these accurate results indicate that the proposed method is very effective and amenable for practical implementation.

Keywords: quantity of the flood, data mining, forecasting

บทนำ

น้ำท่วมเป็นภัยธรรมชาติที่เกิดเป็นประจำทุกปี และสามารถเกิดขึ้นได้เกือบทุกพื้นที่โดยเฉพาะในเขตที่ราบน้ำท่วมถึง บริเวณเชิงเขา และบริเวณที่ราบที่น้ำล้นตลิ่งหรือไม่มีทางระบายน้ำออก หรือบริเวณชายฝั่งทะเล ภัยจากน้ำท่วมจะหนักหรือเบาขึ้นอยู่กับสภาวะน้ำท่วมนั้นๆ ในอดีตที่ผ่านมาประเทศไทยประสบปัญหาน้ำท่วมอย่างรุนแรงมาแล้วหลายครั้ง ในปัจจุบัน ประเทศ

ไทยได้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในการพัฒนาด้านเศรษฐกิจและสังคมและการเพิ่มมากขึ้นของจำนวนประชากร ซึ่งมีส่วนสัมพันธ์อย่างมากต่อการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรน้ำ ซึ่งนอกจากจะเป็นทรัพยากรพื้นฐานสำหรับการพัฒนาด้านอุตสาหกรรมแล้ว ยังมีส่วนสำคัญต่อความเป็นอยู่ของประชาชนในประเทศ ทั้งด้านการอุปโภคบริโภคและการเกษตรกรรม อย่างไรก็ตาม จากการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ การขยายตัวของภาคการเกษตร และการใช้ประโยชน์ที่ดินได้นำไปสู่ความท้าทายที่หลากหลายและความซับซ้อนที่มากขึ้นในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ จากสภาพปัญหาการขาดแคลนน้ำ ปัญหาด้านอุทกภัย และปัญหาคุณภาพน้ำที่ต่อเนื่องและเรื้อรังมาโดยตลอด การขัดแย้งของชุมชนและการเปลี่ยนแปลงของสภาพลำน้ำจากการใช้ประโยชน์ที่ดินส่งผลให้ปัญหาด้านน้ำมีความรุนแรงมากขึ้น การกำหนดแนวนโยบายและการจัดทำแผนแม่บทการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำที่มีประสิทธิภาพ โดยงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [1] สร้างโมเดลการพยากรณ์ที่เกี่ยวข้องกับน้ำ เพื่อช่วยในการตัดสินใจบริหารจัดการน้ำตามลุ่มน้ำหรืออ่างเก็บน้ำ จากเทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูล พบว่าโมเดลมีประสิทธิภาพความแม่นยำในการจำแนก [2] พยากรณ์น้ำท่วมย่อมขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของพื้นที่รับน้ำ ได้แก่ time of concentration และ hydrologic response time ในกรณีที่เป็นพื้นที่รับน้ำใหญ่ การใช้วิธีการหลากในส่วนของแม่น้ำจากเหนือน้ำไปยังท้ายน้ำน่าจะเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด [3] พยากรณ์ปริมาณน้ำฝนรายฤดูกาลในลุ่มน้ำเจ้าพระยาโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม ลุ่มน้ำเจ้าพระยาเป็นลุ่มน้ำที่มีขนาดใหญ่ตั้งอยู่บริเวณทางภาคกลางของประเทศไทยและยังเป็นแหล่งเกษตรกรรมที่สำคัญของประเทศ ซึ่งส่วนใหญ่ผลผลิตทางการเกษตรจะขึ้นอยู่กับฤดูและปริมาณน้ำฝน ดังนั้น มีการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนในลุ่มน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาที่แม่นยำ [4] พยากรณ์และเตือนภัยน้ำท่วม เป็นมาตรการป้องกันน้ำท่วมในการไม่ใช้สิ่งปลูกสร้าง เนื่องจากการได้รู้ล่วงหน้าทำให้สามารถเตรียมการหนีน้ำได้ทันท่วงที การใช้ระบบทำนายและเตือนภัย ร่วมกับระบบการบริหารและจัดการในพื้นที่จึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการป้องกันหรือบรรเทาความเสียหายอย่างรุนแรงทั้งต่อชีวิตและทรัพย์สิน [5] เทคนิคเหมืองข้อมูลที่เหมาะสมในการพยากรณ์ปริมาณน้ำในเขื่อนและ เปรียบเทียบผลปริมาณน้ำจริงกับผลการพยากรณ์ปริมาณน้ำในเขื่อนกิ่วลม จังหวัดลำปาง โดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูล การวิจัยพบว่า 1) เทคนิคเหมืองข้อมูลที่นำมาใช้ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำในเขื่อน วิธีแบบจำลองต้นไม้เอ็มไฟว์พีและวิธีเทคนิคซัพพอร์ตเวคเตอร์แมชชีนส์ โดยเลือกจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่มีการใช้งานมากที่สุดและ 2) ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์ปริมาณน้ำรายเดือนในเขื่อนกิ่วลม จังหวัดลำปาง โดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูลทั้ง 4 เทคนิค พบว่า วิธีแบบจำลองต้นไม้เอ็มไฟว์พี มีค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนต่ำสุด ที่ 10.58 และเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับนำไปพัฒนาระบบเพื่อพยากรณ์น้ำในเขื่อน

ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวโน้มของปริมาณน้ำท่วมโดยใช้การพยากรณ์ในการศึกษา สำหรับการพยากรณ์น้ำท่วมทำการสุ่มตามเขตต่างๆ ในประเทศไทยและนำข้อมูลค่าที่เป็นไปได้นำไปวิเคราะห์ ในปัจจุบัน ปริมาณน้ำท่วมในประเทศไทยมีมากขึ้นเรื่อยๆ ทุกปี อาจจะก่อให้เกิดการระบายน้ำไม่ทัน ทำให้เกิดน้ำท่วมขังได้ จึงได้มีการพยากรณ์น้ำท่วมขึ้นมา สำหรับการพยากรณ์น้ำท่วมนั้นต้องนำข้อมูลน้ำ ข้อมูลน้ำท่าในแต่ละสถานีน้ำเพื่อมาวิเคราะห์หาแนวโน้มที่ปริมาณน้ำท่วม

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เรื่องการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่วมภายในประเทศไทย มีวิธีการดำเนินงานวิจัยดังนี้

1. ประเภทของงานวิจัย 2. กลุ่มตัวอย่าง 3. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

1. ประเภทของงานวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ศึกษาถึงปริมาณน้ำท่วมภายในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลรายวัน รายเดือน รายปี นับตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2551-31 ธันวาคม 2559 ซึ่งคาดว่าการศึกษาในครั้งนี้จะสามารถรู้เรื่องเกี่ยวกับระดับน้ำท่าของแต่ละสถานี มีปริมาณน้ำแตกต่างกันอย่างไร และในแต่ละปีจำนวนเท่าใด สามารถนำปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบมาพยากรณ์ เพื่อความแม่นยำของระดับน้ำท่า งานวิจัยนี้หวังว่าจะเป็นประโยชน์ต่อประชาชนในปัจจุบันและอนาคต

2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นข้อมูลทุติยภูมิโดยใช้ข้อมูลทางสถิติจากกรมชลประทาน มีทั้งหมด 21 สถานี ที่สำคัญได้แก่ 1. P.1 สะพานนวรัฐ ปิง วัดเกตุ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 2. P.5 สะพานท่านาง น้ำแม่กวง - อ.เมือง จ.ลำพูน 3. W.1C สะพาน

เสตุวารี แม่น้ำวัง เวียงเหนือ อ.เมือง จ.ลำปาง 4. W.10A บ้านดอนมูล แม่น้ำวัง บ้านแลง อ.เมือง จ.ลำปาง 5. Y.1C บ้านน้ำโค้ง แม่น้ำยม ป่าแมต อ.เมือง จ.แพร่ 6.Ct2A แม่น้ำสะแกกรัง บ้านหาดทนง อ.เมือง จ.อุทัยธานี 7.C2 แม่น้ำเจ้าพระยา ค่ายจิระประวัติ อ.เมือง จ.นครสวรรค์ 8.C13 แม่น้ำเจ้าพระยา ท้ายเขื่อนเจ้าพระยา อ.สรรพยา จ.ชัยนาท 9. E.23 ลุ่มชี เมืองชัยภูมิ ชัยภูมิ 10. Kh.58A โขง อ.เมืองเลย จ.เลย 11. Kh.103 โขง เมืองอุดรธานี จ.อุดรธานี 12. M.4 มูล ท่าตูม จ.สุรินทร์ 13. M.5 มูล ราษีไศล จ.ศรีสะเกษ 14. M.6A มูล สตึก จ.บุรีรัมย์ 15. M.7 มูล จ.อุบลราชธานี 16. M.164 มูล อ.เมืองนครราชสีมา จ.นครราชสีมา 17. X.37A อ.ตาปีพระแสง จ.สุราษฎร์ธานี 18. X.53A ภาคใต้ฝั่งตะวันออก เมืองชุมพร จ.ชุมพร 19. X.90 คลองอู่ตะเภา บ้านบางศาลา อ.คลองหอยโข่ง จ.สงขลา 20. X.186 คลองตะกั่วป่า บ้านตลาดเก่า อ.ตะกั่วป่า จ.พังงา 21. X.203 ภาคใต้ฝั่งตะวันออก อ.เมืองนครศรีธรรมราช จ.นครศรีธรรมราช

3. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจและเก็บข้อมูลบทวิจัยที่เกี่ยวข้องในการศึกษาเรื่อง การพยากรณ์ปริมาณน้ำท่วมภายในประเทศไทย ดังนี้

1. ศึกษารวบรวมข้อมูลจากบทวิจัยที่เกี่ยวกับเรื่อง พยากรณ์ปริมาณน้ำท่วม โดยใช้ทฤษฎีการทำเหมืองข้อมูล

2. รวบรวมสถานีน้ำที่มีการเฝ้าระวัง 21 สถานี และระดับน้ำท่าย้อนหลัง 9 ปี

3. รวบรวมหาค่าสถิติเบื้องต้นและค่า Correlation Matrix และ การทำกราฟโดยใช้ Scatter Plot, Box Plot และใช้โปรแกรม Matlab, Microsoft Word, Microsoft Excel ในการรวบรวมข้อมูลและประมวลผล

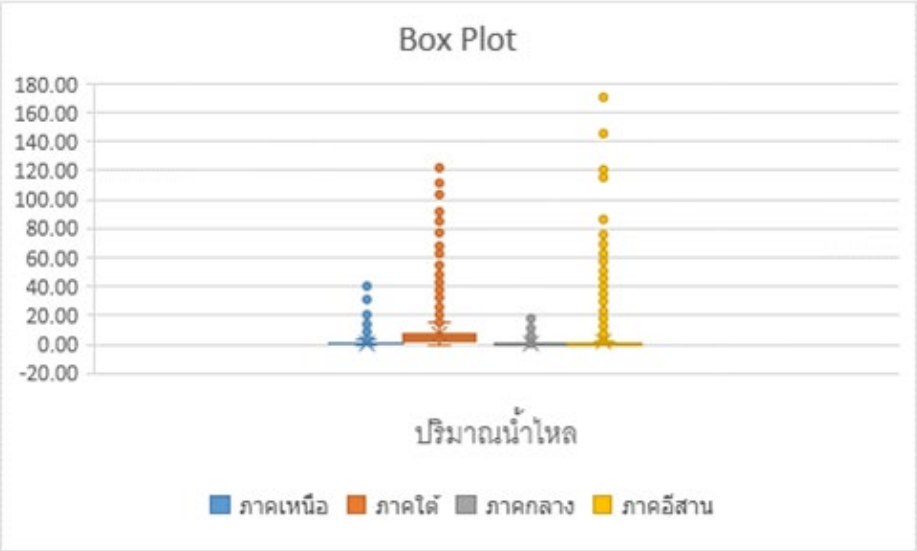
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากผลวิจัยได้ค้นพบสถิติเบื้องต้น Max, Min, Median, STDEVPA, Variance, Shot Paper ตารางข้อมูลดิบ, Shot Paper ตาราง Correlation Matrix, กราฟ Scatter Plot, Box Plot, Neural Network

ตารางที่ 1 แสดงค่าผลคำนวณสถิติเบื้องต้น

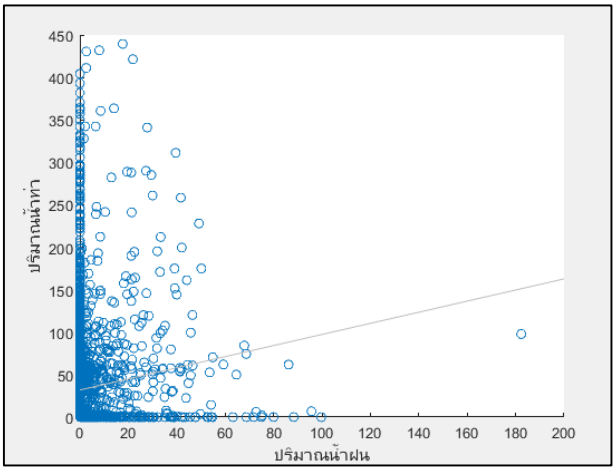
	ปัจจัยที่ทำให้ค่าของปริมาณน้ำท่วมเปลี่ยนแปลง							ปริมาณน้ำท่วม
	ปริมาณน้ำฝน	ปริมาณน้ำท่า	ระดับน้ำ	ปริมาณน้ำไหล	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำใช้การ (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำระบาย	
max	42.3	484.2	301.7	8.21	4654.41	3302.87	10.19	10.34
min	0	0	0.08	0	78.648	64.648	0	1.29
median	2.014286	37.97857	118.899	0.884219	1248.161	850.8033	1.014575	5.570476
std	9.230617	104.87	104.0646	1.7546	1776.654	1252.234	2.138657	2.26768
variance	85.20429	10997.71	10829.44	3.07862	3156500	1568090	4.573855	5.142375

จากตารางที่ 1 เป็นการแสดงตารางค่าสถิติเบื้องต้นรายปีแสดงถึงการเปรียบเทียบของปัจจัยที่ทำให้ค่าของปริมาณน้ำท่วมเปลี่ยนแปลง



ภาพที่ 1 กราฟ Box Plot เปรียบเทียบ Input ปริมาณน้ำไหล ของภาคเหนือ ภาคใต้ ภาคกลาง และภาคอีสาน

จากภาพที่ 1 Box Plot แสดงข้อมูลสถิติค่า Input ของปริมาณน้ำไหล ของแต่ละภาค ค่า Max อยู่ในภาคใต้ และค่า Min อยู่ในภาคกลาง



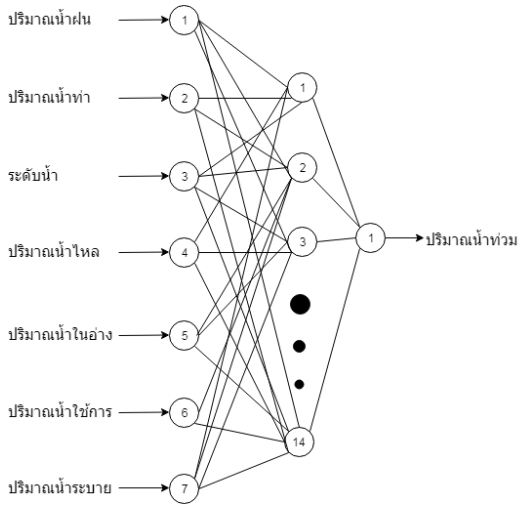
ภาพที่ 2 Scatter Plot แสดงผลการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณน้ำท่า และปริมาณน้ำฝน

จากภาพที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณน้ำท่ากับปริมาณน้ำฝน (สถานี Ct2A) Y = 2.4 + 0.018(x), ค่า Correlation=0.107735392 วิเคราะห์ได้ว่าระหว่างปริมาณน้ำท่าเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำฝน ผลคือค่า Correlation > 0 มี ความสัมพันธ์ในเชิงบวก โดยค่าสัมพันธ์เท่ากับ 0.107735392 ถ้าปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำท่าจะมีค่าเพิ่มขึ้นตาม

ตารางที่ 2 โครงข่ายประสาทเทียม

Model	Activate Function		Accuracy
7-5-1	logsig	tansig	99.32%

จากตารางที่ 2 ผลการทดลองโครงข่ายประสาทเทียม โดยได้โมเดลการพยากรณ์ที่เหมาะสมคือ 7-5-1 และฟังก์ชันกระตุ้น (Activate Function) คือ Tansig และ Tansig ที่รอบการเรียนรู้ที่ 5,000 จึงได้นำโครงสร้างดังกล่าวทำการพยากรณ์ปริมาณน้ำท่วมได้ ผลการทดลองโดยโครงข่ายประสาทเทียม คือ ค่าความแม่นยำ เท่ากับ 99.32%



ภาพที่ 3 Neural Network Architecture

จากภาพที่ 3 Input มี 7 ตัว ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่า ระดับน้ำ ปริมาณน้ำไหล ปริมาณน้ำในอ่าง ปริมาณน้ำใช้การ ปริมาณน้ำระบาย Output มี 1 ตัว ได้แก่ ปริมาณน้ำท่วม

สรุปผลการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาแนวโน้มของปริมาณน้ำท่วมโดยใช้เครื่องมือในการพยากรณ์ และได้นำสถานีน้ำที่มีการเฝ้าระวังของในแต่ละจังหวัดของประเทศไทยเพื่อนำไปวิเคราะห์ ซึ่งได้ผลที่ค่อนข้างมีความแม่นยำอย่างมาก จึงสามารถสรุปผลการพยากรณ์น้ำท่วมในเขตพื้นที่ต่างๆ ได้ มีการใช้เครื่องมือ เช่น กราฟ หรือสถิติย้อนหลังมาคำนวณหาค่าล่วงหน้าที่จะเกิดขึ้น จึงทำให้สามารถเฝ้าระวังน้ำท่วมจากการพยากรณ์ได้ ในการวิจัยครั้งต่อไปผู้วิจัยควรพิจารณาปัจจัยที่ก่อให้เกิดน้ำท่วมซึ่งอาจจะไม่ได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยเวลาเพียงอย่างเดียว โดยอาจจะมีปัจจัยอื่นๆ เช่น น้ำจากแหล่งเก็บกักน้ำ น้ำทะเลหนุน ระบบระบายน้ำ ดังนั้น ผู้วิจัยควรมีการปรับปรุงข้อมูลให้มีความทันสมัยมากขึ้น เพื่อให้ได้ตัวแบบการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ในค่าตัวเลขนั้นในอนาคตต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. นิธินันท์ มาตา. การค้นหาปัจจัยเพื่อสร้างโมเดลสำหรับพยากรณ์การควบคุมประตูระบายน้ำ [อินเทอร์เน็ท]. 2558. [เข้าถึงเมื่อ 29 สิงหาคม 2561] เข้าถึงได้จาก http://www.it.kmitl.ac.th/~natapon/ncit2015/papers/p352-mata.pdf
2. เฉลิมพล ทวีสุข. การพยากรณ์น้ำท่วมในส่วนของลำน้ำ [อินเทอร์เน็ท]. 2546. [เข้าถึงเมื่อ 29 สิงหาคม 2561] เข้าถึงได้จาก https://opac.kku.ac.th/catalog/BibItem.aspx?BibID=b00212707
3. เปรม รังสิวณิชพงศ์. การพยากรณ์ฝนรายฤดูกาลในลุ่มน้ำเจ้าพระยาโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม [อินเทอร์เน็ท]. 2558. [เข้าถึงเมื่อ 29 สิงหาคม 2561] เข้าถึงได้จาก https://www.researchgate.net/profile/Prem_Rangsiwanichpong
4. วีรียา วิทยะ. การพยากรณ์และเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลัน [อินเทอร์เน็ท]. 2544. [เข้าถึงเมื่อ 29 สิงหาคม 2561] เข้าถึงได้ จาก http://kukr.lib.ku.ac.th/db/BKN/search_detail/result/120068
5. วีรศักดิ์ ฟองเงิน. การพยากรณ์ปริมาณน้ำในเขื่อนกิ่วลม โดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูล [อินเทอร์เน็ท]. 2560. [เข้าถึงเมื่อ 29 สิงหาคม 2561] เข้าถึงได้จาก http://www.mgts.lpru.ac.th/journal/index.php/mgts/article/view/452

[IT-P23] การพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ (จำแนกตามสำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์)

Prophecy Number of Tourists in the National Park Protected Areas Regional Office

รินณาภร กวินเธียรธนา[1,*], ณัฐชา มะโนเรือง[1], พรศิริ เสนีเสาวลักษณ์[1], ศิวฤทธิ์ สุนทรเสณี[1]และน้ำฝน อัศวเมฆิน[2]

Rinnaporn Kawinthienthana[1,*], NatthachaManoruang[1], Ponsiri Sayneesaowaluk[1], Sivarit Sultornsanee[1] and Namfon Assawamekin[2]

[1]หลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

[2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

[*]ผู้ประสานงานหลัก อีเมล:lcceeices99@gmail.com

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันอุทยานแห่งชาติมีความสำคัญในด้านการท่องเที่ยวและเป็นสถานที่ท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาวไทยและชาวต่างชาติเป็นอย่างมาก ในอนาคตหากอุทยานแห่งชาติมีนักท่องเที่ยวชาวไทยและชาวต่างชาติน้อยลง จะทำให้เศรษฐกิจไทยแย่ลง เพราะจำนวนนักท่องเที่ยวที่มาท่องเที่ยวอุทยานแห่งชาติส่งผลถึงรายได้หลักของประเทศไทย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติโดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูลเพื่อนำไปวางแผนการจัดการให้เหมาะสมกับจำนวนนักท่องเที่ยวในแต่ละวันโดยรวบรวมข้อมูลรายวัน ตั้งแต่ปี พ.ศ.2554 – พ.ศ.2561 รวม 7 ปี การวิจัยครั้งนี้ใช้เทคนิคเหมืองข้อมูลโดยใช้ระบบโครงข่ายประสาทเทียมในการพยากรณ์และทำการแบ่งชุดข้อมูล Training Data กับ Test Data ด้วยวิธี Holdout Methodผลการวิจัยพบว่า ผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ (จำแนกตามสำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์) โดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูลและระบบโครงข่ายประสาทเทียม พบว่ามีค่าความแม่นยำที่ดีที่สุดเท่ากับ 96.95% และค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองเท่ากับ 0.049394

***คำสำคัญ**: อุทยานแห่งชาติ, นักท่องเที่ยว, เหมืองข้อมูล, โครงข่ายประสาทเทียม, การพยากรณ์*

Abstract

National parks are most often formed when the government identifies an area of land rich in national history, rich in biodiversity, and environmentally important. Thai and foreign tourists visiting the Thai national parks, which just celebrated their centennial, provide a significant economic boost to the Thai tourism industry. The purpose of this research is to study and estimate the number of tourist arrivals in the national park. The data were collected from 2011 to 2018, 7 years, and the data were analyzed using data mining, and neural network for the forecasting. The data were divided into two sets namely Training Data and Test Data by Holdout method.The estimation accuracy of the proposed method is96.95% and Mean Squared Error (MSE) 0.049394. Furthermore, these accurate results indicate that the proposed method is very effective and amenable for practical implementation.

***Keywords:**nationalpark, tourist, data mining, neural network,forecasting*

บทนำ

ในปัจจุบัน ประเทศไทยมีแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติที่สวยงามทั้งทางบกและทางทะเลซึ่งเป็นที่นิยมของนักท่องเที่ยวจำนวนมากจึงเหมาะสำหรับใช้ประโยชน์ในการท่องเที่ยว โดยเป็นที่พักผ่อนหย่อนใจและผ่อนคลายความเครียดจากชีวิตประจำวันของคนทั่วไปอุทยานแห่งชาติเป็นสถานที่ที่มีทิวทัศน์สวยงามทั้งทิวเขา ทะเลสาบ ทุ่งหญ้า น้ำตก ฯลฯการท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติยังก่อให้เกิดธุรกิจการท่องเที่ยวและการบริการ นำรายได้มาสู่ภาครัฐและภาคเอกชน โดยเฉพาะราษฎรในท้องถิ่น ใน

ปัจจุบันอุทยานแห่งชาติตั้งแต่มีการประกาศจัดตั้งอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่เป็นอุทยานแห่งชาติแห่งแรกเมื่อปีพ.ศ.2505 จนถึงปัจจุบัน ประเทศไทยมีอุทยานแห่งชาติ จำนวนทั้งสิ้น 150 แห่ง (ประกาศจัดตั้งตามกฎหมายแล้ว 128 แห่ง และอยู่ระหว่างเตรียมประกาศจัดตั้งอีก 22 แห่ง) ในจำนวนนี้เป็นอุทยานแห่งชาติทางบก 124 แห่ง และอุทยานแห่งชาติทางทะเล 26 แห่ง เนื้อที่อุทยานแห่งชาติรวมทั้งสิ้น 43.86 ล้านไร่ หรือร้อยละ 13.68 ของเนื้อที่ประเทศ โดยกระจายอยู่ในทุกภูมิภาค และครอบคลุมเขตนิเวศหรือเขตชีวภาพทั้ง 6 เขต รวมทั้งระบบนิเวศธรรมชาติทั้งหมดที่ปรากฏในประเทศไทย อุทยานแห่งชาติมีความสำคัญกับเศรษฐกิจไทยและการท่องเที่ยวเป็นอย่างมากเป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่สามารถอำนวยความสะดวกแก่นักท่องเที่ยวชาวไทยและชาวต่างชาติ อุทยานแห่งชาติเป็นแหล่งที่สามารถดึงดูดเงินตราจากชาวต่างประเทศเป็นอย่างมาก และยังเป็นรายได้หลักของประเทศอีกด้วย ในอนาคต หากอุทยานแห่งชาติมีนักท่องเที่ยวชาวไทยและชาวต่างชาติน้อยลง จะทำให้เศรษฐกิจไทยแย่ลง เพราะจำนวนนักท่องเที่ยวที่มาท่องเที่ยวอุทยานแห่งชาติส่งผลให้เป็นรายได้หลักของประเทศไทย ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติเพื่อนำไปวางแผนการจัดการให้เหมาะสมกับจำนวนนักท่องเที่ยวในแต่ละวันเพื่อคาดการณ์จำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติในอนาคต และจัดการวางแผนส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติ วิจัยในการศึกษา พยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ สุภัตรา[1] ใช้ข้อมูลจำนวนนักท่องเที่ยวในอดีตมาวิเคราะห์หารูปแบบการเปลี่ยนเพื่อพยากรณ์ค่าในอนาคต โดยดูจากปัจจัยที่นำมาประกอบการพยากรณ์ได้แก่ อัตราการแลกเปลี่ยนเงินบาทต่อดอลลาร์สหรัฐ สภาพอากาศปริมาณน้ำฝน เงินฝืด เงินเฟ้อ น้ำมัน เพื่อนำไปพยากรณ์หาจำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ เพื่อมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในอนาคตประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษาในครั้งนี้ หน่วยงานรัฐที่กำกับดูแลเกี่ยวกับการท่องเที่ยวอุทยานแห่งชาติ สามารถนำผลวิจัยที่ได้ไปกำหนดนโยบายและแผนงานเกี่ยวกับการพัฒนาคุณภาพการบริการให้เพิ่มมากยิ่งขึ้นเพื่อเพิ่มนักท่องเที่ยวที่มาเที่ยวในอุทยานแห่งชาติในอนาคต และนักวิชาการและนักวิจัยอื่นๆ วิจัยอุทยานแห่งชาติ[2] สามารถนำข้อค้นพบทางด้านนักท่องเที่ยวที่มีคุณภาพการบริการในอุทยานแห่งชาติ ไปใช้ต่อยอดองค์ความรู้ในการท่องเที่ยวรูปแบบอื่นๆ ต่อไป จากจำนวนนักท่องเที่ยวที่เข้ามาท่องเที่ยวอุทยานแห่งชาติ เป็นสิ่งสะท้อนถึงความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวที่มีต่อคุณภาพการบริการของแหล่งท่องเที่ยว ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ (จำแนกตามสำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์) เพราะการศึกษาจะทำให้รู้ถึงจำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติว่ามีจำนวนนักท่องเที่ยวมากน้อยแค่ไหน เพื่อให้ผู้บริหารของภาครัฐและผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการบริหารจัดการอุทยานแห่งชาติสามารถกำหนดนโยบายและแผนงานเกี่ยวกับคุณภาพการบริการของอุทยานแห่งชาติ เพื่อตอบสนองความต้องการของนักท่องเที่ยวได้อย่างเหมาะสม อันจะนำไปสู่พฤติกรรมการท่องเที่ยวซ้ำ และการแนะนำในทางบวกของนักท่องเที่ยวที่มาท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ ธนกฤต[3] ได้ศึกษาการพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ(จำแนกตามสำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์) มีขอบเขตด้านเนื้อหา การวิจัยมุ่งศึกษาจำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ เพื่อทราบจำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ และเพื่อทราบถึงจำนวนนักท่องเที่ยวในอนาคต และ ผู้วิจัยศึกษาเฉพาะจำนวนนักท่องเที่ยวในอดีตของอุทยานแห่งชาติ 7 ปี เพื่อนำมาทำวิจัยให้เกิดประโยชน์ในครั้งนี้[4]

งานวิจัยนี้มีวัตุประสงค์เพื่อหาความสำคัญและประโยชน์ของพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ จึงได้วิเคราะห์จำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติเพื่อต้องการทราบถึงจำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ(จำแนกตามสำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์) ทั้งหมด 16 เขตพื้นที่อนุรักษ์และใช้ข้อมูลย้อนหลัง 7 ปี(2018-2011)ซึ่งผลที่ได้มาทำให้รับรู้ถึงจำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ ทำให้รับมือกับจำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติในอนาคต สำหรับผู้ที่สนใจในการจะศึกษาถึงจำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ เพื่อใช้ข้อมูลนี้ในการตัดสินใจได้ดียิ่งขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้วิจัยเรื่อง พยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ(จำแนกตามสำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์) มีวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้

1. ประเภทของงานวิจัย
2. ศึกษาข้อมูล
3. กลุ่มตัวอย่าง

4. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

1. ประเภทของงานวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เพื่อศึกษาถึงการพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ(จำแนกตามสำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์) โดยใช้ข้อมูลรายวันตั้งแต่วันที่ 23 สิงหาคม 2554-31กรกฎาคม 2561การศึกษาในครั้งนี้เราจะได้รู้ถึงจำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติมากขึ้นว่ามีคนนักท่องเที่ยวมาท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติรายวันแต่ละพื้นที่เป็นจำนวนเท่าไร จะได้รู้ว่าปัจจัยอะไรบ้างที่ทำให้ส่งผลต่อนักท่องเที่ยว ข้อมูลรายวันทั้งหมดจะอยู่ใน เว็บไซต์กรมอุทยานแห่งชาติทั้งหมด ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับในการศึกษาถึงการพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ(จำแนกตามสำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์) หวังว่าจะเป็นประโยชน์ภายในปัจจุบันและอนาคตต่อไป

2. ศึกษาข้อมูล

งานวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการศึกษาข้อมูลใน Google เว็บไซต์ต่างๆและศึกษาค้นคว้าจากห้องสมุด และหาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อที่จะนำข้อมูลมาทำวิจัยและพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ(จำแนกตามสำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์) ให้ผลได้มากที่สุด

3. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มนักท่องเที่ยวชาวไทย และนักท่องเที่ยวชาวต่างชาติที่มาท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ

4. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลบทวิจัยที่เกี่ยวข้องในการศึกษาโดยใช้เว็บไซต์ต่างๆและโปรแกรม Matlab, Microsoft Excel และ Microsoft Wordเพื่อพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ(จำแนกตามสำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์) ดังนี้

1. ได้ทำการรวบรวมจำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ(จำแนกตามสำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์)รายวันย้อนหลัง 7 ปี

2.ศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากบทวิจัยที่เกี่ยวข้องกับจำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติโดยใช้ทฤษฎีการทำเหมืองข้อมูล

3. นำข้อมูลจำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ รายวันย้อนหลัง 7 ปี นำมาหาค่าผลคำนวณสถิติเบื้องต้น Max, Min, Average, Variance, Standard Deviation

4. นำข้อมูลจำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ รายวันย้อนหลัง 7 ปี และปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ ทั้งหมด 8 ตัวแปรและรายวันย้อนหลัง 7 ปี มาทำกราฟ Scatter Plot เพื่อเปรียบเทียบ Input และ Output และนำข้อมูลมาทำกราฟ Box Plot และ Histogram

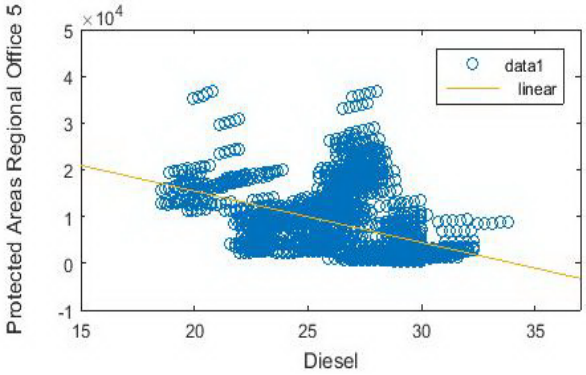
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการวิจัยได้ค้นพบว่าเมื่อเรานำข้อมูลรายวันย้อนหลัง 7 ปี มาทำกราฟ Scatter Plot, Box Plot, Histogram ของระบบการพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ(จำแนกตามสำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์) ด้วยวิธีการเรียนรู้โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network)

ตารางที่ 1 ตารางสถิติเบื้องต้น

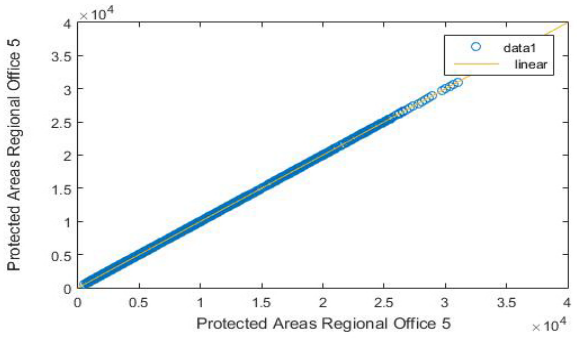
Feature Name	Exchange Rate (USD)	Minimum Temperature	Maximum Temperature	Rainfall	Diesel	Gasohol 95	Inflation	Deflation
Max	36.51	36.06	36.80	5.68	33.81	41.35	0.10	28.51
Min	26.90	22.20	22.66	1.40	18.52	22.10	-0.01	0.00
Average	32.14	26.86	27.41	3.40	27.14	32.31	0.01	0.04
Variance	3.51	12.16	12.67	0.32	7.85	36.87	0.00	0.34
Standard deviation	1.87	3.49	3.56	0.57	2.80	6.07	0.02	0.58

จากตารางที่ 1 เป็นการแสดงตารางค่าสถิติเบื้องต้น การเปรียบเทียบปัจจัยที่ทำให้จำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติเปลี่ยนแปลง



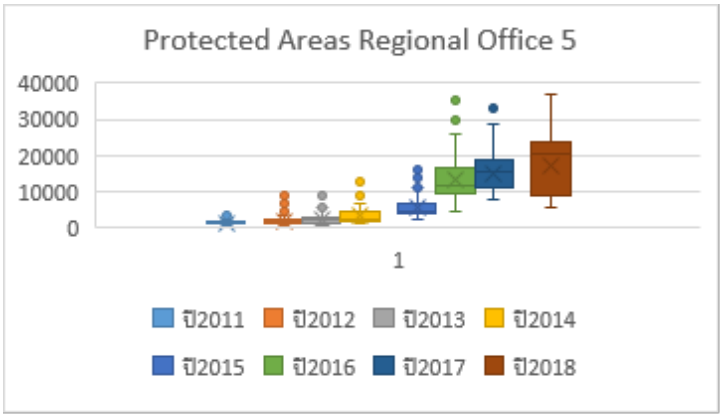
ภาพที่ 1 กราฟ Scatter Plotเปรียบเทียบระหว่าง Protected Areas Regional Office5 กับ Gasohol 95

จากภาพที่ 1 วิเคราะห์ได้ว่า Y= 28 - 0.00018 (x),ค่า Correlation = -0.43864 ระหว่าง Protected Areas Regional Office 5 เปรียบเทียบกับ Diesel ผลค่าคือ Correlation<0 มีความสัมพันธ์กันในเชิงลบ โดยค่าความสัมพันธ์เท่ากับ-0.43864 เมื่อค่า Diesel เพิ่มสูงขึ้น ค่า Protected Areas Regional Office 5 จะเพิ่มสูงขึ้นตาม และเมื่อราคา Diesel สูงขึ้นจะทำให้นักท่องเที่ยวลดลงอย่างเห็นได้ชัด



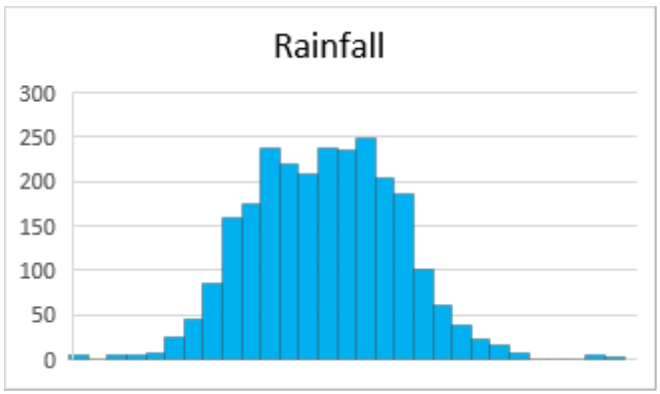
ภาพที่ 2 กราฟ Scatter Plot เปรียบเทียบระหว่าง Protected Areas Regional Office 5 กับProtected Areas Regional Office 5

จากภาพที่ 2 วิเคราะห์ได้ว่า Y = 0.0000015 + 1 (x), ค่า Correlation = 1 ระหว่าง Protected Areas Regional Office 5 เปรียบเทียบกับ Protected Areas Regional Office 5 ผลคือค่า Correlation>0 มีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก โดยค่าความสัมพันธ์เท่ากับ 1 เมื่อค่า Protected Areas Regional Office 5 เพิ่มขึ้น ค่า Protected Areas Regional Office 5 จะสูงขึ้นตาม และ เมื่อนำไปเปรียบเทียบตัวมันเองจะเห็นได้ว่าเพิ่มขึ้นไปในทางทิศเดียวกัน



ภาพที่ 3 กราฟ Boxplot แสดงผลของ Protected Areas Regional Office 5

จากภาพที่ 3 Boxplot แสดงข้อมูลสถิติค่า Output ของ Protected Areas Regional Office 5 ในแต่ละปี จำนวนนักท่องเที่ยว Max อยู่ในปี 2018 และค่า Min อยู่ในปี 2011



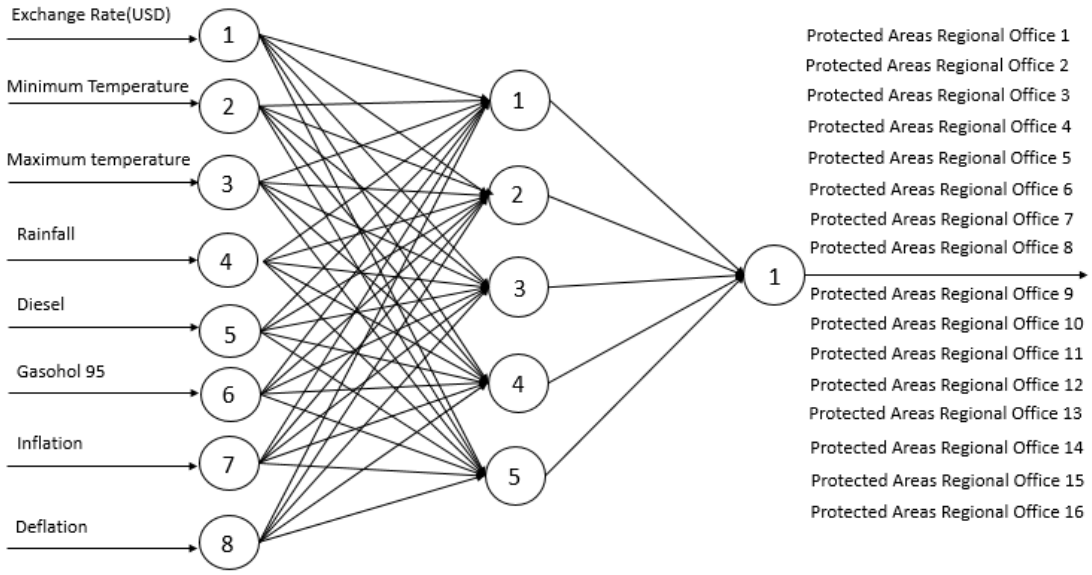
ภาพที่ 4 กราฟ Histogram แสดงผลของ Rainfall

จากภาพที่ 4 Histogram แสดงข้อมูล Rainfallจากภาพ สรุป Rainfall มีค่าการขึ้น-ลง ในระยะเวลา 7 ปี

ตารางที่ 2 โครงข่ายประสาทเทียม

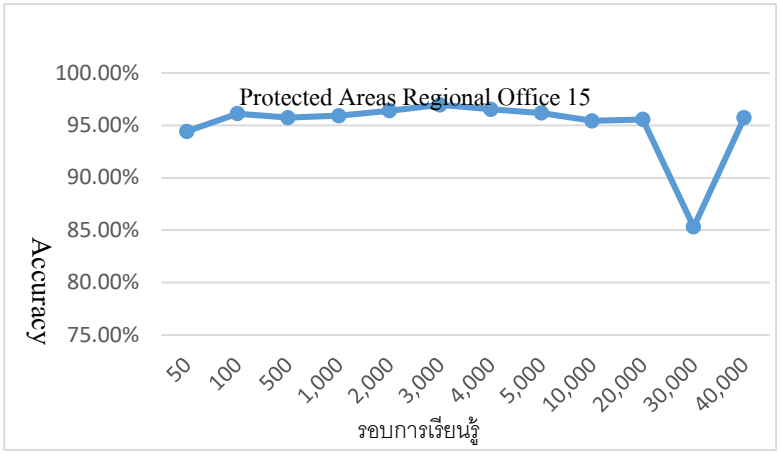
Output	รอบการเรียนรู้	Model	Activate Function	Accuracy	MSE of Testing
Protected Areas Regional Office 15	3,000	08-05-1	TansigTansig	96.95%	0.049394

จากตารางที่ 2 เป็นผลการทดลองโครงข่ายประสาทเทียมโดยการทดลองหลายๆ ครั้งเพื่อหาค่า Activate Function ที่ดีที่สุดเพื่อหารูปแบบฟังก์ชันการกระตุ้นที่ดีที่สุด โดยมีค่าความแม่นยำที่สุด คือ 96.95% ได้โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อการพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ(จำแนกตามสำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์) ค่าความแม่นยำที่สุดคือ 08-05-1 ของProtected Areas Regional Office 15



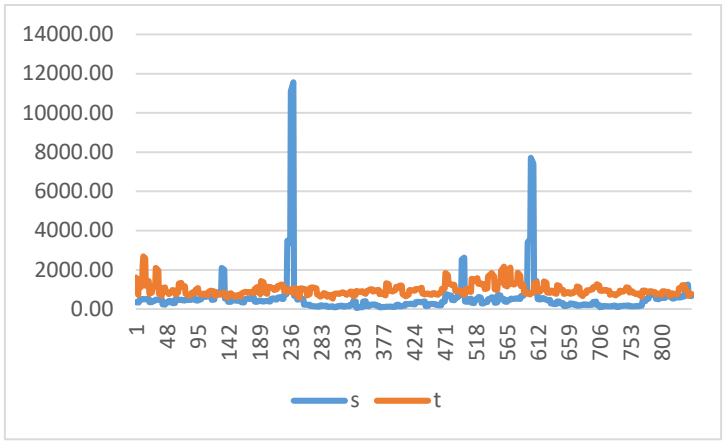
ภาพที่ 5 สถาปัตยกรรม Neural Network

จากภาพที่ 5 สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียม กำหนดชั้น Input มี 8 ตัว ได้แก่ Exchange Rate(USD),Minimum Temperature, Maximum Temperature, Rainfall, Diesel, Gasohol 95, Inflation, Deflation แต่ละตัวจะเป็นชื่อของปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ ชั้นซ่อนแล้วแต่กำหนด และชั้น Output 16 ตัวได้แก่ Protected AreasRegional Office1, Protected AreasRegional Office2, Protected AreasRegional Office3, Protected AreasRegional Office4, Protected AreasRegional Office5, Protected AreasRegional Office6, Protected AreasRegional Office7, Protected AreasRegional Office8, Protected AreasRegional Office9, Protected AreasRegional Office10, Protected AreasRegional Office11, Protected AreasRegional Office12, Protected AreasRegional Office13, Protected AreasRegional Office14, Protected AreasRegional Office15, Protected AreasRegional Office16, เป็นผลลัพธ์ที่ต้องการ



ภาพที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรอบการเรียนรู้กับค่าความแม่นยำ

จากภาพที่ 6 จะเห็นได้ว่าโมเดล 08-05-1 เมื่อมีการรันรอบการเรียนรู้ 3,000 รอบ จะมีค่าความแม่นยำ (Accuracy) ที่ดีที่สุด คือมีค่าความแม่นยำ 96.95%



ภาพที่ 7 กราฟเส้นแสดงการเปรียบเทียบระหว่าง S กับ T

ภาพที่ 7 กราฟแสดงจำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ พื้นที่ 15 (s) และจำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ พื้นที่ 15 พยากรณ์ (t) ตั้งแต่วันที่ 23/8/54-31/7/61

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยได้รู้ถึงการพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ (จำแนกตามสำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์) ในแต่ละวันย้อนหลัง 7 ปี ได้ทราบถึงจำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ รายวันของแต่ละวัน เป็นข้อมูลจริง และที่มาและความสำคัญ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติเพื่อนำไปวางแผนการจัดการให้เหมาะสมกับจำนวนนักท่องเที่ยวในแต่ละวันเพื่อคาดการณ์จำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติในอนาคต และจัดการวางแผนส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติ โดยข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้เป็นตารางข้อมูลดิบรายวันย้อนหลังทั้งหมด 7 ปี นำมาใช้ในการหาค่าสถิติเบื้องต้น โดยมี Max ค่าที่สูงที่สุด Min ค่าที่ต่ำที่สุด Average ค่าเฉลี่ย Standard Deviation ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน Correlation การหาค่าความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปรว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ และได้ทำการสร้างกราฟต่างๆเพื่อใช้ในการศึกษา เช่น Scatter Plot กราฟเปรียบเทียบและกราฟที่ใช้แสดงค่าของข้อมูลที่เกิดจากความสัมพันธ์ของตัว

แปรสองตัวว่ามีแนวโน้มไปในทางใด เพื่อที่จะใช้หาความสัมพันธ์ที่แท้จริงกราฟ Boxplot คือกราฟวิเคราะห์ข้อมูลทั้งค่าในเฉลี่ยและค่าผันแปร กราฟ Box Plot จะบอกค่า Max, Mean, Median, Min กราฟ Histogram เป็นกราฟแท่งที่แสดงความถี่ของข้อมูลนั้นๆ แบบเรียงจากมากไปน้อย กราฟ Histogram แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเป็นหมวดหมู่ที่เรียกว่าชั้นข้อมูลกับความถี่ของข้อมูล เพื่อดูการกระจายของข้อมูล ตารางข้อมูลของจำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ(จำแนกตามสำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์) ย้อนหลังทั้งหมด 7 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 – พ.ศ. 2561 มี Input ทั้งหมด 8 ตัว และ มี Output ทั้งหมด 16 ตัว มีข้อมูลทั้งหมด 2,532 แถวรูปแบบฟังก์ชันการกระตุ้นที่ดีที่สุดของการพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ โดยมีค่าความแม่นยำที่สุดคือ 96.95% ได้โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อการพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวในอุทยานแห่งชาติ(จำแนกตามสำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์) ค่าความแม่นยำที่สุดคือ 08-05-1ของProtected Areas Regional Office 15ข้อจำกัดของงานวิจัยนี้ คือ ปัจจัยที่ใช้ในงานนี้มีน้อยหากมีปัจจัยที่ส่งผลต่ออุทยานแห่งชาติมากกว่านี้ จะทำให้ค่าความแม่นยำมีผลมากขึ้นต่องานที่จะทำต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

1. สุภัตรา ทองเพรช. (2560).การสร้างและพัฒนาสื่อการท่องเที่ยวประเภทเว็บไซต์เพื่ออนุรักษ์สิ่งแวดล้อมในอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย(ออนไลน์) อ้างอิงจากhttps://www.tci-thaijo.org/index.php/jtir/article/view/49509
2. วิจัยอุทยานแห่งชาติ. (2559).กลุ่มงานวิจัยอุทยานแห่งชาติระบบนิเวศป่าไม้และสิ่งแวดล้อม
3. ธนกฤต สุทธินันทโชติ. (2559).ความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวชาวไทยในอุทยานแห่งชาติธารเสด็จ - เกาะพะงัน จังหวัดสุราษฎ์ธานี เข้าถึงได้จากhttp://graduate.hu.ac.th/thesis/2558/mba/Thanakrit.pdf
4. สำนักกรมอุทยานแห่งชาติ.(2555).สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช - กรมอุทยานแห่งชาติ

[IT-P24] การพยากรณ์ราคาผลไม้อะโวคาโดในสหรัฐอเมริกา

Estimating Avocado Prices in Multiple US Markets Using Artificial Neural Network

ภัทรยุทธ เพชรรัตน์[1,*], เอกสุชิณ เพียรสุภาพ[1], ศิริพงษ์ เฉลิมวงศ์วิวัฒน์[1], ศิวฤทธิ์ สุนทรเสณี[1], และน้ำฝน อัศวเมฆิน[2]
Pattarayut Petcharat[1,*], Eksuchin Phiensuparp[1], Siripong Charoumwongwiwat[1], Sivarit Sultornsanee[1] and Namfon Assawamekin[2]
[1]หลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
[2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
**ผู้ประสานงาน อีเมล:* yotogo2@hotmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบัน คนไทยหันมาใส่ใจสุขภาพกันมากขึ้น เริ่มต้นจากการเลือกรับประทานอาหารที่มีประโยชน์ โดยเฉพาะผักผลไม้ “อะโวคาโด” นับเป็นอีกหนึ่งตัวเลือกสำหรับผลไม้เพื่อสุขภาพ อะโวคาโดหรือลูกเนย เป็นผลไม้ที่มีเนื้อมันเหมือนเนย นิยมรับประทานกันมานานในอเมริกาและยุโรป อะโวคาโด ได้รับการกล่าวถึงเป็นอย่างมากในกลุ่มของอาหารเพื่อสุขภาพ เนื่องจากอุดมไปด้วยแร่ธาตุและสารอาหารที่จำเป็นสำหรับร่างกายมากกว่าผลไม้ชนิดอื่น ความนิยมบริโภคอะโวคาโดเพิ่มขึ้นระดับโลก จึงส่งผลให้ความนิยมในประเทศไทยเพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยการศึกษาครั้งนี้เป็นการพยากรณ์ราคาผลไม้อะโวคาโดใน 53 เมืองในสหรัฐอเมริกา ใช้ทฤษฎีการทำเหมืองข้อมูลมาเกี่ยวข้อง เพื่อให้ทราบถึงราคาขายและมูลค่าในตลาดผลไม้อะโวคาโดในแต่ละเมืองทั้งหมด 53 เมืองในสหรัฐอเมริกา โดยสมาชิกนามว่า Justin Kiggins ผู้วิจัยได้ทำการประมวลข้อมูลได้ค่าความแม่นยำสูงสุดอยู่ที่ 92.61% ที่โมเดล 6-11-1 ในการคำนวณหาค่าพยากรณ์ราคาผลไม้อะโวคาโด แสดงให้เห็นถึง ราคาขายของผลไม้อะโวคาโดของแต่ละเมืองที่แตกต่างกัน เพื่อเป็นข้อมูลให้กับผู้ที่สนใจจะทำธุรกิจผลไม้ชนิดนี้ รวมถึงเพื่อเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรชาวไทยที่สนใจส่งออกผลไม้อะโวคาโด

คำสำคัญ*: อะโวคาโด, โครงข่ายประสาทเทียม, อาหารเพื่อสุขภาพ*

Abstract

These days, the avocado has become an incredibly popular food among health-conscious individuals. It’ s often referred to as a superfood, which is not surprising given its health properties. Avocado is a common fruit in Europe and America, it has been told as healthy food due to it has a higher in essential mineral and nutrient for the body than the other fruits. The increases in avocado popular at the global level result in it popular in Thailand as well. This research aims to study and forecast avocado prices in 53 cities in the USA using an artificial neural network through the member named Justin Kiggins. The estimation accuracy of the proposed method is 92.61% with the model 6-11-1 to estimate the price of avocado which is different in each city. This is the good data for the one who interest in this fruit business. Furthermore, these accurate results indicate that the proposed method is very effective and amenable for practical implementation.

Keywords: *avocado, artificial neural network, healthy food*

บทนำ

ปัจจุบันคนไทยนิยมใส่ใจสุขภาพกันมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการออกกำลังกาย การรับประทานผักและผลไม้ หรือการหาข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ได้วิธีที่ดีที่สุด หนึ่งในนั้นมักจะมีผลไม้ชนิดหนึ่งที่ต้องมีนั้นคือ “อะโวคาโด” โดยจัดเป็นอีกหนึ่งตัวเลือกในผักและผลไม้เพื่อสุขภาพ อะโวคาโดเป็นผลไม้ที่มีผิวที่มีลักษณะขรุขระ เปลือกหนา มีสีเขียวเข้ม เมื่อสุกจัดจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงหรือดำ เนื้ออะโวคาโดจะมีลักษณะเป็นครีม อ่อนนุ่ม มีรสชาติคล้ายเนย เนื่องจากมีสารอาหารที่มีคุณประโยชน์มากจึงนิยมทานเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ เพราะมีแร่ธาตุและสารอาหารที่จำเป็นสำหรับร่างกาย ทำให้เป็นที่นิยมของคนไทยและมีความต้องการบริโภคมากขึ้น (ความสำคัญ คุณค่า และคุณประโยชน์ของอะโวกาโด กรมวิชาการเกษตร) อะโวคาโดนั้นนอกจากนิยมรับประทานแล้ว ยังสามารถบำรุงผิวได้อีกด้วย ผลไม้ชนิดนี้เป็นที่นิยมในแถบอเมริกา ทำให้ผลไม้ชนิดนี้เป็นที่ต้องการของตลาดและยังมีราคาสูง

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม และจากสภาวะแวดล้อมในปัจจุบันของคนไทยที่มีความตื่นตัวกับกระแสรักสุขภาพกันมากขึ้น สืบเนื่องมาจากการรณรงค์จากทางภาครัฐและเอกชนที่ส่งเสริมให้ผู้คนใส่ใจในเรื่องสุขภาพ และให้ความสำคัญในเรื่องของความปลอดภัยในอาหารมากขึ้น กนกพร[1] พบว่าแนวโน้มพฤติกรรมการบริโภคอาหาร ถือได้ว่าเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อสุขภาพ การเลือกอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายและปลอดสารเคมี ย่อมส่งผลดีต่อสุขอนามัยของผู้บริโภค W. Mahomed[6] ได้ศึกษาอะโวคาโดเติบโตขึ้นในเชิงพาณิชย์เกือบ 50 ประเทศ โดยอุตสาหกรรมอะโวคาโดของแอฟริกาใต้มีบทบาทสำคัญในการจัดหาอะโวคาโดของโลกในปี 2550 การผลิตอะโวคาโดของแอฟริกาใต้ทั้งหมด 65,000 ตันและมูลค่ารวม 226 ล้าน ทำให้ประเทศนี้เป็นประเทศผู้ส่งออกรายใหญ่อันดับหนึ่งของโลก อลงกต[5] ได้ให้ข้อสรุปว่าอะโวคาโดได้มาจัดจำหน่ายที่ประเทศไทยเป็นอันดับต้นๆ โดยมีการผลิต อะโวคาโดมากที่รัฐควีนส์แลนด์และรัฐเซาท์เวลส์ โดยผลิตได้ประมาณ 60 และ 30 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งพันธุ์ Hass เป็นพันธุ์ที่มีความสำคัญมากที่สุด และมีการปลูกอย่างกว้างขวางในภูมิภาคต่างๆของประเทศออสเตรเลีย ทางคณะผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องสำหรับผลไม้มา 3 ชนิด ได้แก่ วรางคณา[3] ได้ศึกษา ตัวแบบพยากรณ์ราคาทุเรียนหมอนทอง วรางคณา[4] ได้ศึกษาตัวแบบพยากรณ์ราคามังคุดคละ ณัฐพล[2] ได้ศึกษาการพยากรณ์อุปสงค์การนำเข้าองุ่นสดจากประเทศจีน ทำให้ได้ผลสรุปว่า ถ้าราคาผลไม้ขึ้น อาจทำให้ราคาอะโวคาโดนั้นเพิ่มสูงขึ้นไปด้วย จากงานวิจัยข้างต้น จะเห็นได้ว่า ยังไม่มีงานวิจัยใดที่พยากรณ์ผลไม้อะโวคาโด ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพยากรณ์ราคาผลไม้อะโวคาโด ถ้าราคาผลไม้โดยรวมเพิ่มขึ้น จะทำให้ราคาของอะโวคาโดนั้นเพิ่มสูงขึ้นด้วย

ทางคณะผู้วิจัยเล็งเห็นความสำคัญและคุณประโยชน์ของผลไม้ชนิดนี้ จึงได้ทำการวิเคราะห์การพยากรณ์ราคาผลไม้ชนิดนี้ขึ้นเพื่ออยากจะทราบว่าในแต่ละเมืองราคาของผลไม้อะโวคาโดเป็นอย่างไรโดยเปรียบเทียบข้อมูลแต่ละเมือง ทั้งหมด 53 เมือง และใช้ข้อมูลย้อนหลัง 3 ปี (2015-2017) ซึ่งผลที่ได้มาทำให้รับรู้ถึงราคาผลไม้อะโวคาโด ทำให้รับมือหรือวางแผนในการสั่งซื้อหรือทำธุรกิจ ซึ่งการวิเคราะห์นี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับผู้ที่สนใจในการทำธุรกิจประเภทนี้และเกษตรกรชาวไทยที่สนใจส่งออกผลไม้ เพื่อใช้ข้อมูลนี้ในการตัดสินใจได้ดียิ่งขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เรื่องการพยากรณ์ราคาผลไม้อะโวคาโดของ 53 เมืองในสหรัฐอเมริกา มีวิธีการดำเนินงานวิจัยดังนี้

1. ประเภทของงานวิจัย 2. กลุ่มตัวอย่าง 3. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

1. ประเภทของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาถึงราคาผลไม้อะโวคาโดของ 53 เมืองในสหรัฐอเมริกา โดยใช้ข้อมูลรายสัปดาห์ นับตั้งแต่วันที่ 4 มกราคม 2558 – 31 ธันวาคม 2560 ซึ่งคาดว่าการศึกษาในครั้งนี้จะสามารถรู้เรื่องเกี่ยวกับราคาผลไม้อะโวคาโดของ 53 เมืองในสหรัฐอเมริกา ของแต่ละปีว่าแต่ละปี ราคาผลไม้อะโวคาโดแตกต่างกันอย่างไร และสามารถนำปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อราคาผลไม้อะโวคาโดมาพยากรณ์เพื่อความแม่นยำของราคาอะโวคาโด งานวิจัยนี้หวังว่าจะเป็นประโยชน์ต่อบุคคลที่สนใจในเรื่องของการเกษตรหรืออุตสาหกรรมส่งออกในปัจจุบันและอนาคต

2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นข้อมูลทุติยภูมิโดยใช้ข้อมูลจากทางเว็บไซต์ Kaggle.com ข้อมูลย้อนหลัง 3 ปี (2558-2560) มีทั้งหมด 53 เมือง ได้แก่ 1. Albany 2. Atlanta 3. Baltimore Washington 4. Boise 5. Boston 6. Buffalo Rochester 7. California 8. Charlotte 9. Chicago 10. Cincinnati Dayton 11. Columbus 12. Dallas Ft Worth 13. Denver 14. Detroit 15. Grand Rapids 16. Great Lakes 17. Harrisburg Scranton 18. Hartford Springfield 19. Houston 20. Indianapolis 21. Jacksonville 22. Las Vegas 23. Los Angeles 24. Louisville 25. Miami Ft Lauderdale 26. Midsouth 27. Nashville 28. New Orleans Mobile 29. New York 30. Northeast 31. Northern New England 32. Orlando 33. Philadelphia 34. Phoenix Tucson 35. Pittsburgh 36. Plains 37. Portland 38. Raleigh Greensboro 39. Richmond Norfolk 40. Roanoke 41. Sacramento 42. San Diego 43. San Francisco 44. Seattle 45. South Carolina 46. South Central 47. Southeast 48. Spokane 49. St Louis 50. Syracuse 51. Tampa 52. West 53. West Texas New Mexico

3. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจและเก็บข้อมูลบทวิจัยที่เกี่ยวข้องในการศึกษาเรื่อง การพยากรณ์ราคาผลไม้อะโวคาโดของ 53 เมืองในสหรัฐอเมริกา ดังนี้

1. ศึกษารวบรวมข้อมูลจากบทวิจัยที่เกี่ยวกับเรื่อง พยากรณ์ราคาผลไม้อะโวคาโด โดยใช้ทฤษฎีการทำเหมืองข้อมูล
2. รวบรวมข้อมูลราคาผลไม้อะโวคาโด เมืองในสหรัฐอเมริกา 53 ย้อนหลัง ปี 3
3. รวบรวมหาค่าสถิติเบื้องต้นและค่า Correlation matrix และการทำกราฟโดยใช้ Scatter และใช้โปรแกรม Matlab, Microsoft Word, Microsoft Excel ในการรวบรวมข้อมูลและประมวลผล

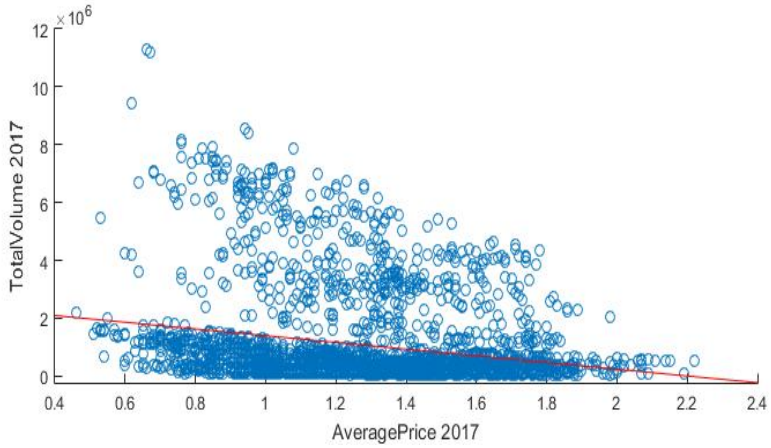
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการวิจัยได้ค้นพบสถิติเบื้องต้น Min-Max Average, ตารางข้อมูลดิบ, Shot Paper, ตาราง Correlation Matrix, กราฟ Scatter Plot, Neural Network

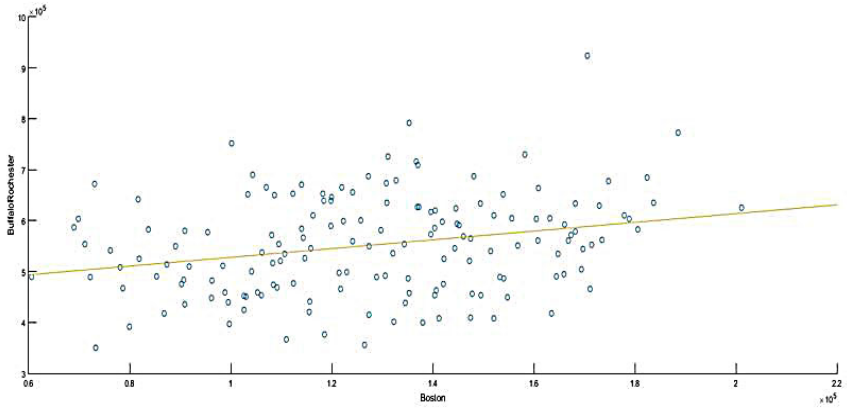
ตารางที่ 1 แสดงค่าผลคำนวณสถิติเบื้องต้น

	Average price	total volume	4046	4225	4770	Total Bags	Small Bags	Large Bags	XLarge Bags
max	2.22	11274749.11	5160897	5246830.25	804558.25	4145406.7	3403581.49	1627453.06	130892.8
min	0.46	33699.68	72.06	1518	0	3047.17	1119.18	0	0
average	1.161544471	1028512.778	356995.5	364575.0931	29413.33638	277440.1155	213110.9978	60626.81287	3702.303623

จากตารางที่ 1 เป็นการแสดงตารางค่าสถิติเบื้องต้นของข้อมูลราคาอะโวคาโด โดยนำข้อมูลมาจาก Justin Kiggins ในเว็บไซต์ Kaggle เพื่อนำมาวิจัยพยากรณ์ราคาผลไม้อะโวคาโด 53 เมืองในสหรัฐอเมริกา มี Attribute 10 ตัว ได้แก่ 1. Average Price คือค่าเฉลี่ยของราคาผลไม้อะโวคาโด 2. Total Volume คือ มูลค่าทั้งหมดของผลไม้อะโวคาโด 3. 4046 (Small Hass) คือ อุตสาหกรรมของอะโวคาโดขนาดเล็ก 4. 4225 (Large Hass) คือ อุตสาหกรรมของอะโวคาโดขนาดใหญ่ 5. 4770 (Extra Large Hass) คือ อุตสาหกรรมของอะโวคาโดขนาดใหญ่ที่สุด 6. Total Bags คือ ผลผลิตโดยรวมของอะโวคาโด 7. Small Bags คือ ผลผลิตขนาดเล็กของอะโวคาโด 8. Large Bags คือ ผลผลิตขนาดใหญ่ของอะโวคาโด 9. XLarge Bags คือ ผลผลิตขนาดใหญ่มากของอะโวคาโด 10. Region คือ เมืองที่ขายอะโวคาโด



ภาพที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง Average Price 2017 กับ Total Volume 2017 โดยใช้การคำนวนแกนx,แกนy



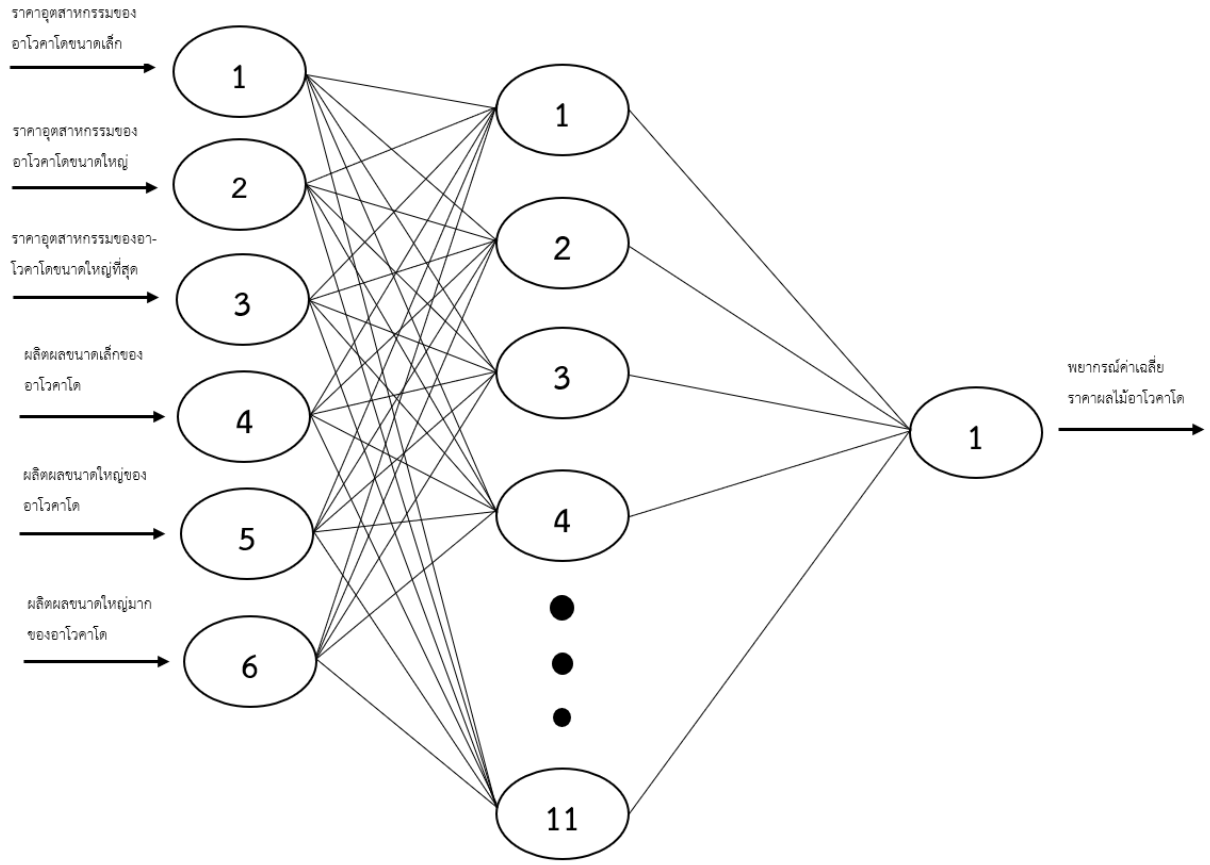
ภาพที่ 2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบ Total Volume ระหว่าง เมือง Buffalo Rochester กับเมือง Boston ค่า Correlation = 0.53577

จากภาพที่ 2 วิเคราะห์ได้ว่าระหว่างเมือง Buffalo Rochester กับ เมือง Boston มีค่า Correlation > 0 มีความสัมพันธ์กันในเชิงบวกโดยค่าความสัมพันธ์เท่ากับ 0.53577

ตารางที่ 2 โครงข่ายประสาทเทียม

Model	Activate Function		Accuracy
6-11-1	Logsig	Tansig	92.61%

จากตารางที่ 2 เป็นผลการทดลองโครงข่ายประสาทเทียมโดยการทดลองหลายๆ ครั้งเพื่อหารูปแบบฟังก์ชันการกระตุ้นที่ดีที่สุด โดยมีค่าความแม่นยำที่มากที่สุด คือ 92.61% ได้โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อการพยากรณ์ราคาผลไม้อะโวคาโดของ 53 เมืองในสหรัฐอเมริกาที่ดีที่สุด คือ 6-11-1



ภาพที่ 3 Neural Network Architecture

จากภาพที่ 3 เป็นการเอา Output 1 ตัวและInput 6 ตัวราคาอุตสาหกรรมของอะโวคาโดขนาดเล็ก ราคาอุตสาหกรรมของอะโวคาโดขนาดใหญ่ ราคาอุตสาหกรรมของอะโวคาโดขนาดใหญ่ที่สุด ผลผลิตขนาดเล็กของอะโวคาโด ผลผลิตขนาดใหญ่ของอะโวคาโด ผลผลิตขนาดใหญ่มากของอะโวคาโด Output ราคาเฉลี่ยผลไม้อะโวคาโด

สรุป

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพยากรณ์ราคาผลไม้อะโวคาโดมีเป็นจำนวนมาก ไม่ว่าจะเป็นงานวิจัยของต่างประเทศหรืองานวิจัยที่จัดทำขึ้นในประเทศของเรา และสิ่งที่เราได้ค้นพบนั้นก็คือ ความแตกต่างของตัวแปร หรือสูตรที่ใช้คำนวณ ซึ่งนั้นเองเป็นการจุดประกายความคิดของทางคณะผู้วิจัย ทำให้เกิดความสงสัย เกิดความคิดต่อยอดที่จะสามารถนำความรู้ที่ได้ศึกษามานี้ นำไปพัฒนาอย่างไรให้เกิดประโยชน์สูงสุดทางคณะผู้วิจัยจึงได้จัดทำงานวิจัยนี้ขึ้นเพื่อเป็นการศึกษาพยากรณ์ราคาผลไม้อะโวคาโดที่มีประสิทธิภาพและมีความแม่นยำสูงสุด โดยการศึกษาจากงานวิจัยที่ผ่านมาเพื่อค้นหากรรมวิธีต่างๆ ที่จะทำให้เราสามารถพยากรณ์ราคาผลไม้อะโวคาโดได้อย่างถูกต้องแม่นยำ แต่ข้อจำกัดของงานนี้คือ การใช้ข้อมูลของปีก่อนๆ ซึ่งทำให้ข้อมูลไม่มีการอัพเดทใดๆ และทำการศึกษาปัจจัยเพียงบางอย่างเท่านั้น ถ้าศึกษาปัจจัยมากกว่านี้ อาจจะได้ค่าความแม่นยำมากกว่านี้

เอกสารอ้างอิง

1. กนกพร นาคชาตรี. (2554). พฤติกรรมการซื้อผักและผลไม้ปลอดสารพิษ จากร้านโกลเด้นเพลสของผู้บริโภคใน กรุงเทพมหานคร [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อวันที่ 12 กันยายน 2561] เข้าถึงได้จาก http://ir.swu.ac.th/xmlui/bitstream/handle/123456789/703/Kanokporn_N.pdf?sequence=1
2. ณัฐพล เลิศศิวนนท์. (2557) การพยากรณ์อุปสงค์การนำเข้าองุ่นสดจากประเทศจีน [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อวันที่ 17 พฤษภาคม 2562] เข้าถึงได้จาก https://www.rsu.ac.th/sathorn/journal/2557volumes1P/4.pdf?fbclid=IwAR3Y2DcwrNpmu_RjJ1O55xssygbNzwUihGzGMahlBu7HIkvtwySoAmtm778
3. วรางคณา เรียนสุทธิ์. (2559) ตัวแบบพยากรณ์ราคาทุเรียนหมอนทอง [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อวันที่ 17 พฤษภาคม 2562] เข้าถึงได้จาก http://www.thaiscience.info/Journals/Article/JSMU/10985198.pdf?fbclid=IwAR0_5l5Mk62nJ8FSLoAPR61zOD7XYEKkkeqmdzBtmz_fZQTEl9CBWl7GHYQ
4. วรางคณา เรียนสุทธิ์. (2560) ตัวแบบพยากรณ์ราคามังคุดคละ [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อวันที่ 17 พฤษภาคม 2562] เข้าถึงได้จาก http://www.ubu.ac.th/web/files_up/08f2017111114391720.pdf?fbclid=IwAR32umbszo9iXNk9EFXq5yNrka3Vqcad0n5ncm1SAIEJDeCvv1ZXTcj5bD8
5. อลงกต โพธิ์ดี. (2554). การศึกษาวิเคราะห์และประเมินความเสี่ยงศัตรูพืชของผลอะโวคาโดสด [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 12 กันยายน 2561] เข้าถึงได้จาก http://www.doa.go.th/research/attachment.php?aid=209
6. W. Mahomed. (2553). การจัดลำดับยีนของอะโวคาโด [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อวันที่ 13 กันยายน 2561] เข้าถึงได้จาก https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254629910000918

[IT-P25] การพัฒนาระบบบริการของวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์

The Development of Chulabhorn International College of Medicine (CICM) Service System

กิตติศักดิ์ สิงห์สูงเนิน* และ จีรยุทธ ศรประจักรชัย
Kittisak Singsungnoen and Jeerayut Sornprajakchai
หลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: kittisak.sing@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบบริการของวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อออกแบบและพัฒนา CICM Service System 2) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของ CICM Service System และ 3) เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ของ CICM Service System วิธีการดำเนินการประกอบด้วย 3 ระยะ ดังนี้ ระยะที่ 1 การออกแบบและพัฒนา ดำเนินการออกแบบและพัฒนา CICM Service System โดยใช้หลักการของ วงจรการพัฒนาระบบมาเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ ออกแบบและพัฒนา CICM Service System ในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชั่น โดยโปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาประกอบด้วย PHP, MySQL, Bootstrap3 และ Cascading Style Sheet 3 (CSS3) ระยะที่ 2 การประเมินประสิทธิภาพ นำระบบ CICM Service System ที่ได้ผ่านการออกแบบและพัฒนา นำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาระบบ จำนวน 5 ท่าน ระยะที่ 3 การประเมินความพึงพอใจ นำ CICM Service System ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ไปทดลองใช้กับผู้ใช้งานของระบบจำนวน 22 ท่าน ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาระบบ จำนวน 5 ท่าน และผู้ใช้งานของระบบจำนวน 22 ท่าน เครื่องมือในการศึกษา ประกอบด้วย แบบประเมินประสิทธิภาพของ CICM Service System และแบบประเมินความ พึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อ CICM Service System โดยใช้มาตรส่วน 5 ระดับ (Likert Scale) ผลจากการศึกษา พบว่า 1) จากการประเมินประสิทธิภาพ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาระบบ จำนวน 5 ท่าน พบว่าโดยรวม CICM Service System มีประสิทธิภาพ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.43, S.D.= 0.49) แต่เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ในด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันของระบบ มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.67, SD.= 0.51) 2) จากการประเมินความพึงพอใจ โดยรวมความพึงพอใจที่มีต่อ CICM Service System อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.37, S.D.= 0.70) แต่เมื่อพิจาณาเป็นรายข้อ จะเห็นว่าหัวข้อที่มีค่าความพึงพอใจสูงที่สุดคือ การเข้าสู่ระบบ CICM Service System มีความปลอดภัย มีค่าความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.50, S.D.= 0.60) และหัวข้อที่มีค่าความพึงพอใจต่ำที่สุดคือ ระบบมีหน้าจอที่สวยงาม สบายตา มีค่าความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.23, S.D.= 0.75)

คำสำคัญ: *เว็บแอปพลิเคชั่น, ระบบบริการ*

Abstract

This research is the development of Chulabhorn International College of Medicine (CICM) Service System has the following objectives: 1) To design and develop CICM Service System, 2) to evaluate the performance of CICM Service System, and 3) to measure the satisfactory level of CICM Service System users. The research contains 3 phases. Phase1: Design and development. This phase deals with designing and developing CICM Service System by using the principle of System Development Life Cycle (SDLC) as a guideline for analysis. CICM Service System will be designed and developed into a web application by using development software such as PHP, MySQL, Bootstrap3, and Cascading Style Sheet 3 (CSS3). Phase2: Performance evaluation. After the system has undergone design and development, CICM Service System will

be presented to the 5 system development experts. Phase3: Satisfactory level measurement. CICM Service System, approved by the experts' recommendation and adjustment, will be deployed to 22 system users. The sample population includes the 5 system development experts and 22 system users. The research methodology consists of CICM service system performance evaluation form and CICM service system satisfactory level form using 5 Likert scales. We discovered that 1) From performance evaluation by 5 system development experts, CICM service system has the highest performance at ($\bar{x}$ = 4.43, S.D. = 0.49), but when measuring the function of the system, the highest performance is ($\bar{x}$ = 4.67, S.D. = 0.51). 2). User satisfactory level for CICM service system is measured at ($\bar{x}$=4.37, S.D.=0.70). Regardless, when measuring separately, the topic with the highest level of user's satisfactory is CICM service system login security, which has the highest performance at ($\bar{x}$ = 4.50, S.D. = 0.60). The topic with the lowest level of user's satisfactory is the system has a beautiful and comfort-looking interface, which has the user's satisfactory level at ($\bar{x}$ = 4.23, S.D. = 0.75).
Keywords: *web application, service system*

บทนำ

ปัจจุบัน Thailand 4.0 เป็นนโยบายของรัฐบาลที่จะเปลี่ยนระบบเศรษฐกิจของประเทศไทยจากรูปแบบเดิมไปสู่รูปแบบใหม่ โดยเปลี่ยนเศรษฐกิจเป็น "ทำน้อย ได้มาก" ที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม มุ่งสร้างสังคมคุณภาพ และมุ่งสู่การเป็นประเทศที่มีความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน รัฐบาลจึงได้กำหนดวิสัยทัศน์ประเทศไทยเพื่อเปลี่ยนประเทศไปสู่ยุค Thailand 4.0 ทำให้ประเทศไทยเป็นประเทศเศรษฐกิจใหม่ (New Engines of Growth) เป็นประเทศที่มีรายได้สูงขึ้น โดยเปลี่ยนจากการผลิตสินค้าโภคภัณฑ์ไปสู่สินค้านวัตกรรม เปลี่ยนจากการขับเคลื่อนประเทศด้วยภาคอุตสาหกรรมไปสู่การขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เน้นเรื่องการบริหารจัดการและการนำเทคโนโลยีมาใช้ [(1)]

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ โดยท่านอธิการบดี รองศาสตราจารย์ เกศินี วิฑูรชาติ มีนโยบายในการสร้าง Smart Organization โดยบูรณาการ คน เงิน ระบบงาน บนฐานเทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อทำให้มหาวิทยาลัยทำงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดตามแนวคิดความเป็นองค์กรเพรียวกระชับ ลดขั้นตอนการทำงาน ใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีอย่างเต็มที่ ใช้งบประมาณอย่างเหมาะสม และมีประสิทธิภาพสูง[(2)] ดังนั้น เพื่อให้สอดคล้องต่อนโยบายดังกล่าว วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ (Chulabhorn International College of Medicine: CICM) จึงกำหนดนโยบายในการพัฒนาระบบบริหารงาน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ทันสมัย รองรับระบบการบริหารจัดการ เช่น โปรแกรมระบบสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์ โปรแกรมระบบการจองห้องเรียน ห้องประชุม โปรแกรมระบบการจองรถยนต์ แต่ยังไม่มีโปรแกรมรองรับระบบการแจ้งซ่อมบำรุง

ปัญหาที่ทำให้เกิดแนวคิดในการจัดทำโปรแกรมระบบการแจ้งซ่อมบำรุง ของฝ่ายเทคโนโลยีทางการศึกษาและฝ่ายอาคาร วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ คือ ปัจจุบันการแจ้งซ่อมบำรุงจะมีกระบวนการ โดยหน่วยงานที่ต้องการแจ้งซ่อมในเรื่องต่าง ๆ จะทำการพิมพ์เอกสารแจ้งซ่อม และส่งให้แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งบางครั้งเอกสารเกิดการสูญหาย เอกสารจึงไปไม่ถึงหน่วยงานที่มีหน้าที่เกี่ยวข้อง หรือมีการแจ้งซ่อมซ้ำซ้อน ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองกระดาษ อีกทั้งยังไม่สามารถติดตาม ตรวจสอบผลของการแจ้งซ่อมบำรุงได้ มีดำเนินการที่ล่าช้าหรือไม่ครบถ้วน ไม่มีระบบฐานข้อมูลในการจัดเก็บสถิติการแจ้งซ่อมบำรุง หรือในกรณีที่ผู้รับผิดชอบไม่อยู่ในสำนักงาน ทำให้ไม่สามารถทราบเรื่องการแจ้งซ่อม หรือสั่งการให้ผู้ที่เกี่ยวข้องไปดำเนินการได้

ดังนั้น จากปัญหาที่กล่าวมาผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนา CICM Service System ที่สามารถรองรับการแจ้งซ่อมบำรุงของฝ่ายเทคโนโลยีทางการศึกษาและฝ่ายอาคาร ของวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบและพัฒนา CICM Service System
2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของ CICM Service System

3. เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ของ CICM Service System

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาระบบงานซ่อมบำรุงอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ กรณีศึกษาการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต3 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ[3] ซึ่งเป็นงานวิจัยเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันที่สามารถเรียกดูบนอุปกรณ์ที่มีขนาดหน้าจอที่หลากหลาย พัฒนาด้วยภาษา PHP ร่วมกับ HTML5 ใช้ฐานข้อมูล MySQL โดยระบบจะมีความสามารถในการขอใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ การแจ้งซ่อมอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ การติดตามการแจ้งซ่อม และตรวจสอบการซ่อมได้ มีผลการวิจัยสรุปว่า ระบบงานมีการประเมินความพึงพอใจอยู่ในระดับที่ดีและเป็นประโยชน์ต่อองค์กร

การพัฒนาระบบบริหารจัดการการแจ้งซ่อมอุปกรณ์คอมพิวเตอร์[4] ผ่านระบบ Web Application ของบริษัท บีดีเอสเวอร์คอน จำกัด เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับพนักงานที่ต้องการแจ้งซ่อม และติดตามสถานะการซ่อมอุปกรณ์คอมพิวเตอร์จากเดิมที่ใช้การดำเนินงานและการจัดเก็บในระบบเอกสาร เป็นการใช้งานผ่านระบบ Web Application และการจัดเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูลที่มีความปลอดภัย ทั้งยังสามารถสืบค้น เรียกดูประวัติการซ่อมบำรุง เพื่อใช้อ้างและประกอบพิจารณาในการสั่งซื้ออุปกรณ์ใหม่ทดแทนอุปกรณ์ที่ชำรุด

การพัฒนาระบบจำหน่ายวัสดุก่อสร้างและอุปกรณ์ช่างออนไลน์กรณีศึกษาร้านเอี๊ยบยิดหลี[5] มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาระบบจำหน่ายวัสดุก่อสร้างและอุปกรณ์ช่างออนไลน์ กรณีศึกษา ร้านเอี๊ยบยิดหลี 2) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบ และ 3) เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ ใช้วงจรการพัฒนาระบบ (System Developmentและแผนภาพบริบท ในการวิเคราะห์และออกแบบระบบ ผลการวิจัยพบว่า ระบบจำหน่ายวัสดุก่อสร้างและอุปกรณ์ช่างออนไลน์ กรณีศึกษา ร้านเอี๊ยบยิดหลี มีประสิทธิภาพสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ระบบ และความพึงพอใจในการใช้งานระบบ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.41 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.61 โดยความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับพอใจมาก

วิธีดำเนินการวิจัย

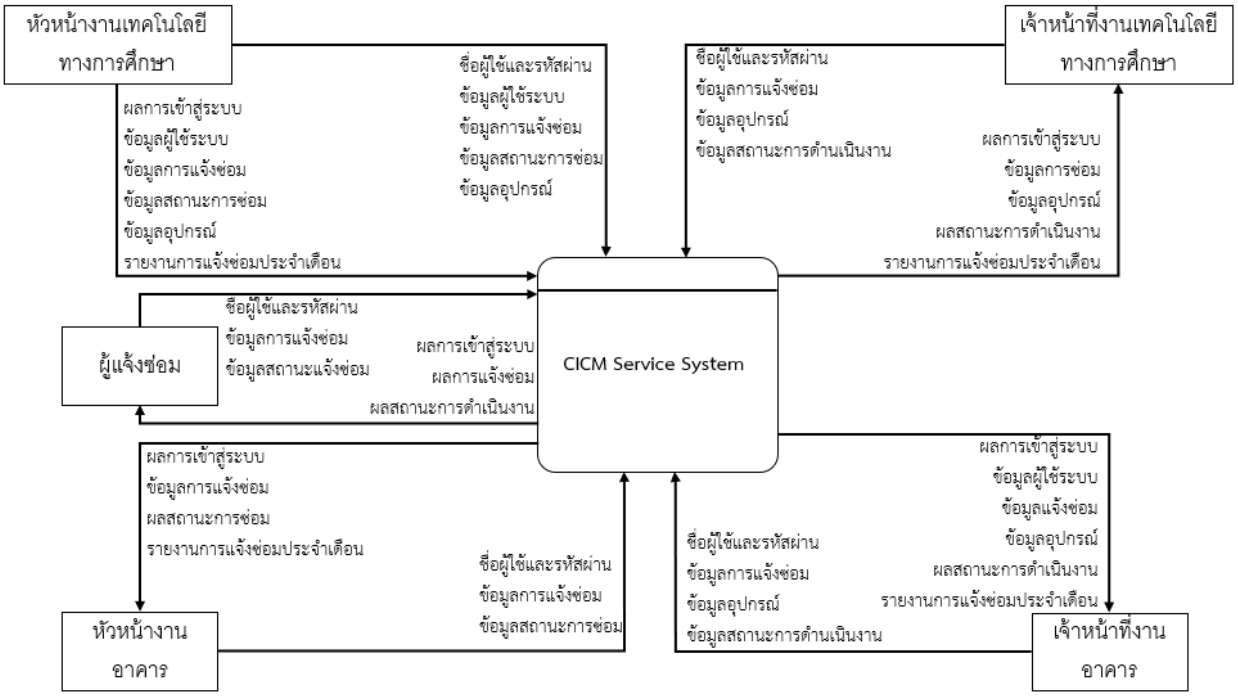
ระยะที่ 1 การออกแบบและพัฒนา ดำเนินการออกแบบและพัฒนา CICM Service System โดยใช้หลักการของวงจรการพัฒนาระบบหรือวัฏจักรของการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC)[6] มาเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ ออกแบบและพัฒนา CICM Service System ในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชั่น โดยผู้วิจัยมีการวางแผนและออกแบบขั้นตอน การดำเนินการดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาปัญหาและการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยทำการศึกษาขั้นตอนการดำเนินการในการแจ้งซ่อมบำรุงแบบเดิมของฝ่ายเทคโนโลยีทางการศึกษาและฝ่ายอาคาร ของวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์[7][8] พบว่าในการแจ้งซ่อมจะมีผู้ที่เกี่ยวข้องกับการแจ้งซ่อม คือ หัวหน้างานเทคโนโลยีทางการศึกษา เจ้าหน้าที่เทคโนโลยีทางการศึกษา หัวหน้างานอาคาร เจ้าหน้าที่อาคาร และผู้แจ้งซ่อม ดังภาพที่ 1

โดยผู้แจ้งซ่อมจะสามารถทำการแจ้งซ่อมคอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์คอมพิวเตอร์ต่างๆ ที่ฝ่ายงานเทคโนโลยีทางการศึกษาและแจ้งซ่อมเกี่ยวกับไฟฟ้า ประปา หรืออื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานอาคารสถานที่ที่ฝ่ายอาคารได้ และยังสามารถติดตามสถานะการดำเนินการซ่อมผ่านระบบ CICM Service System ได้

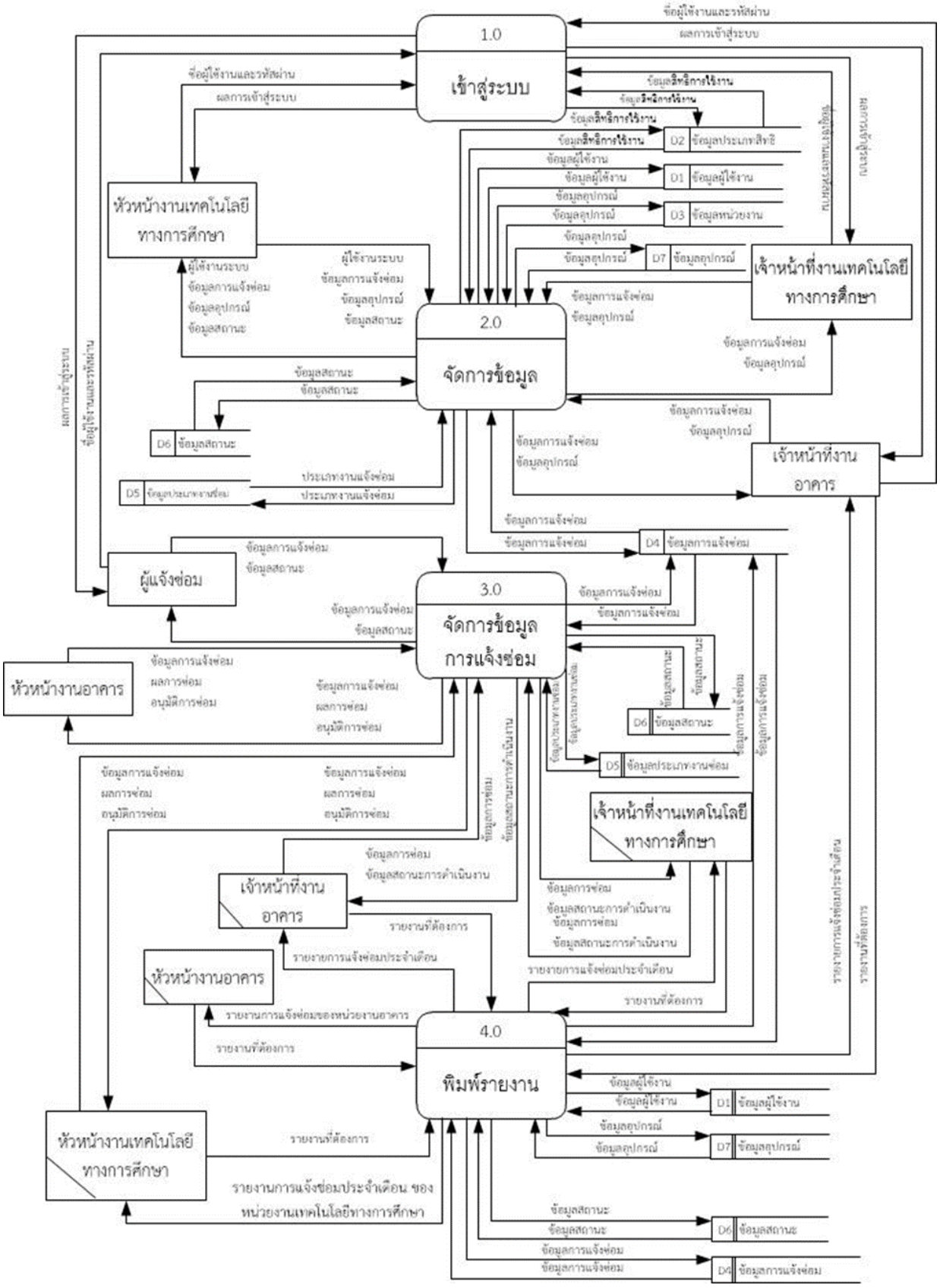
และหัวหน้างานจะทำการรับเรื่องแจ้งซ่อม และพิจารณาเลือกเจ้าที่ที่จะไปดำเนินการซ่อม

เจ้าหน้าที่จะมีหน้าที่ในการรับคำสั่งงานซ่อมจากหัวหน้างาน และดำเนินการซ่อม โดยจะต้องทำการเขียนรายงานการดำเนินงานผ่านระบบ CICM Service System



ภาพที่ 1 แผนภาพบริบท CICM Service System

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบ ผู้วิจัยทำการทำการออกแบบ CICM Service System ด้วยแผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram : DFD) ดังภาพที่ 2 และแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล (Entity Relationship Diagram - ERD) ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 2 แผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram Level 1) CICM Service System

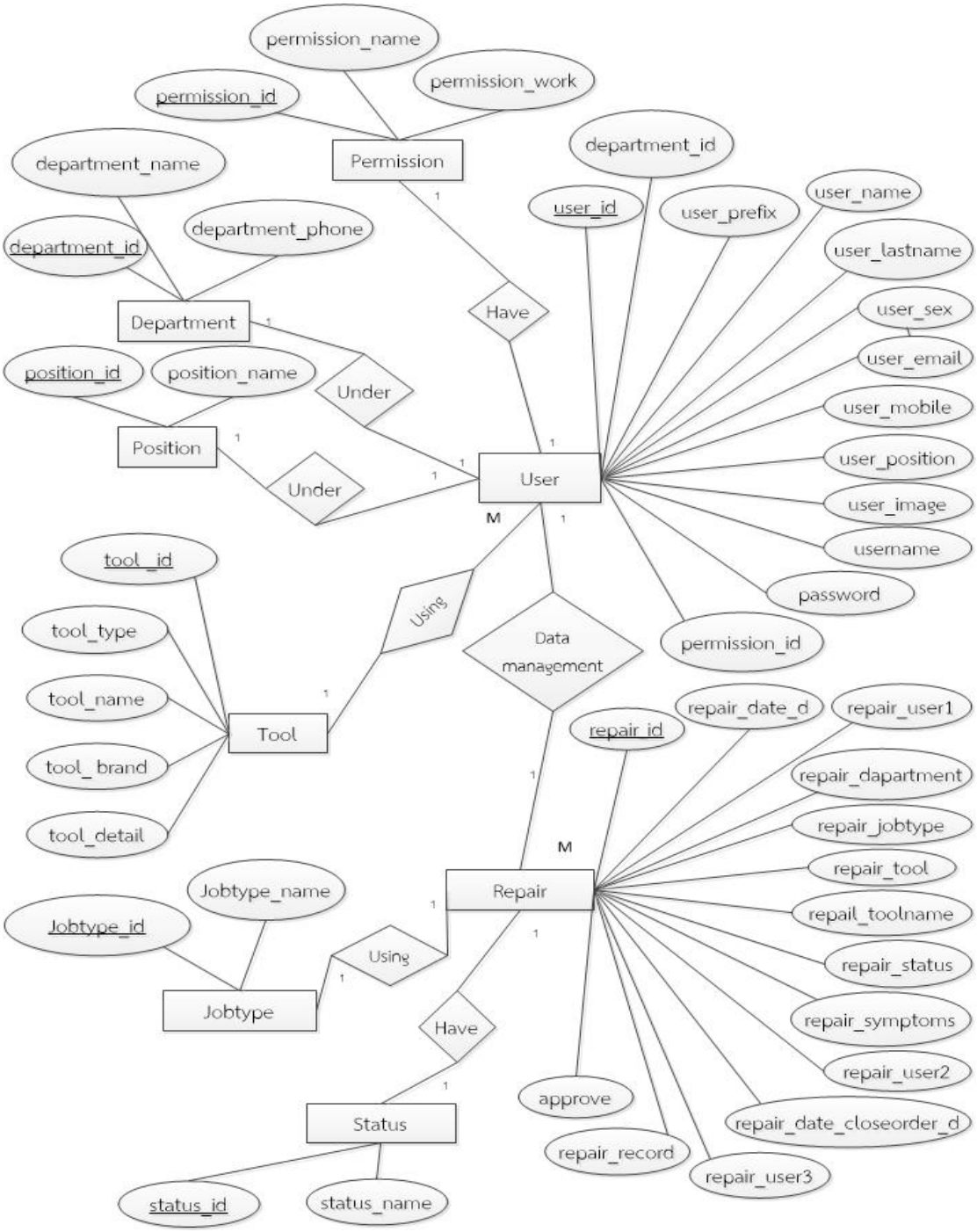
จากภาพที่ 2 กระบวนการในการดำเนินงานของ CICM Service System ประกอบด้วย

กระบวนการที่ 1 การเข้าสู่ระบบ เป็นกระบวนการที่ใช้ในการตรวจสอบการเข้าสู่ระบบของผู้ใช้งานในระดับต่าง ๆ

กระบวนการที่ 2 การจัดการข้อมูล เป็นกระบวนการในการจัดการข้อมูลพื้นฐานของระบบ เช่น ข้อมูลผู้ใช้งาน ข้อมูลหน่วยงาน ข้อมูลอุปกรณ์ ข้อมูลประเภทงานซ่อม เป็นต้น

กระบวนการที่ 3 การจัดการข้อมูลการแจ้งซ่อม เป็นกระบวนการในการจัดการข้อมูลเกี่ยวกับการแจ้งซ่อม เช่น การเปลี่ยนสถานะต่าง ๆ ของใบแจ้งซ่อม ตั้งแต่ การอนุมัติงานซ่อม การแจ้งผลการดำเนินการในการซ่อม เป็นต้น

กระบวนการที่ 4 การพิมพ์รายงาน เป็นกระบวนการในการพิมพ์รายงานประเภทต่าง ๆ เช่น รายงานข้อมูลผู้ใช้งาน รายงานข้อมูลอุปกรณ์ รายงานการแจ้งซ่อมประจำเดือน เป็นต้น



ภาพที่ 3 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล (Entity Relationship Diagram - ERD)

ขั้นตอนที่ 3 การพัฒนา ผู้วิจัยทำการพัฒนา CICM Service System ด้วยภาษา PHP ใช้โปรแกรม MySQL ในการจัดการฐานข้อมูล หลังจากนั้นนำ Bootstrap3[9] และ Cascading Style Sheet 3 : CSS3[10] มาทำการพัฒนาในส่วนการติดต่อกับผู้ใช้งาน

ระยะที่ 2 การประเมินประสิทธิภาพของ CICM Service System ผู้วิจัยดำเนินการนำ CICM Service System ไปนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญในการพัฒนาระบบสารสนเทศ จำนวน 3 ท่าน ด้วยวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Selection) โดยเครื่องมือในการเก็บข้อมูล คือ แบบประเมินประสิทธิภาพของ CICM Service System โดยใช้มาตรส่วน 5 ระดับ และดำเนินการปรับปรุงแก้ไขระบบตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ระยะที่ 3 การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน CICM Service System โดยผู้วิจัยได้นำ CICM Service System ไปทดลองใช้งานกับผู้ที่ใช้งานระบบ ประกอบด้วย หัวหน้างานเทคโนโลยีทางการศึกษา เจ้าหน้าที่เทคโนโลยีทางการศึกษา หัวหน้างานอาคาร เจ้าหน้าที่อาคาร และผู้แจ้งซ่อม จำนวน 22 ท่าน ด้วยวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Selection) และให้ผู้ใช้งานดำเนินการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อ CICM Service System โดยเครื่องมือในการเก็บข้อมูล คือประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน CICM Service System โดยใช้มาตรส่วน 5 ระดับ

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย

1. แบบประเมินประสิทธิภาพระบบของ CICM Service System
2. แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อ CICM Service System

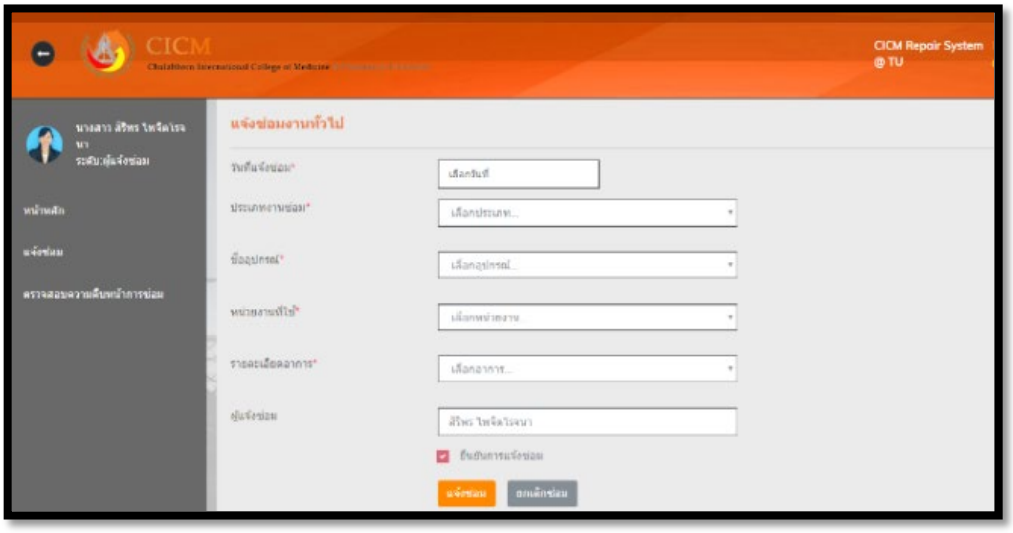
เกณฑ์ในการแปลความหมายการประเมินผลประสิทธิภาพและการประเมินผลความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อ CICM Service System

คะแนนเฉลี่ย 4.21 – 5.00	ความหมาย อยู่ในระดับมากที่สุด
คะแนนเฉลี่ย 3.41 – 4.20	ความหมาย อยู่ในระดับมาก
คะแนนเฉลี่ย 2.61 – 3.40	ความหมาย อยู่ในระดับปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย 1.81 – 2.60	ความหมาย อยู่ในระดับน้อย
คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.80	ความหมาย อยู่ในระดับน้อยที่สุด

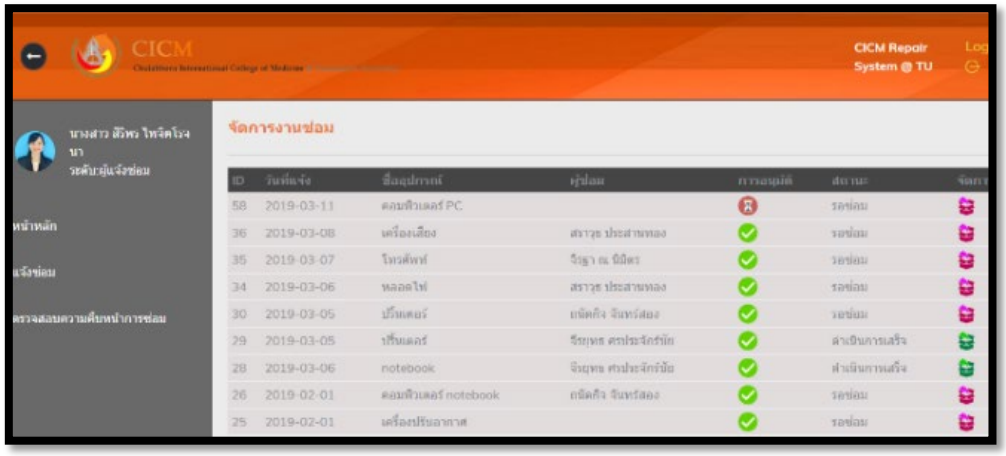
ผลการศึกษาและอภิปรายผล

1. ผลการออกแบบและพัฒนาระบบ CICM Service System

หน้าจอการแจ้งซ่อมของผู้แจ้งซ่อม โดยผู้แจ้งสามารถทำการเลือกประเภทงานซ่อมที่ต้องการแจ้งระหว่างงานเทคโนโลยีทางการศึกษาหรืองานอาคาร และป้อนข้อมูลรายละเอียดต่างๆ ดังภาพที่ 4 และสามารถติดตามความก้าวหน้าของเรื่องที่แจ้งซ่อมดังภาพที่ 5

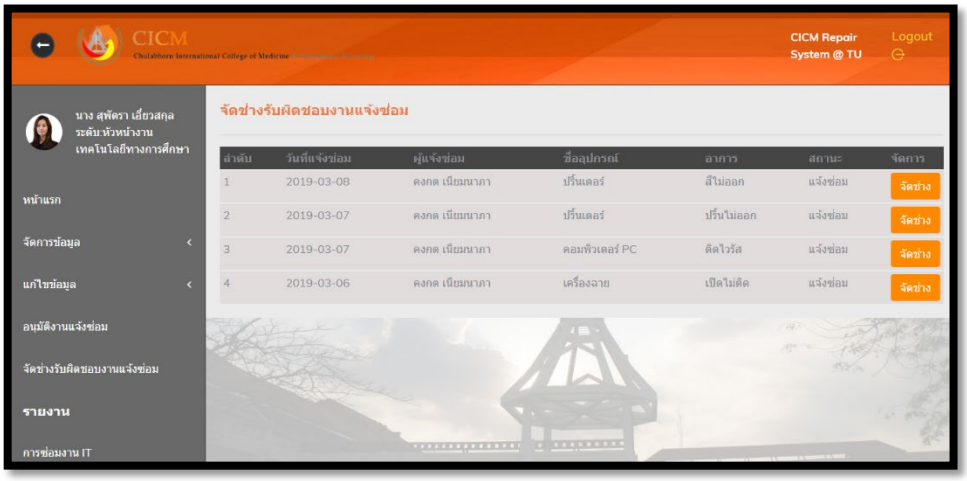


ภาพที่ 4 หน้าจอการแจ้งซ่อม

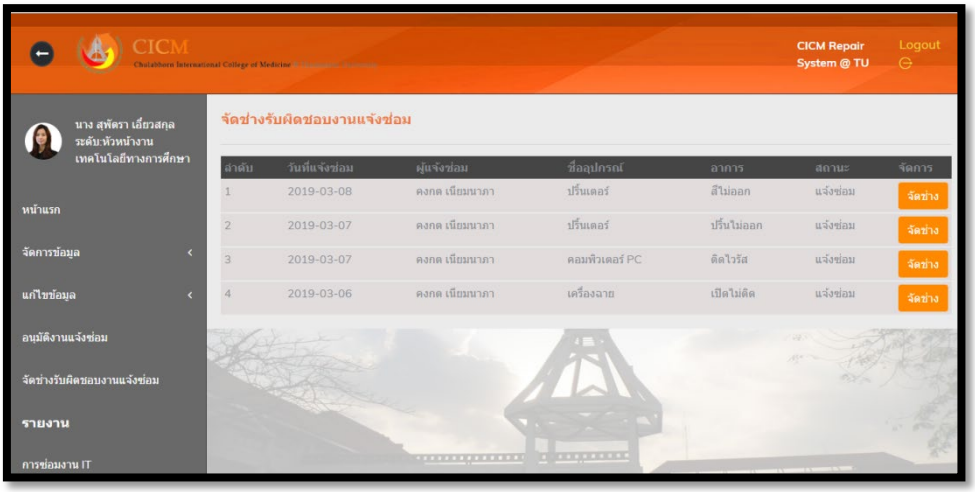


ภาพที่ 5 หน้าจอตรวจสอบความก้าวหน้าการแจ้งซ่อม

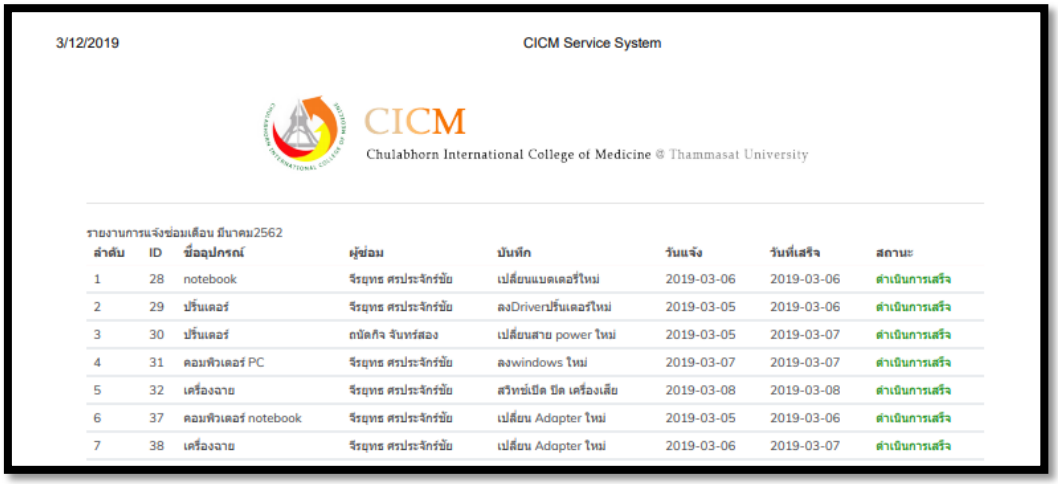
ในส่วนของหัวหน้างาน (ฝ่ายเทคโนโลยีทางการศึกษาและฝ่ายอาคาร) จะทำการรับเรื่องแจ้งซ่อมของแต่ละฝ่ายงาน ดังภาพที่ 6 และทำการเลือกเจ้าหน้าที่ที่จะดำเนินการซ่อม ดังภาพที่ 7 สามารถดูรายงานการซ่อมประจำเดือน ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 6 หน้าจอข้อมูลการแจ้งซ่อม

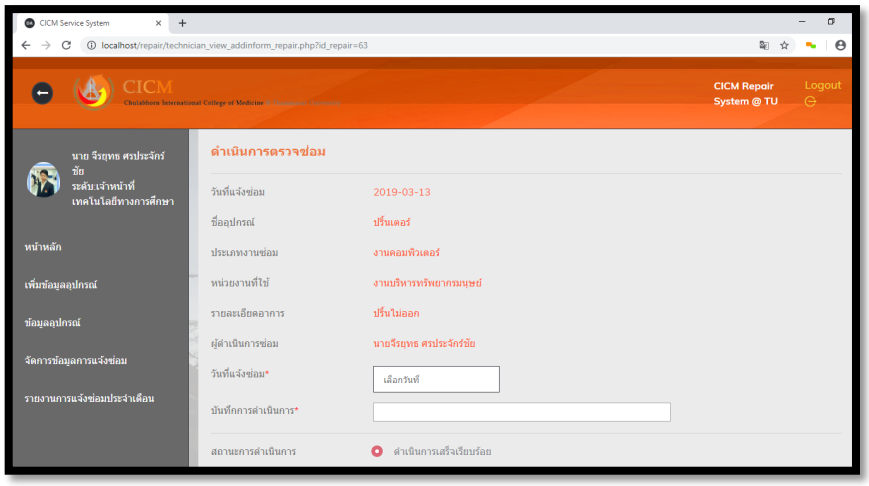


ภาพที่ 7 หน้าจอการกำหนดเจ้าที่ดำเนินการซ่อม



ภาพที่ 8 หน้าจอรายงานการซ่อมประจำเดือน

ในส่วนของเจ้าหน้าที่ จะสามารถรับเรื่องซ่อมจากหัวหน้างาน และรายงานผลการดำเนินงาน ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 หน้าจอรายงานดำเนินการตรวจซ่อม

2. ผลจากการประเมินประสิทธิภาพของ CICM Service System โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาระบบ จำนวน 5 ท่าน

ตารางที่ 1 ผลจากการประเมินประสิทธิภาพของ CICM Service System

ข้อที่	รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
1	ด้านตรงกับความต้องการผู้ใช้ระบบ (Function Requirement Test)	4.27	0.48	มากที่สุด
2	ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันของระบบ (Function Test)	4.67	0.51	มากที่สุด
3	ด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน (Usability Test)	4.30	0.42	มากที่สุด
4	ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ (Security Test)	4.50	0.55	มากที่สุด
รวม		**4.43**	**0.49**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 2 พบว่าผลการประเมินประสิทธิภาพของ CICM Service System โดยรวมมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.43 S.D.= 0.49) แต่เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่าด้านที่มีค่าประสิทธิภาพสูงที่สุดคือ ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชัน

ของระบบ มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.67 S.D.= 0.51) และมีข้อเสนอแนะว่าควรมีการปรับเปลี่ยนหน้าจอการรายงานผลให้เป็นแบบกราฟแผนภูมิต่างๆ

จากการพัฒนาระบบและการประเมินประสิทธิภาพ CICM Service System พบว่า ระบบมีความสามารถในการจัดการข้อมูลต่างๆ เช่น ข้อมูลอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ ข้อมูลอุปกรณ์อาคาร ข้อมูลบุคลากรในแต่ละฝ่าย มีการแจ้งผลการแจ้งซ่อม และการออกรายงานประจำเดือน ได้ตามความต้องการของผู้ใช้ CICM Service System

3. ผลจากการประเมินความพึงพอใจที่มี CICM Service System โดยผู้ใช้งานจำนวน 22 คน

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจที่ของผู้ใช้ที่มีต่อ CICM Service System

ข้อที่	รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
1	การเข้าสู่ระบบ CICM Service System มีความปลอดภัย	4.50	0.60	มากที่สุด
2	การให้บริการแจ้งเรื่องซ่อมบำรุงมีความสะดวกรวดเร็ว	4.36	0.85	มากที่สุด
3	การตรวจสอบสถานะการแจ้งซ่อมบำรุง	4.32	0.84	มากที่สุด
4	การติดตามสถานการแจ้งซ่อมบำรุง	4.41	0.80	มากที่สุด
5	มีความถูกต้องในการทำงานตามขั้นตอนการแจ้งซ่อมบำรุง	4.45	0.74	มากที่สุด
6	ระบบมีความง่ายในการใช้งาน	4.36	0.58	มากที่สุด
7	ระบบมีหน้าจอที่สวยงาม สบายตา	4.23	0.75	มากที่สุด
8	ระบบมีขนาดตัวอักษร รูปแบบ ที่อ่านได้ง่าย	4.41	0.59	มากที่สุด
9	การใช้สัญลักษณ์และรูปภาพสื่อความหมายต่อการใช้งาน	4.32	0.57	มากที่สุด
รวม		**4.37**	**0.70**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 3 พบว่าผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อของผู้ใช้ที่มีต่อ CICM Service System

โดยรวมความพึงพอใจที่มีต่อ CICM Service System อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.37 S.D.= 0.70) แต่เมื่อพิจาณาเป็นรายข้อ จะเห็นว่าหัวข้อที่มีค่าความพึงพอใจสูงที่สุดคือ การเข้าสู่ระบบ CICM Service System มีความปลอดภัย มีค่าความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.50 S.D.= 0.60) และหัวข้อที่มีค่าความพึงพอใจต่ำที่สุดคือ ระบบมีหน้าจอที่สวยงาม สบายตา มีค่าความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.230 S.D.= 0.75)

สรุป

ในการพัฒนา CICM Service System ผู้วิจัยได้มีการนำหลักการของวงจรการพัฒนาระบบหรือวัฏจักรของการพัฒนาระบบ (SDLC) มาเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ ออกแบบและพัฒนา โดยในกระบวนการศึกษาปัญหาและการวิเคราะห์ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลจากแนวทางการบริหารมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เอกสาร แบบฟอร์ม ขั้นตอนและกระบวนการปฏิบัติงาน ของฝ่ายอาคารและฝ่ายเทคโนโลยีทางการศึกษา แห่งวิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์ ในขั้นตอนการออกแบบ ได้มีการนำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนการวิเคราะห์ มาทำการออกแบบระบบ โดยใช้แผนภาพบริบท แผนภาพกระแสข้อมูล และแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล มาออกแบบกระบวนการทำงานของ CICM Service System หลังจากนั้นทำการออกแบบหน้าจอในส่วนการนำเข้าข้อมูลและการนำออกข้อมูล ในขั้นตอนการพัฒนา ได้มีการผลจากการออกแบบมาทำการพัฒนาระบบโดยใช้โปรแกรมภาษา PHP MySQL Bootstrap3 และ Cascading Style Sheet 3

เมื่อพัฒนาระบบเสร็จสิ้น ผู้วิจัยได้มีการนำ CICM Service System ไปทำการประเมินประสิทธิภาพ โดยนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาระบบ จำนวน 5 ท่าน ทำการประเมินประสิทธิภาพ 4 ด้าน ประกอบด้วย 1) ด้านตรงกับความต้องการผู้ใช้ระบบ (Function Requirement Test) 2) ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันของระบบ (Function Test) 3) ด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน (Usability Test) และ 4) ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ (Security Test) ซึ่งจากการประเมินพบว่า CICM Service System โดยรวมมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.43 S.D.= 0.49) แต่ในด้านที่มีค่าประสิทธิภาพสูงที่สุด คือ ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันของระบบ มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.67 S.D.= 0.51)

และได้มีการนำ CICM Service System มาหาค่าความพึงพอใจ โดยนำ CICM Service System มาให้ผู้ที่มีความเกี่ยวข้องกับระบบ คือ หัวหน้างานเทคโนโลยีทางการศึกษา เจ้าหน้าที่เทคโนโลยีทางการศึกษา หัวหน้างานอาคาร เจ้าหน้าที่อาคาร และผู้แจ้งซ่อม จำนวน 22 ท่าน ได้ทำการทดลองใช้งาน และทำการประเมนผลความพึงพอใจที่มีต่อ CICM Service System พบว่า โดยรวมความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.37 S.D.= 0.70) แต่เมื่อพิจาณาเป็นรายข้อ จะเห็นว่าหัวข้อที่มีค่าความพึงพอใจสูงที่สุดคือ การเข้าสู่ระบบ CICM Service System มีความปลอดภัย มีค่าความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.50 S.D.= 0.60) และหัวข้อที่มีค่าความพึงพอใจต่ำที่สุดคือ ระบบมีหน้าจอที่สวยงาม สบายตา มีค่าความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.230 S.D.= 0.75)

จากการประเมินผลผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งานประเภทต่างๆ ได้มีข้อเสนอแนะว่า ควรมีการปรับปรุงหน้าจอให้มีความสวยงาน และสีสันต่างให้ดูน่าสนใจ มากขึ้น การแสดงผลในหน้าจอรายงาน ควรเปลี่ยนเป็นกราฟแผนภูมิแบบต่างๆ มากกว่าการเป็นตาราง และมีสีสันที่น่าสนใจมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. กลุ่มประชาสัมพันธ์และเผยแพร่ สำนักโฆษก. การขับเคลื่อนThailand 4.0 [อินเตอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 24 พฤษภาคม 2561]. เข้าถึงได้จาก: http://www.thaigov.go.th/news/contents/details/3981.
2. เกศินี วิฑูรชาติ. แนวทางการบริหารมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. ปทุมธานี: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2560.
3. สุปราณี ทัพมงคล และ พชรพล ฟุ้งจันทึก. การพัฒนาระบบงานซ่อมบำรุงอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ กรณีศึกษาการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต3 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ราชธานีวิชาการ ครั้งที่ 1 “สร้างเสริมสหวิทยาการ ผสมผสานวัฒนธรรมไทย ก้าวอย่างมั่นใจเข้าสู่ AC”; วันที่ 29 กรกฎาคม 2559, มหาวิทยาลัยราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี. อุบลราชธานี; 2559. หน้า. 1843-1853.
4. ปรียา นาคนุ. การพัฒนาระบบบริหารจัดการการแจ้งซ่อมอุปกรณ์คอมพิวเตอร์. ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ, คณะวิทยาการและเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร, กรุงเทพฯ; 2557.
5. ไพรินทร์ มีศรี และ พีรพงษ์ ศุภสมภพ. การพัฒนาระบบจำหน่ายวัสดุก่อสร้างและอุปกรณ์ช่างออนไลน์กรณีศึกษาร้านเอี๊ยบยิดหลี. การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 6; วันที่ 6 มิถุนายน 2561, มหาวิทยาลัยเฉียวเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสมุทรปราการ; 2561. หน้า. 195-204.
6. นภัทร รัตนนาคินทร์. วงจรการพัฒนาระบบหรือวัฏจักรของการพัฒนาระบบ. [อินเตอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 9 มิถุนายน 2561]. เข้าถึงได้จาก: http://www.macare.net/analysis/index.php?id=-8.
7. วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์. ใบขอรับบริการ ส่วนงานบริการแจ้งซ่อม. [อินเตอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 24 พฤษภาคม 2561]. เข้าถึงได้จาก: http://www.cicm.tu.ac.th/et_doc/repairForm.docx.
8. วิทยาลัยแพทยศาสตร์นานาชาติจุฬาภรณ์. ใบแจ้งซ่อม งานบริหารทั่วไป. [อินเตอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 24 พฤษภาคม 2561]. เข้าถึงได้จาก: http://www.cicm.tu.ac.th/ga_doc/form5.doc.
9. สุระนาท เหนียมคา. Bootstrap คืออะไร + สอนวิธีใช้แบบเข้าใจง่าย. [อินเตอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 9 มิถุนายน 2561]. เข้าถึงได้จาก: http://www.siamhtml.com/bootstrap-คืออะไร-สอนวิธีใช้.
10. ning kanistaka. Cascading Style Sheet. [อินเตอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 12 มิถุนายน 2561]. เข้าถึงได้จาก: https://sites.google.com/site/ ninknitkann/-css3-khux-xari.

[IT-P26] การพัฒนาระบบเพื่อการจัดการร้านรับซื้อขยะรีไซเคิล กรณีศึกษา ร้านสมพร

The Development of the Recycle Garbage Shop Management System: A Case Study of Somporn Shop

มัชฌกานต์ เผ่าสวัสดิ์* และ ไพสิฐ อ่อนธนู
Matchakan Phaosawad*, Paisit Onthanu
หลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: matchakan@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบการจัดการร้านรับซื้อขยะรีไซเคิล กรณีศึกษา ร้านสมพร 2) เพื่อประเมินประสิทธิภาพระบบการจัดการร้านรับซื้อขยะรีไซเคิล และ 3) เพื่อประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบการจัดการร้านรับซื้อขยะรีไซเคิล ซึ่งการพัฒนาระบบในครั้งนี้ได้นำขั้นตอน SDLC มาใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบระบบ ประกอบไปด้วยผู้ใช้งานระบบ 2 ส่วน คือ ผู้ดูแลระบบ และผู้ใช้งาน กลุ่มตัวอย่างได้จากการเลือกแบบเจาะจง ได้แก่ กลุ่มผู้เชี่ยวชาญประเมินประสิทธิภาพของระบบ จำนวน 5 คน และกลุ่มผู้ใช้งานประเมินความพึงพอใจต่อระบบ จำนวน 10 คน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบการจัดการร้านรับซื้อขยะรีไซเคิล จากผู้เชี่ยวชาญ อยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.47 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55 และผลประเมินความพึงพอใจการใช้งานจากผู้ใช้งานอยู่ในระดับดีมากมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.70 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.48

คำสำคัญ: *การพัฒนาระบบ, ขยะรีไซเคิล*

Abstract

The research objectives were 1) to develop the Garbage Recycle Shop Management System: A Case Study of Somporn Shop, 2) to evaluate the performance of the Garbage Recycle Shop Management System: A Case Study of Somporn Shop, and 3) to evaluate the user satisfaction of the Garbage Recycle Shop Management System: A Case Study of Somporn Shop. In this research, the researchers deployed SDLC for system analysis and design. The system's stakeholder were two types; administration and user. The purposive sampling was selected for five experts to evaluate the system's performance, and ten users to evaluate the system's satisfaction. The overall performance that was evaluated by experts was good ($\bar{x}$ = 4.47, S.D.=0.55). in addition, the result of user satisfaction was very good ($\bar{x}$ = 4.70, S.D.=0.48).

Keywords*: system development, recycle garbage*

บทนำ

ปัจจุบันมีประชากรเพิ่มขึ้นทำให้เกิดการขยายตัวของชุมชนส่งผลให้ธุรกิจด้านอุตสาหกรรมและการขนส่งมีการเปลี่ยนแปลงตามกระแสและบริโภคนิยม ทำให้เกิดการผลิตเครื่องดื่มอุปโภคบริโภคเพิ่มมากขึ้น เกิดปัญหาจากสิ่งของเหลือใช้และปัญหาขยะมูลฝอย ส่งผลต่อสุขภาพ ชุมชน สังคม และสิ่งแวดล้อม

ขยะรีไซเคิล หรือ ขยะมูลฝอย คือสิ่งต่าง ๆ ที่ผู้คนไม่ต้องการและทิ้งไป ขยะมีมากมายหลายรูปแบบทั้งที่เป็นของแข็ง ของเหลว ขยะที่ย่อยสลายได้และที่ย่อยสลายไม่ได้ ของที่ใช้ประโยชน์ได้และที่ใช้ประโยชน์ไม่ได้ และขยะมีพิษต่อมนุษย์และ

สิ่งแวดล้อม จากการวิจัยเชิงลึกพบว่า แหล่งกำเนิดขยะมูลฝอยมาจาก ครัวเรือน สำนักงาน หอพัก ห้างสรรพสินค้า ตลาดสด โรงเรียน โรงพยาบาล โรงอาหาร ร้านค้าต่าง ๆ การเกษตร เป็นต้น สถานการณ์ขยะมูลฝอยในประเทศมีปริมาณขยะสูงขึ้นทุกปีอย่างต่อเนื่อง โดยพบว่าจากการขยายตัวของชุมชนเมือง การส่งเสริมการท่องเที่ยวและการบริโภค ทำให้ในปี 2561 มีขยะมูลฝอยเกิดขึ้นประมาณ 27.8 ล้านตัน เพิ่มจากปี 2560 ราว 1.64% ซึ่งถูกนำมาคัดแยกและนำกลับไปใช้ประโยชน์ 34% กำจัดอย่างถูกต้อง 39% และกำจัดไม่ถูกต้อง 27% [(1)] ประเทศไทยมีการใช้ถุงพลาสติกหูหิ้ว 45,000 ล้านใบต่อปี โฟมบรรจุอาหาร 6,758 ล้านใบต่อปี แก้วพลาสติกใช้ครั้งเดียว 9,750 ล้านใบ ซึ่งพลาสติกและโฟมเป็นวัสดุที่ย่อยสลายยากมากเมื่อไม่ได้รับการจัดการที่ถูกต้องภายหลังจากการบริโภคซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งทางบกและทางทะเล [(2)]

ธุรกิจร้านรับซื้อขยะรีไซเคิล กรณีศึกษา ร้านสมพร ที่ตั้งร้านอยู่จังหวัดปทุมธานี ซึ่งเป็นจังหวัดที่มีจำนวนผู้ประกอบการธุรกิจรับซื้อขยะรีไซเคิลเป็นอันดับที่ 4 มีจำนวน 208 ราย [(3)] แนวโน้มของธุรกิจเกิดจากการขยายตัวของกิจกรรมทางเศรษฐกิจและสังคม การเติบโตของเมือง รวมถึงประชาการที่เพิ่มมากขึ้นทุกปี โดยจังหวัดปทุมธานี มีประชากรในพื้นที่และประชากรแฝง มีจำนวนการบริโภคค่อนข้างสูงโดยเฉพาะเขตชุมชนใหญ่ที่มีแนวโน้มขยะเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ร้านสมพร ดำเนินธุรกิจรับซื้อขยะรีไซเคิล มีลูกค้าประจำและลูกค้าทั่วไปมาใช้บริการเป็นจำนวนมาก เมื่อลูกค้านำขยะที่คัดแยกตามประเภทแล้ว มาขายให้กับทางร้าน พนักงานจะทำการชั่งน้ำหนักและคำนวณเงิน เก็บข้อมูลการรับซื้อโดยการบันทึกลงกระดาษ เช่น ข้อมูลลูกค้า การบันทึกข้อมูลขยะ การออกใบเสร็จรับเงิน ซึ่งระบบการทำงานปัจจุบัน ไม่มีการบริหารจัดการอย่างเป็นระบบ ส่งผลให้เกิดความล่าช้าและไม่สะดวกต่อการจัดเก็บเอกสาร ในการออกใบเสร็จรับเงินข้อมูลบางส่วนอาจเกิดข้อผิดพลาด ข้อมูลไม่ถูกต้องไม่มีความน่าเชื่อถือและสิ้นเปลืองทรัพยากรกระดาษ

ดังนั้น เพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาและพัฒนาระบบจัดการร้านรับซื้อขยะรีไซเคิล กรณีศึกษา ร้านสมพร มีประสิทธิภาพมากขึ้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบโดยนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการจัดเก็บข้อมูลต่าง ๆ ของร้านรับซื้อขยะรีไซเคิล อย่างเป็นระบบ ง่ายและสะดวกต่อการจัดเก็บข้อมูลและเอกสาร การตรวจสอบ การค้นหาข้อมูลลูกค้า ข้อมูลพนักงาน และการออกใบเสร็จรับเงิน สามารถประหยัดเวลาได้มีความน่าเชื่อถือและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

1. พัฒนาระบบการจัดการร้านรับซื้อขยะรีไซเคิล และได้ดำเนินการตามวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) [(4)] โดยมีขั้นตอนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

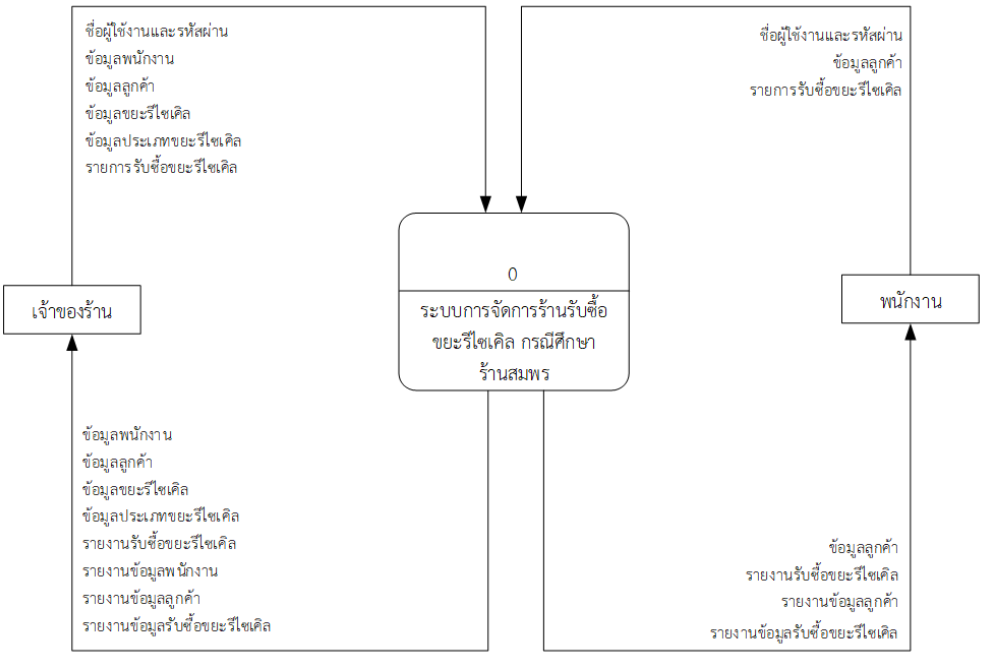
- วิเคราะห์ระบบ เป็นการรวบรวมข้อมูลจากร้านรับซื้อขยะรีไซเคิลร้านสมพร เพื่อทราบถึงขั้นตอนและรายละเอียดในการดำเนินงานในปัจจุบัน จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์จนได้ข้อสรุปความต้องการของผู้ใช้งานที่ชัดเจน

- ออกแบบระบบ เป็นการกำหนดองค์ประกอบและกระบวนการต่าง ๆ ขั้นตอนการออกแบบภาพรวมของการทำงานระบบ โดยใช้แผนภาพบริบท (Context Diagram) ดังภาพที่ 1 แผนภาพกระแสข้อมูล (Dataflow Diagram) และออกแบบการทำงานของแต่ละกระบวนการโดยใช้ผังกระบวนการทำงาน (Process Flowchart)

- ออกแบบส่วนการติดต่อกับผู้ใช้งาน และออกแบบฐานข้อมูลวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแฟ้มข้อมูลต่างๆ

- พัฒนาระบบการจัดการร้านรับซื้อขยะรีไซเคิล กรณีศึกษา ร้านสมพร เป็นการนำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์และได้ออกแบบไว้มาพัฒนาระบบ โดยนำเอาเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาใช้ในการบริหารจัดการฐานข้อมูล เพื่อให้เกิดระบบที่มีประสิทธิภาพและสมบูรณ์ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน มีการกำหนดสิทธิ์ การเข้าถึงข้อมูล แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ เจ้าของร้าน และพนักงาน โดยสิทธิ์ของการเข้าใช้งานระบบ คือ เจ้าของร้าน สามารถจัดการข้อมูลของผู้ใช้งานทั้งหมดได้ ทำรายการรับซื้อขยะรีไซเคิลและเพิ่มผู้ใช้งานได้ รวมไปถึงการจัดการข้อมูลขยะรีไซเคิล และการจัดการข้อมูลประเภทขยะรีไซเคิล และรายงานข้อมูลต่าง ๆ ได้และพนักงาน สามารถจัดการข้อมูลของลูกค้า จัดการข้อมูลขยะรีไซเคิล ทำรายการรับซื้อขยะรีไซเคิล และรายงานข้อมูลต่าง ๆ ได้

- การทดสอบและแก้ไขระบบ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบระบบควบคู่ไปกับการพัฒนาระบบ ทดสอบแต่ละโมดูลจนถูกต้องทั้งหมด และทำการทดสอบรวมทั้งระบบรวมอีกครั้ง เพื่อให้ระบบที่ตรงตามความต้องการและสามารถทำงานได้ตามที่วิเคราะห์และออกแบบไว้



ภาพที่ 1 แผนภาพบริบท (Context Diagram)

2. การประเมินประสิทธิภาพของระบบ โดยผู้เชี่ยวชาญในด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 5 ท่าน โดยเป็นการคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง ซึ่งผู้เชี่ยวชาญจะทำการทดลองใช้ระบบ และประเมินประสิทธิภาพของระบบ โดยใช้วิธีการทดสอบระบบแบบ Black Box [5] โดยผู้วิจัยเลือกมาเพียงบางประเด็น ได้แก่ การประเมินเพื่อทดสอบความถูกต้องในการทำงานของระบบในภาพรวม (Functional Testing) การประเมินเพื่อทดสอบความยากง่ายในการใช้งาน (Usability Testing) และการประเมินเพื่อทดสอบด้านสมรรถนะในการทำงานของระบบ (Performance Testing) โดยแบ่งระดับของการให้คะแนนออกเป็น 5 ระดับ ตามมาตรวัดลิเคิร์ท (Likert Scale) [6] ดังนี้

5 หมายถึง ระดับมากที่สุด
4 หมายถึง ระดับมาก
3 หมายถึง ระดับปานกลาง
2 หมายถึง ระดับน้อย
1 หมายถึง ระดับน้อยที่สุด

เมื่อผู้เชี่ยวชาญได้ประเมินประสิทธิภาพแล้ว ผู้วิจัยจะใช้กระบวนการทางสถิติในการประมวลและสรุปผล โดยการใช้ค่าเฉลี่ยในแต่ละด้านแล้วแปลผลว่ามีประสิทธิภาพอยู่ในระดับใด ตามเกณฑ์ 5 ระดับของเบสท์ ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง ระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง ระดับมาก
ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง ระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง ระดับน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง ระดับน้อยที่สุด

3. การประเมินความพึงพอใจในการใช้ระบบจัดการร้านรับซื้อขยะรีไซเคิล กรณีศึกษา ร้านสมพร โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการประเมิน โดยแบบสอบถามจะแบ่งระดับของการให้คะแนนออกเป็น 5 ระดับ ตามมาตรวัดลิเคิร์ท (Likert Scale) แบบสอบถามวัดความพึงพอใจของผู้ใช้งานในมุมมองด้านการใช้งานและความปลอดภัยของระบบ ผู้วิจัยจะใช้กระบวนการทางสถิติในการประมวลและสรุปผล โดยการใช้ค่าเฉลี่ยในแต่ละด้านแล้วแปลผลว่ามีประสิทธิภาพอยู่ในระดับใด ตามเกณฑ์ 5 ระดับของเบสท์ เช่นเดียวกับการประเมินประสิทธิภาพของระบบ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัยสามารถดำเนินการได้ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้

1. ผลการพัฒนาระบบการจัดการร้านรับซื้อขยะรีไซเคิล กรณีศึกษา ร้านสมพร เป็น 2 ส่วน เจ้าของร้านและพนักงานสามารถทำงานได้ครอบคลุมตามขอบเขตที่ได้วางไว้ โดยมีหน้าหลักของระบบงาน ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 หน้าหลักของระบบงาน

2. ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบการจัดการร้านรับซื้อขยะรีไซเคิล กรณีศึกษา ร้านสมพร ผู้วิจัยได้สรุปผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศทั้ง 5 ท่าน โดยใช้สถิติคะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) การประเมินจะประเมินใน 3 มุมมอง คือ ด้านความถูกต้องในการทำงานของระบบในภาพรวม (Functional Testing) ด้านความยากง่ายในการใช้งาน (Usability Testing) และด้านสมรรถนะในการทำงานของระบบ (Performance Testing) สามารถสรุปผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพโดยรวมจากผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	**ค่าเฉลี่ย** $\bar{x}$	**ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)**	**ระดับประสิทธิภาพ**
1. ด้านความถูกต้องในการทำงานของระบบในภาพรวม (Functional Testing)	4.60	0.55	มากที่สุด
2. ด้านความยากง่ายในการใช้งาน (Usability Testing)	4.40	0.55	มาก
3. ด้านสมรรถนะในการทำงานของระบบ (Performance Testing)	4.40	0.55	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.47**	**0.55**	**มาก**

จากตารางที่ 1 พบว่า ประสิทธิภาพของระบบการจัดการร้านรับซื้อขยะรีไซเคิล กรณีศึกษา ร้านสมพร อยู่ในระดับมาก ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 4.47

3. ผลการประเมินความพึงพอใจระบบการจัดการระบบการจัดการร้านรับซื้อขยะรีไซเคิล กรณีศึกษา ร้านสมพร ได้เก็บแบบสอบถามจากเจ้าของร้าน และพนักงานของร้านรับซื้อขยะรีไซเคิล ร้านสมพร จำนวน 10 คน ซึ่งผลความพึงพอใจการใช้งานแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบการจัดการร้านรับซื้อขยะรีไซเคิล กรณีศึกษา ร้านสมพร

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย $\bar{x}$	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับความพึงพอใจ
1. มีความเหมาะสมในการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้	4.80	0.42	มากที่สุด
2. มีความสะดวกและไม่ซับซ้อน ง่ายต่อการใช้งาน	4.70	0.48	มากที่สุด
3. มีระบบช่วยลดเวลาในการตรวจสอบข้อมูล	4.70	0.48	มากที่สุด
4. ระบบสามารถช่วยสืบค้นข้อมูลได้อย่างรวดเร็วและสะดวก	4.70	0.48	มากที่สุด
5. มีการตรวจสอบสถานะผู้ใช้งาน	4.70	0.48	มากที่สุด
6. มีความปลอดภัยในการเข้าถึงฐานข้อมูลใจแต่ละส่วนของผู้ใช้งาน	4.60	0.52	มากที่สุด
7. ประสิทธิภาพและความรวดเร็วใจการตอบสนองของระบบ	4.70	0.48	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.70**	**0.48**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 2 พบว่า ความพึงพอใจในการใช้งานระบบการจัดการร้านรับซื้อขยะรีไซเคิล กรณีศึกษา ร้านสมพร อยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงถึง 4.70

สรุป

1. การพัฒนาระบบการจัดการร้านรับซื้อขยะรีไซเคิล กรณีศึกษา ร้านสมพร ในการพัฒนาระบบ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามวงจรการพัฒนาระบบ ซึ่งได้เก็บรวบรวมความต้องการของระบบจากผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องของระบบ เพื่อนำมาวิเคราะห์และออกแบบระบบให้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วน เจ้าของร้านและพนักงาน โดยการออกแบบจะเน้นที่การใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน และทำงานได้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้

2. ประสิทธิภาพของระบบการจัดการร้านรับซื้อขยะรีไซเคิล กรณีศึกษา ร้านสมพร ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 5 ท่าน โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.47 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ด้านความถูกต้องในการทำงานของระบบในภาพรวม มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับที่สูงมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.60

3. ความพึงพอใจในการใช้ระบบการจัดการร้านรับซื้อขยะรีไซเคิล กรณีศึกษา ร้านสมพร ผลการประเมินความพึงพอใจของระบบ โดยผู้ใช้งาน จำนวน 10 คน โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.70 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อแล้วพบว่า มีความเหมาะสมในการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้ มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยสูงถึง 4.80 สอดคล้องกับจักรวาล ทรงวิชัย [7] ที่ศึกษาเกี่ยวกับระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการข้อมูลสินค้าร้านวารินรับซื้อของเก่า อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี พัฒนาระบบสารสนเทศขึ้นมาเพื่ออำนวยความสะดวกในการจัดการฐานข้อมูลสินค้าของร้านวารินรับซื้อของเก่า ช่วยลดระยะเวลาในการค้นหาและตรวจสอบข้อมูลด้านต่าง ๆ ของร้าน สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในร้านค้ารายอื่นได้

เอกสารอ้างอิง

1. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ สถานการณ์มลพิษไทยตลอดปี 61. สถานการณ์มลพิษไทยตลอดปี 61 พบขยะเพิ่มมากขึ้น. 2562. [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 20 พฤษภาคม 2562]. เข้าถึงได้จาก : https://www.thaihealth.or.th/Content/47000-สถานการณ์มลพิษไทยตลอดปี-2061-20พบขยะเพิ่มมากขึ้น.html
2. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. คู่มือแนวปฏิบัติการลดและคัดแยกขยะมูลฝอยในหน่วยงานภาครัฐ ภายใต้โครงการทำความดีด้วยหัวใจ ลดภัยสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพ: ฮีซ์ จำกัด; 2561.
3. ประชาชาติธุรกิจ. ธุรกิจรีไซเคิลรายได้ทะลุแสนล้าน. 2561. [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 20 พฤษภาคม 2562]. เข้าถึงได้จาก : https://www.prachachat.net/columns/news-205219
4. โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ (ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม). กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น; 2555.
5. มนต์ชัย เทียนทอง. สถิติและวิธีการวิจัยทางเทคโนโลยีสารสนเทศ. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2548.
6. มัชฌกานต์ เผ่าสวัสดิ์ และประภากรณ์ คัดทะจันทร์. การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการศูนย์ปฏิบัติธรรมวัดพยายัง. วารสารวิจัยและพัฒนาวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2558; 10(3): 33-42.
7. จักรวาล ทรงวิชัย. ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการข้อมูลสินค้าร้านวารินรับซื้อของเก่า อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี. [วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. อุบลราชธานี : มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี; 2551.

[IT-P27] การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการจองโต๊ะจีน กรณีศึกษา สวนอาหารลุงนวย

A Development of Chinese Banquet Management Information System: A Case Study of Lungnuay Restaurant

มัชฌกานต์ เผ่าสวัสดิ์* และ เขมศักดิ์ เพ็ชรดีคาย
Matchakan Phaosawad* , and Khemmasak_Phetdeekhai
หลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: matchakan@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบสารสนเทศ เพื่อช่วยจัดการข้อมูลสารสนเทศของการจองโต๊ะจีน ในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการจองโต๊ะจีน กรณีศึกษา สวนอาหารลุงนวย 2) เพื่อประเมินประสิทธิภาพระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการจองโต๊ะจีนสวนอาหารลุงนวย และ 3) เพื่อประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการจองโต๊ะจีนสวนอาหารลุงนวย กลุ่มตัวอย่างได้จากการเลือกแบบเจาะจง ได้แก่ กลุ่มผู้เชี่ยวชาญประเมินประสิทธิภาพของระบบ จำนวน 5 คน และกลุ่มผู้ใช้งานประเมินความพึงพอใจต่อระบบ จำนวน 15 คน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการจองโต๊ะจีนจากผู้เชี่ยวชาญ อยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.47 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55 และผลประเมินความพึงพอใจการใช้งานจากผู้ใช้งานอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.69 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.48

คำสำคัญ: *การพัฒนาระบบ, ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ, เว็บแอปพลิเคชัน*

Abstract

This research was the system development for managing information in the Chinese banquet reservation via a web application. The objectives of the research were 1) to develop the Chinese banquet management information system: a case study of Lungnuay restaurant, 2) to evaluate the performance of the Chinese banquet management information system: a case study of Lungnuay restaurant and 3) to evaluate the satisfaction of the Chinese banquet management information system: a case study of Lungnuay restaurant. The samples were selected by the purposive selection. The first was five experts to evaluating the system performance. On the other hand, fifteen users were selected to evaluating system satisfaction. The statistic in this research was $\bar{x}$ and S.D. The overall performance was good ($\bar{x}$ =4.47 S.D.=0.55). in addition, the overall satisfaction was very good ($\bar{x}$ =4.69 S.D.=0.48).

Keywords: *system development, management information system, web application*

บทนำ

เมื่อกล่าวถึงความหมายของการจัดบริการอาหารนอกสถานที่เราอาจพิจารณานิยามของ “การบริการ” ก่อนเป็นเบื้องต้น การบริการหมายถึง การปฏิบัติรับใช้ การให้ความสะดวกต่าง ๆ[1] การบริการเป็นกระบวนการหรือกิจกรรมต่าง ๆ ที่ไม่มีตัวตน เกิดขึ้นจากการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ที่ต้องการใช้บริการกับผู้ให้บริการหรือในทางกลับกัน คือระหว่างผู้ให้บริการกับผู้ใช้บริการเพื่อตอบสนองความต้องการอย่างใดอย่างหนึ่งให้บรรลุผลสำเร็จ ก่อให้เกิดประโยชน์และความพึงพอใจแก่ลูกค้าที่มารับบริการ[2] นอกจากนี้ยังมีคำนิยามที่คล้ายคลึงกันว่า การบริการหมายถึง กิจกรรมหนึ่ง หรือชุดของกิจกรรมหลายอย่างที่เกิดขึ้นจากการปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลหรือวัตถุอย่างใดอย่างหนึ่งเพื่อให้ผู้รับบริการเกิดความพึงพอใจการบริการรวมถึงการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาพฤติกรรมของบุคคลที่เกี่ยวข้องกับการบริการ[3] ซึ่งปัจจุบันธุรกิจรับจัดเลี้ยง (catering) มีอยู่จำนวนมากในประเทศไทย ซึ่งมีการพัฒนารูปแบบเพื่อให้เข้ากับยุคสมัยและความเป็นสากลเพื่อให้ตอบสนองความต้องการของตลาด เช่น มีการผสมผสานวัฒนธรรมการทำอาหารของชาติตะวันตกและตะวันออกเข้าด้วยกันไม่ว่าจะเป็นเมนูอาหาร รูปแบบการจัดเลี้ยง และการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการจัดการธุรกิจรับจัดเลี้ยงเป็นธุรกิจรูปแบบหนึ่งที่แยกออกมาจากธุรกิจร้านอาหารเพื่อรองรับกลุ่มลูกค้าที่ต้องการความสะดวกสบายในการจัดงานเลี้ยง ทั้งงานวันเกิด งานจัดประชุมสัมมนา งานแต่ง งานบวชงานศพ และเทศกาล หรือโอกาสอื่น ๆ โดยการนำเอาเมนูอาหารไทย ตะวันออก ตะวันตก เบเกอรี่เข้ามารวมกัน เพื่อตอบสนองความต้องการที่หลากหลายของผู้ใช้บริการธุรกิจรับจัดเลี้ยงสังคมไทยเป็นสังคมที่ชอบงานสังสรรค์งานรื่นเริงจึงมักมีงานเลี้ยงฉลองในทุกเทศกาล มีทั้งงานขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ทั้งการจัดเลี้ยงภายใน หรือนอกสถานที่ โดยหากเป็นงานขนาดใหญ่ก็ต้องใช้คนจำนวนมากในการจัดงาน และใช้เวลาเตรียมงานล่วงหน้าหลายวันและปัจจุบันประเทศไทยเป็นศูนย์กลางการค้าทางธุรกิจมีการจัดประชุมสัมมนาต่าง ๆ ธุรกิจรับจัดเลี้ยงจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ช่วยจัดการเรื่องอาหาร ของว่าง เบเกอรี่ และเครื่องดื่ม ทำให้การจัดงานสะดวกและรวดเร็วมากขึ้นไม่ต้องเสียเวลามาเตรียมเอง และผู้ใช้บริการสามารถบอกถึงความต้องการกับผู้ให้บริการรับจัดเลี้ยงได้ทั้งรูปแบบงาน ประเภทอาหาร จำนวนคน สถานที่ โดยมีการทำข้อตกลงร่วมกันไว้ก่อนที่จะจัดงาน คนไทยในปัจจุบันจึงหันมาใช้บริการธุรกิจรับจัดเลี้ยงกันมากขึ้นเพราะมีให้เลือกหลากหลายรูปแบบจึงส่งผลให้ธุรกิจจัดเลี้ยงเป็นช่องทางธุรกิจที่น่าสนใจในการลงทุน[4]

ธุรกิจโต๊ะจีนเป็นธุรกิจอีกแขนงหนึ่งที่อยู่ในธุรกิจรับจัดเลี้ยงที่เรียกกันติดปากว่า “บริการรับจัดโต๊ะจีน” เป็นธุรกิจที่ถูกมองข้ามกันมานานเพราะคิดว่าเป็นธุรกิจขนาดเล็กที่ไม่น่าสนใจ ทั้ง ๆ ที่เกิดขึ้นในประเทศไทยเกือบ 100 ปี โต๊ะจีนเป็นชื่อเรียกที่เกิดขึ้นตามอาหารที่ผู้บริการหรือผู้ทำธุรกิจนี้นำมาบริการแก่ผู้ว่าจ้าง เริ่มต้นก็มีการว่าจ้างให้ทำเฉพาะที่ตนเองต้องการ ต่อมาเมื่อมีการว่าจ้างบ่อยครั้งขึ้น ก็เปิดเป็นร้านขายอาหารแต่ก็ยังมีการว่าจ้างให้ไปทำอาหารจีนที่บ้านบ้าง สถานที่ต่าง ๆ บ้าง ในที่สุดริเริ่มให้บริการอาหารโต๊ะจีนในรูปแบบร้านอาหารเคลื่อนที่ขึ้น[5] และเนื่องจากสวนอาหารลุงนวยในปัจจุบันนั้นได้มีบริการจัดโต๊ะจีนเพิ่มขึ้นมาโดยการดำเนินงานจะเป็นการโทรศัพท์มาจองโต๊ะ และจดรายการอาหารด้วยกระดาษ ทำให้ข้อมูลอาจสูญหาย หรือลงข้อมูลผิดพลาด ไม่มีการจัดเก็บข้อมูลในร้านให้เป็นระเบียบ ทำให้ยากต่อการตรวจสอบ จากความสำคัญดังกล่าว จึงได้พัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการจองโต๊ะจีน กรณีศึกษา สวนอาหารลุงนวย เพื่ออำนวยความสะดวกในการจองโต๊ะจีนทำให้สามารถจัดการกับส่วนต่าง ๆ ภายในร้านได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการจองโต๊ะจีน กรณีศึกษา สวนอาหารลุงนวย จะเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการธุรกิจร้านอาหาร เช่น มีระบบจัดเก็บข้อมูล และจัดการข้อมูล ซึ่งจะลดความผิดพลาดในหลายด้าน อาทิเช่น การจองโต๊ะอาหาร การสั่งอาหารโดยจะเพิ่มความสะดวกรวดเร็วให้แก่ลูกค้ามากขึ้นและสามารถประหยัดเวลาในการจัดงานเลี้ยงนอกสถานที่ได้อีกด้วย

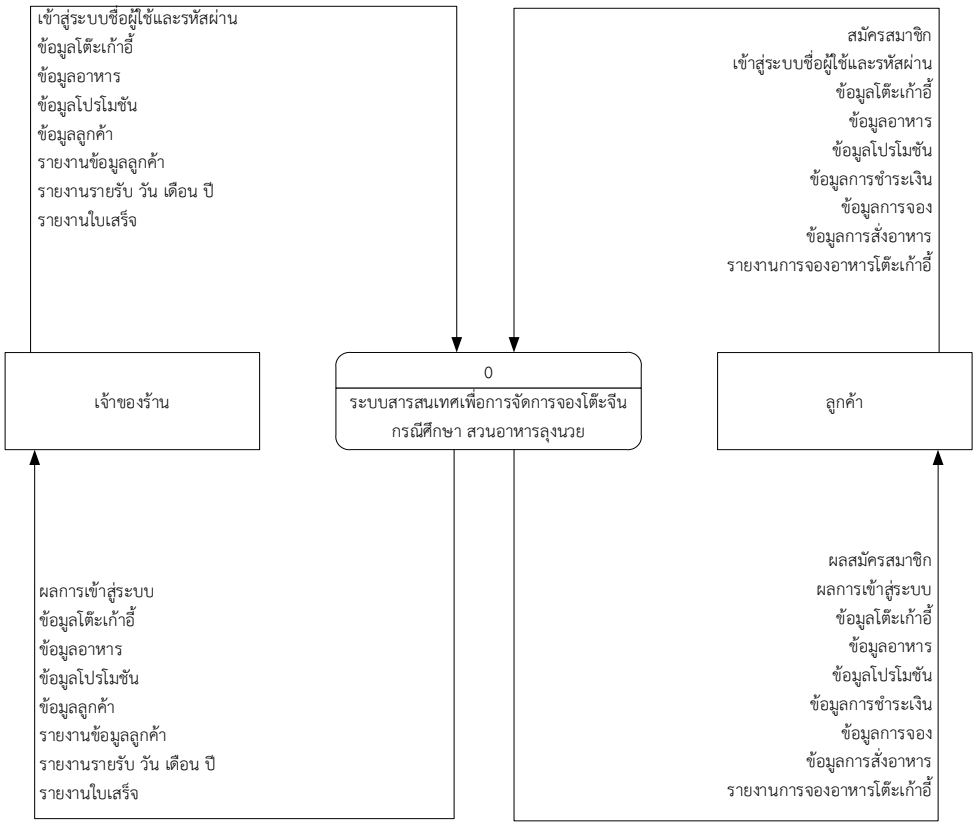
วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการจองโต๊ะจีน สวนอาหารลุงนวย ที่พัฒนาขึ้นมีการกำหนดสิทธิ์ การเข้าถึงข้อมูล แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ดูแลระบบ และผู้ใช้งาน โดยสิทธิ์ของการเข้าใช้งานระบบ มีดังนี้ ผู้ดูแลระบบ สามารถจัดการข้อมูลต่างๆ ในระบบได้ดังนี้ ข้อมูลโต๊ะเก้าอี้ ข้อมูลเมนูอาหารและราคาอาหาร ข้อมูลโปรโมชัน ส่วนลด ข้อมูลลูกค้า ตรวจสอบข้อมูลการจองโต๊ะจีน ตรวจสอบการชำระเงิน ตรวจสอบข้อมูลลูกค้า พิมพ์รายงานข้อมูลลูกค้า พิมพ์ใบเสร็จชำระเงิน และพิมพ์รายงานรายรับ วัน เดือน ปี ส่วนของผู้ใช้งาน สามารถจัดการข้อมูลต่างๆ ในระบบได้ดังนี้ ข้อมูลลูกค้า ข้อมูลการจองโต๊ะจีน ข้อมูลการชำระเงิน ข้อมูลการสั่งอาหาร ตรวจสอบข้อมูลการจองโต๊ะจีน ตรวจสอบข้อมูลอาหาร ตรวจสอบข้อมูลการชำระเงิน พิมพ์ใบเสร็จรับเงิน และพิมพ์รายงานการจองโต๊ะ และได้ดำเนินการตามวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC)[6] ดังนี้

1. การวิเคราะห์ระบบ เป็นการรวบรวมข้อมูล จากเจ้าของสวนอาหารลุงนวย และลูกค้าที่ใช้บริการ เพื่อทราบถึงขั้นตอนและรายละเอียดในการดำเนินงานในปัจจุบัน จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์พร้อมทั้งออกแบบระบบใหม่ที่ตอบสนองต่อความต้องการจนได้ข้อสรุปความต้องการของผู้ใช้งานที่ชัดเจน (User Requirement)

2. การออกแบบระบบ เป็นการกำหนดองค์ประกอบและกระบวนการต่างๆ แบ่งออกเป็นขั้นตอนดังนี้

- ขั้นตอนการออกแบบภาพรวมของการทำงานระบบ โดยใช้แผนภาพบริบท (Context Diagram) ดังภาพที่ 1 แผนภาพกระแสข้อมูล (Dataflow Diagram) และออกแบบการทำงานของแต่ละกระบวนการโดยใช้ผังกระบวนการทำงาน (Process Flowchart) ให้สอดคล้องกับความต้องการที่ได้วิเคราะห์มา



ภาพที่ 1 แสดงแผนภาพบริบท (Context Diagram)

- ขั้นตอนการออกแบบส่วนการติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface) ให้ง่ายต่อการใช้งาน และตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน

- ขั้นตอนการออกแบบฐานข้อมูล วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแฟ้มข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ระบบมีความสอดคล้องกันในการทำงาน โดยใช้แผนภาพความสัมพันธ์ของข้อมูล (ER-Diagram)

3. การพัฒนาระบบ เป็นการนำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์และได้ออกแบบไว้มาพัฒนาระบบ โดยนำเอาเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาใช้ในการบริหารจัดการฐานข้อมูล เพื่อให้เกิดระบบที่มีประสิทธิภาพและสมบูรณ์ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน

4. การทดสอบและแก้ไขระบบ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการจองโต๊ะจีน กรณีศึกษา สวนอาหารลุงนวย ควบคู่ไปกับการพัฒนาระบบ ทดสอบทีละโมดูลจนถูกต้องทั้งหมด และทำการทดสอบรวมทั้งระบบรวมอีกครั้ง และนำไปติดตั้งเพื่อใช้งาน เพื่อให้ระบบที่ตรงตามความต้องการและสามารถทำงานได้ตามที่วิเคราะห์และออกแบบไว้

5. การประเมินประสิทธิภาพของระบบ โดยผู้เชี่ยวชาญในด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 5 ท่าน โดยเป็นการคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง ซึ่งผู้เชี่ยวชาญจะทำการทดลองใช้ระบบ และประเมินประสิทธิภาพของระบบ โดยใช้วิธีการทดสอบระบบแบบ Black Box [7] โดยผู้วิจัยเลือกมาเพียงบางประเด็น ได้แก่ การประเมินเพื่อทดสอบความถูกต้องในการทำงานของระบบในภาพรวม (Functional Testing) การประเมินเพื่อทดสอบความยากง่ายในการใช้งาน (Usability Testing) และการประเมินเพื่อทดสอบด้านสมรรถนะในการทำงานของระบบ (Performance Testing) โดยแบ่งระดับของการให้คะแนนออกเป็น 5 ระดับ ตามมาตรวัดลิเคิร์ท (Likert Scale)[8] ดังนี้

5 หมายถึง ระดับมากที่สุด
4 หมายถึง ระดับมาก
3 หมายถึง ระดับปานกลาง
2 หมายถึง ระดับน้อย
1 หมายถึง ระดับน้อยที่สุด

เมื่อผู้เชี่ยวชาญได้ประเมินประสิทธิภาพแล้ว ผู้วิจัยจะใช้กระบวนการทางสถิติในการประมวลและสรุปผล โดยการใช้ค่าเฉลี่ยในแต่ละด้านแล้วแปลผลว่ามีประสิทธิภาพอยู่ในระดับใด ตามเกณฑ์ 5 ระดับของเบสท์ ดังนี้

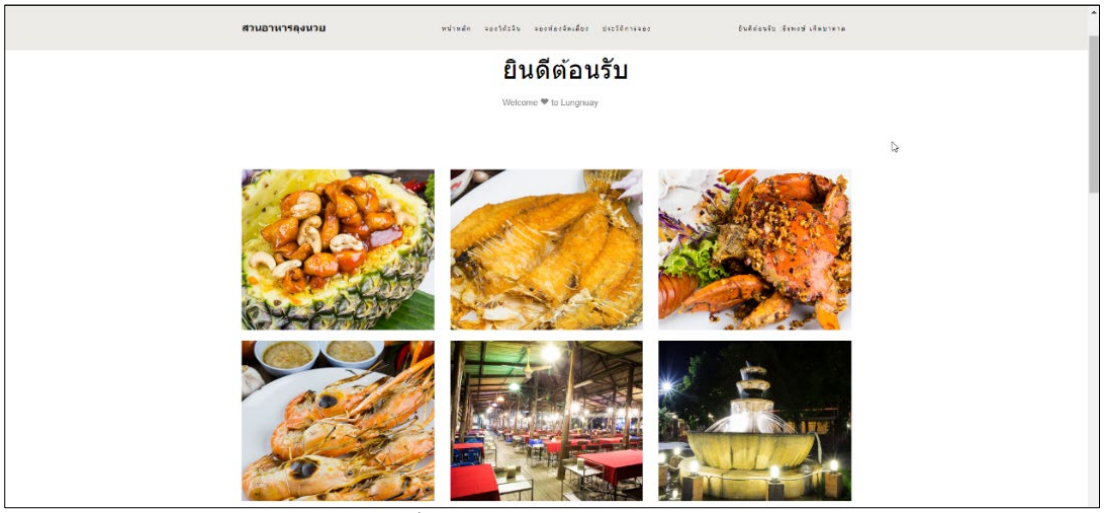
ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง ระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง ระดับมาก
ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง ระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง ระดับน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง ระดับน้อยที่สุด

6. การประเมินความพึงพอใจในการใช้ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการจองโต๊ะจีนของสวนอาหารลุงนวย โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการประเมิน โดยแบบสอบถามจะแบ่งระดับของการให้คะแนนออกเป็น 5 ระดับ ตามมาตรวัดลิเคิร์ท (Likert Scale) แบบสอบถามจะวัดความพึงพอใจของผู้ใช้งานในมุมมองด้านการใช้งานและความปลอดภัยของระบบ ผู้วิจัยจะใช้กระบวนการทางสถิติในการประมวลและสรุปผล โดยการใช้ค่าเฉลี่ยในแต่ละด้านแล้วแปลผลว่ามีประสิทธิภาพอยู่ในระดับใด ตามเกณฑ์ 5 ระดับของเบสท์ เช่นเดียวกับการประเมินประสิทธิภาพของระบบ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัยสามารถดำเนินการได้ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้

1. ผลการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการจองโต๊ะจีน ได้แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ เจ้าของร้านและลูกค้าสามารถทำงานได้ครอบคลุมตามขอบเขตที่ได้วางไว้ โดยมีหน้าหลักของระบบงาน ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 หน้าหลักของระบบงาน

2. ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการจองโต๊ะจีน ผู้วิจัยได้สรุปผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศทั้ง 5 ท่าน โดยใช้สถิติคะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) การประเมินจะประเมินใน 3 มุมมอง คือ ด้านความถูกต้องในการทำงานของระบบในภาพรวม (Functional Testing) ด้านความยากง่ายในการใช้งาน (Usability Testing) และด้านสมรรถนะในการทำงานของระบบ (Performance Testing) สามารถสรุปผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพโดยรวมจากผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	**ค่าเฉลี่ย** $\bar{x}$	**ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)**	**ระดับประสิทธิภาพ**
1. ด้านความถูกต้องในการทำงานของระบบในภาพรวม (Functional Testing)	4.60	0.55	มากที่สุด
2. ด้านความยากง่ายในการใช้งาน (Usability Testing)	4.40	0.55	มาก
3. ด้านสมรรถนะในการทำงานของระบบ (Performance Testing)	4.40	0.55	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.47**	**0.55**	**มาก**

จากตารางที่ 1 พบว่า ประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการจองโต๊ะจีน อยู่ในระดับมาก ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 4.47

3. ผลการประเมินความพึงพอใจระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการจองโต๊ะจีน ได้เก็บแบบสอบถามจากผู้ดูแลระบบ และผู้ใช้งานที่เป็นพนักงานของสวนอาหารลุงนวย จำนวน 15 คน ซึ่งผลความพึงพอใจการใช้งาน แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการจัดการจองโต๊ะจีน

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย $\bar{x}$	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับความพึงพอใจ
1. มีความเหมาะสมในการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้	4.67	0.45	มากที่สุด
2. มีความสะดวกและไม่ซับซ้อน ง่ายต่อการใช้งาน	4.73	0.45	มากที่สุด
3. มีระบบช่วยลดเวลาในการตรวจสอบข้อมูล	4.85	0.45	มากที่สุด
4. ระบบสามารถช่วยสืบค้นข้อมูลได้อย่างรวดเร็วและสะดวก	4.80	0.45	มากที่สุด
5. มีการตรวจสอบสถานะผู้ใช้งาน			
6. มีความปลอดภัยในการเข้าถึงฐานข้อมูลใจแต่ละส่วนของ	4.67	0.45	มากที่สุด
ผู้ใช้งาน	4.53	0.55	มากที่สุด
7. ประสิทธิภาพและความรวดเร็วใจการตอบสนอง			
ของระบบ	4.60	0.55	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.69**	**0.48**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 2 พบว่า ความพึงพอใจในการใช้งานระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการจองโต๊ะจีน อยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงถึง 4.69

สรุป

ผู้วิจัยขอสรุปผลการวิจัยดังนี้

1. การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการจองโต๊ะจีน กรณีศึกษา สวนอาหารลุงนวย

ในการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการจองโต๊ะจีน ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามวงจรการพัฒนาระบบ ซึ่งได้เก็บรวบรวมความต้องการของระบบจากผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องของระบบ เพื่อนำมาวิเคราะห์และออกแบบระบบให้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ และตามแผนภาพบริบท โดยแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ ผู้ดูแลระบบ และผู้ใช้งาน โดยการออกแบบจะเน้นที่การใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน และทำงานได้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้

2. ประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการจองโต๊ะจีน

ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการจองโต๊ะจีน โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศจำนวน 5 ท่าน โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.47 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ด้านความถูกต้องในการทำงานของระบบในภาพรวม มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับที่สูงมาก โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.60 เนื่องจากระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้ถูกต้องตามความต้องการของผู้ใช้

3. ความพึงพอใจในการใช้งานระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการจองโต๊ะจีน

ผลการประเมินความพึงพอใจของระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการจองโต๊ะจีน โดยลูกค้า จำนวน 15 คน โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.69 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อแล้วพบว่า มีระบบช่วยลดเวลาในการตรวจสอบข้อมูล มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยสูงถึง 4.85

เอกสารอ้างอิง

1. ราชบัณฑิตยสถาน. พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ.2542. กรุงเทพฯ : นานมีบุ๊คส์ พับลิเคชั่นส์. 2542.
2. จิตตินันท์ เดชะคุปต์. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับจิตวิทยาบริการในเอกสารการสอนชุดวิชาจิตวิทยาการบริการ. นนทบุรี : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช. 2549.
3. เอนก สุวรรณบัณฑิต และภาสกร อดุลพัฒนกิจ. จิตวิทยาบริการ. กรุงเทพฯ : บริษัท เพรส แอนด์ ดีไซน์. 2548.
4. จารุวรรณ จรุงกลิ่น. รูปแบบธุรกิจรับจัดเลี้ยงนอกสถานที่สำหรับการจัดเลี้ยงทางธุรกิจ ที่ประสบความสำเร็จในเขตกรุงเทพมหานคร. สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรมการบริการและการท่องเที่ยว, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ, ปทุมธานี; 2559.
5. สราทิพย์ หาสุนทรี. โครงการจัดตั้งสุนทรีรับจัดเลี้ยงนอกสถานที่. สาขาการบริหารธุกิจบันเทิงและการผลิต, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ, ปทุมธานี; 2558.
6. โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ (ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม). กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น; 2555.
7. มนต์ชัย เทียนทอง. สถิติและวิธีการวิจัยทางเทคโนโลยีสารสนเทศ. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2548.
8. มัชฌกานต์ เผ่าสวัสดิ์ และประภากรณ์ คัดทะจันทร์. การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการศูนย์ปฏิบัติธรรมวัดพยายัง. วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2558; 10(3): 33-42.

[IT-P28] การพัฒนาระบบส่งการบ้านออนไลน์และคำนวณคะแนนตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ

A Development of Online Homework Submission System and Computation Accordance with the Thai Qualification Framework for Higher Education (TQF: HEd)

อดุลย์ ชัชวาลยางกูล* และ ณัฐรดี อนุพงค์
Adul Chuchwalyangkol* and Natradee Anupong
หลักสูตรวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: ake6134@gmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบส่งการบ้านออนไลน์ (Online Homework Submission System) ตามทฤษฎีวงจรการพัฒนาระบบ โดยมีขั้นตอนการทำความเข้าใจถึงปัญหา ศึกษาถึงความเป็นไปได้ วิเคราะห์และออกแบบ แล้วทำการพัฒนาติดตั้งและทดสอบระบบ แล้วจัดให้มีการดูแลบำรุงรักษาระบบตามความเหมาะสม ทั้งนี้สามารถเพิ่มความทันสมัยและอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้สอนและนักศึกษา ช่วยลดปัญหาการให้คะแนนนักศึกษาที่ผิดพลาด และช่วยให้ผู้สอนได้บันทึกคะแนนได้อย่างถูกต้องและเป็นไปตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ (TQF : HEd) อีกทั้งนักศึกษาและอาจารย์สามารถเข้าใช้ระบบได้ทุกที่ทุกเวลา ผ่านทางอินเทอร์เน็ต ระบบนี้ถูกพัฒนาสำหรับใช้เป็นสื่อสนับสนุนการเรียนการสอนของสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ใช้โปรแกรม Sublime Text ในการเขียนโปรแกรมร่วมกับ Laravel Framework ภาษาที่ใช้เขียนคือ PHP และ SQL ใช้โปรแกรม FileZilla ในการถ่ายโอนข้อมูลระบบขึ้นในเว็บเซิร์ฟเวอร์ มีการประเมินระบบโดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานเป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลจากผู้สอนและนักศึกษาในหลักสูตร รวมจำนวน 37 คน ผลการประเมินความพึงพอใจระบบของผู้สอนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.38 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.598 ประสิทธิภาพอยู่ในระดับมาก และผลการประเมินความพึงพอใจระบบของนักศึกษามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.514 ประสิทธิภาพอยู่ในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ: *ระบบส่งการบ้านออนไลน์, การพัฒนาระบบ, ระบบสนับสนุนการเรียนการสอน, กรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ*

Abstract

This research aimed to develop an Online Homework Submission System according to the theory of System Development Life Cycle with the process of understanding problems, studying the feasibility, analyzing and designing the system, installing and testing the system, and providing system maintenance. The system was able to increase the modernity and facilitate the instructors and students. It could reduce errors in scoring and assist the instructor to be accurately recorded in accordance with the Thai Qualification Framework for Higher Education (TQF:HEd). Students and instructors could use the system anywhere via the Internet. The system was designed to use as a teaching support system in the computer science program at Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage. The development was written in Sublime Text with Laravel Framework using PHP and SQL languages and used FileZilla program to transfer data on a web server. The system was evaluated using users' satisfaction assessment as a tool to collect information from instructors and students in a total of 37 people. The results of the users' satisfaction assessment by

instructors were with an average value of 4.38, standard deviation of 0.598, efficiency is at a high level, and the results of the users' satisfaction assessment by students were with an average value of 4.60, standard deviation of 0.514, efficiency is at the highest level.

Keywords: *online homework submission system, system development, teaching support system, Thai Qualification Framework for Higher Education*

บทนำ

เนื่องจากปัจจุบันเป็นยุคดิจิตอลแบบเต็มรูปแบบ จึงเกิดกระแสการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนอย่างแพร่หลาย จากอดีตจนปัจจุบัน นวัตกรรมทางการศึกษาเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงวิธีการเรียนที่เป็นอยู่จากเดิม สู่การเรียนที่มีการประยุกต์ใช้ร่วมกับอินเทอร์เน็ต หรือที่เรียกว่า E-Learning สำหรับสร้างการศึกษาที่มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น และยังสามารถเป็นสื่อกลางของการเรียนรู้ที่ช่วยลดภาระงานของอาจารย์ในการตรวจการบ้าน และยังเพิ่มประสิทธิภาพทางการเรียนให้แก่นักศึกษาและแก้ปัญหาต่างๆให้กับนักศึกษา ไม่ว่าจะเป็นการเช็คคะแนน การดูเกรด การติดต่ออาจารย์ในสาขาวิชา หรือแม้กระทั่งการส่งรายงาน การบ้านต่างๆเพื่อช่วยให้นักศึกษาสามารถส่งงานได้ทุกที่ทุกเวลา และยังอำนวยความสะดวกไปถึงในส่วนของอาจารย์ผู้ตรวจงานอีกด้วย และยังเป็นการแก้ไขปัญหาในเรื่องของคะแนนที่ได้ออกมาในรูปของเอกสารที่สามารถสูญหายได้ง่าย และช่วยให้สามารถทราบคะแนนต่างๆที่ทำไว้เพื่อที่นักศึกษาจะสามารถวางแผนการเรียนได้อย่างรอบคอบมากยิ่งขึ้น

ประเทศไทยมีการประกาศใช้กรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2552 (Thai Qualification Framework for Higher Education)[1] เป็นกรอบที่แสดงระบบคุณวุฒิการศึกษาระดับอุดมศึกษาของประเทศ ซึ่งประกอบด้วยระดับคุณวุฒิ ความเชื่อมโยงต่อเนื่องจากคุณวุฒิระกับหนึ่งไปสู่ระดับที่สูงขึ้น การแบ่งสายวิชา มาตรฐานผลการเรียนรู้ของแต่ละระดับคุณวุฒิซึ่งเพิ่มสูงขึ้นตามระดับของคุณวุฒิ ปริมาณการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับเวลาที่ต้องใช้ ลักษณะของหลักสูตรในแต่ละระดับคุณวุฒิ การเปิดโอกาสในเทียบโอนผลการเรียนรู้จากประสบการณ์ ซึ่งเป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิต รวมทั้งระบบและกลไกที่ให้ความมั่นใจในประสิทธิผลการดำเนินงานตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติของสถาบันอุดมศึกษาว่าสามารถผลิตบัณฑิตให้บรรลุคุณภาพตามมาตรฐานผลการเรียนรู้ ดังนั้นเพื่อให้มีการพัฒนาคุณภาพและมาตรฐานการศึกษาสอดคล้องกับระบบประกันคุณภาพการศึกษา ดังนั้นการเก็บคะแนนของรายวิชาต่างๆ จะต้องเป็นไปตามแผนที่การกระจายความรับผิดชอบ (Curriculum Mapping) 5 ด้าน ตามกรอบ TQF ที่ประกฎใน มคอ.2 ของสาขาวิชา คือ ด้านคุณธรรมจริยธรรม (Ethics and Moral) ด้านความรู้ (Knowledge) ด้านทักษะทางปัญญา (Cognitive Skills) ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ (Interpersonal skills and responsibility) และด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (Numerical analysis skills, communication and information technology skills) ผู้สอนจึงมีหน้าที่ออกแบบการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับรายละเอียดดังกล่าว ดังนั้นการตรวจและให้คะแนนในกิจกรรมการเรียนการสอนตามกรอบ TQF จึงมีความสำคัญและละเอียดอ่อน

ผู้วิจัยได้จัดทำระบบส่งการบ้านออนไลน์ โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อพัฒนาระบบส่งการบ้านออนไลน์ (Online Homework Submission System) ตามทฤษฎีวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC)[2] ซึ่งช่วยแก้ปัญหาในเรื่องของการส่งงาน การทราบคะแนนเก็บของตัวนักศึกษาเอง การติดต่ออาจารย์ในสาขาวิชา การประสานงานต่างๆ การนัดหมายและหมอบหมายงานต่างๆ ผ่านระบบส่งการบ้านออนไลน์ และช่วยเพิ่มความสะดวกและทันสมัยให้กับนักศึกษาและอาจารย์ในสาขาวิชาให้สามารถตรวจสอบคะแนน และมอบหมายงานในรายวิชาต่างๆ ระบบมีการแสดงวันกำหนดส่งชิ้นงาน จึงแก้ปัญหาการลืมวันกำหนดส่งของนักศึกษา อีกทั้งนักศึกษายังสามารถตรวจสอบคะแนนเพื่อวางแผนการเรียนของตัวเองในอนาคตได้ง่ายยิ่งขึ้น ลดปัญหาการวางแผนการเรียนที่ผิดพลาดจากการไม่ทราบคะแนนเก็บของนักศึกษาเอง และยังเป็นการลดการใช้เอกสารได้อีกด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของระบบตามทฤษฎีวงจรการพัฒนาระบบ (SDLC)[2] ดังต่อไปนี้

1. การเข้าใจถึงปัญหา (problem recognition)

การติดตามผลคะแนนเก็บในรายวิชาต่างๆ เป็นเรื่องที่สำคัญต่อนักศึกษาในการพิจารณาถึงความก้าวหน้าในการเรียนและการคาดคะเนผลการเรียนของตัวนักศึกษา บางครั้งนักศึกษามีปัญหาในเรื่องของการลืมวันกำหนดส่งงาน และนักศึกษาไม่สามารถติดตามคะแนนของงานแต่ละชิ้นงานที่ได้รับมอบหมายมาจากผู้สอนได้ ในมุมมองของผู้สอนพบปัญหาในเรื่องของการให้

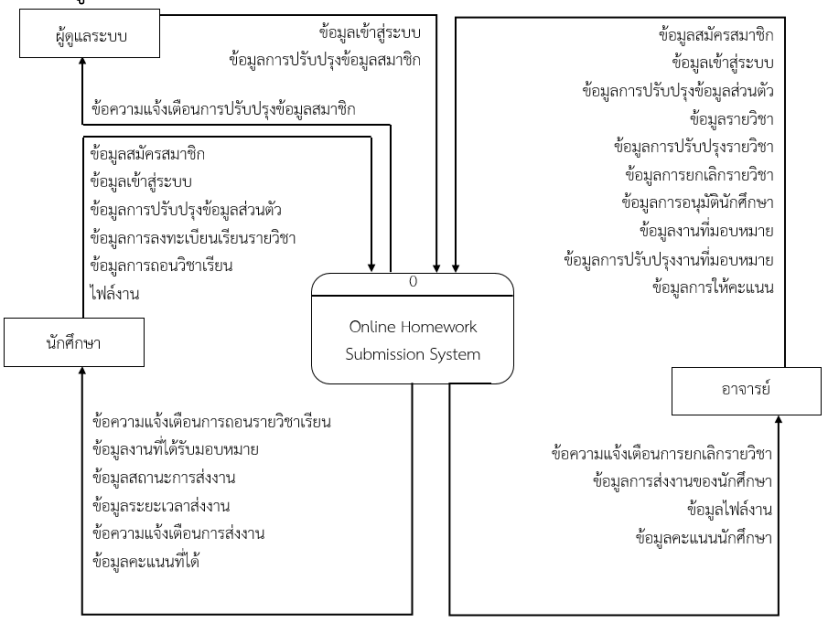
คะแนนรายชิ้นงานและกิจกรรมไม่สอดคล้องกับการให้คะแนนที่ผู้สอนกำหนดไว้ใน มคอ.3 และ มคอ.4 ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2552 (TQF : HEd) 5 ด้าน[1] คือ ด้านคุณธรรมจริยธรรม (Ethics and Moral) ด้านความรู้ (Knowledge) ด้านทักษะทางปัญญา (Cognitive Skills) ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ (Interpersonal skills and responsibility) และด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (Numerical analysis skills, communication and information technology skills) ทำให้ต้องเสียเวลาในการคำนวณคะแนนหลายรอบ อีกทั้งการเก็บผลงานของนักศึกษาในลักษณะงานเอกสารอาจเกิดการสูญหายได้ ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญในการพัฒนาระบบส่งการบ้านออนไลน์ขึ้นมาใช้ภายในสาขาวิชา

2. การศึกษาถึงความเป็นไปได้ (Feasibility Study)

ผู้วิจัยได้ศึกษารายละเอียดข้อมูลเกี่ยวกับแผนที่การกระจายความรับผิดชอบ (Curriculum Mapping) 5 ด้าน ตามกรอบ TQF และได้ศึกษาความต้องการของผู้ใช้จากการสัมภาษณ์บุคคลที่เกี่ยวข้องกับระบบ เช่น ผู้สอนและนักศึกษาภายในสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ และศึกษาแนวคิดการออกแบบและพัฒนาระบบของระบบอื่น ๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียง เช่น ระบบส่งการบ้านออนไลน์วิชาจิตวิทยาสำหรับครู[3] และระบบ RPI Homework Submission Server[4] ที่ได้พัฒนาระบบในรูปแบบเว็บไซต์ ทำให้สามารถใช้งานได้สะดวกและเพิ่มช่องทางในการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและผู้สอน ผู้วิจัยจึงได้นำแนวคิดดังกล่าวมาปรับปรุง และออกแบบระบบส่งการบ้านออนไลน์ให้เหมาะสมกับบริบทของสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์

3. การวิเคราะห์ (Analysis)

ข้อมูลที่ได้จากศึกษารายละเอียดของกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ (TQF) การสัมภาษณ์ และขั้นตอนกระบวนการที่ได้จากความต้องการของผู้ใช้ ได้ทำการวิเคราะห์ระบบให้ระบบส่งการบ้านออนไลน์ มีผู้ใช้ 3 รูปแบบ คือ ผู้ดูแลระบบ นักศึกษา และอาจารย์ผู้สอน ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนภาพบริบทระบบส่งการบ้านออนไลน์

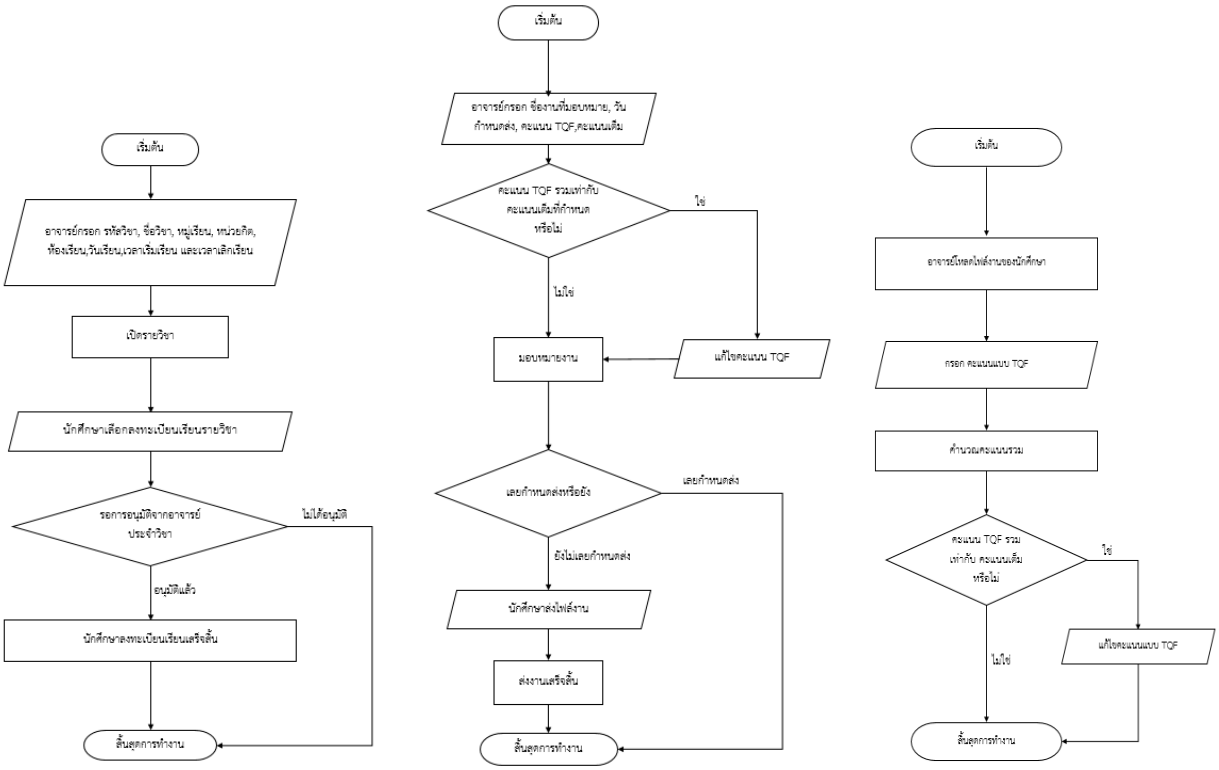
แผนภาพบริบทเป็นการแสดงภาพรวมของระบบเพื่อแสดงให้เห็นถึงการไหลของข้อมูลบุคคลหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จากการวิเคราะห์ภาพรวมของระบบส่งการบ้านออนไลน์สามารถอธิบายด้วยแผนภาพบริบทได้โดยแสดงถึงผู้ที่เกี่ยวข้องกับระบบงานข้อมูลนำเข้าและข้อมูลส่งออก ดังนี้

1) ผู้ดูแลระบบ สามารถเข้าสู่ระบบได้โดยไม่ต้องทำการสมัครสมาชิก ผู้ดูแลระบบสามารถอัพเดทข้อมูลของสมาชิกได้

2) อาจารย์ผู้สอน สามารถสมัครสมาชิกเพื่อทำการเข้าสู่ระบบ ซึ่งในระบบอาจารย์ผู้สอนจะใส่ข้อมูลสมัครสมาชิก ข้อมูลเข้าสู่ระบบ ข้อมูลรายวิชา ข้อมูลการอนุมัตินักศึกษา ข้อมูลงานที่มอบหมาย ข้อมูลการปรับปรุงงานที่มอบหมาย ข้อมูลการให้คะแนน ข้อมูลความคิดเห็น และอาจารย์ยังจะได้รับข้อมูลที่เป็นข้อความแจ้งเตือนต่าง ๆ และไฟล์งานของนักศึกษา

3) นักศึกษา สามารถสมัครสมาชิกเพื่อทำการเข้าสู่ระบบ ซึ่งในระบบนักเรียนจะใส่ข้อมูลสมัครสมาชิก ข้อมูลเข้าสู่ระบบ ข้อมูลการลงทะเบียนเรียนรายวิชา ไฟล์งาน และนักศึกษาจะได้รับข้อมูลที่เป็นข้อความแจ้งเตือนต่าง ๆ ข้อมูลการให้คะแนนและความคิดเห็นของอาจารย์

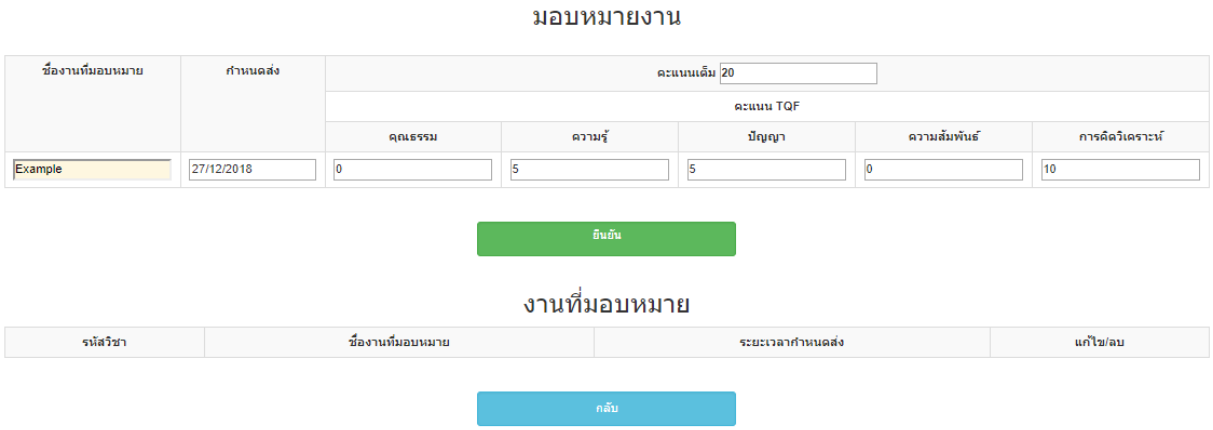
กระบวนการทำงานของระบบส่งการบ้านออนไลน์ได้ถูกวิเคราะห์โดยใช้ผังกระบวนการ (Flowchart) ซึ่งได้วิเคราะห์ตามขั้นตอนที่ที่เป็นไปได้จริงจากการสัมภาษณ์ระหว่างเก็บข้อมูล ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ผังกระบวนการ (1) จัดการข้อมูลรายวิชา (2) มอบหมายงานและการส่งงาน (3) ตรวจงาน

4. การออกแบบ (Design)

ก่อนเริ่มพัฒนาระบบ ผู้วิจัยได้ศึกษากระบวนการและเครื่องมือในการพัฒนาระบบ โดยเริ่มจากการศึกษาองค์ประกอบของการออกแบบเว็บไซต์ เป็นการออกแบบให้เว็บไซต์มีความเรียบง่าย และมีความเป็นเอกลักษณ์ มีระบบเนวิเกชันใช้กราฟิกที่สื่อความหมายร่วมกับคำอธิบายที่ชัดเจน[5] ออกแบบให้ เนื้อหาเน้นเป็นแบบตารางที่มีความเป็นระเบียบ มีความสม่ำเสมอใช้รูปแบบเดียวกันตลอดทั้งเว็บไซต์ ไม่ซับซ้อนจนเกินไป โดยได้ออกแบบหน้าจอให้สอดคล้องกับการวิเคราะห์ระบบในตอนต้น ทั้งนี้ได้รูปแบบหน้าจอ ดังภาพที่ 3 - 5



ภาพที่ 3 หน้าจอการมอบหมายงานตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ (TQF) ของอาจารย์



ภาพที่ 4 หน้าจอหลักแสดงงานที่ได้รับมอบหมายในรายวิชาต่าง ๆ ของนักศึกษา



ภาพที่ 5 หน้าจอแสดงรายการไฟล์งานจากนักศึกษาในการมอบหมายงานของอาจารย์

5. การพัฒนา (Development)

ในการพัฒนาระบบ ผู้วิจัยได้ศึกษาระบบฐานข้อมูล ซึ่งเป็นแหล่งเก็บแฟ้มข้อมูลหลายแฟ้มไว้ในที่เดียวกันและแฟ้มข้อมูลแต่ละแฟ้มจะมีความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจน[6] โปรแกรมที่นำมาใช้จำลองระบบฐานข้อมูล คือ XAMPP ซึ่งเป็นโปรแกรมที่มีการนำโปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบมารวมเข้าไว้ด้วยกัน ใช้ควบคู่กับโปรแกรม Sublime Text ที่ทำหน้าที่เป็นโปรแกรมเขียนโค้ดที่สนับสนุนภาษาโปรแกรมมิ่งหลายภาษา[7] และสร้างเซิฟเวอร์จำลองด้วยซอฟต์แวร์ Apache Webserver ที่เซิร์ฟเวอร์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ภาษาที่นำมาใช้พัฒนาระบบ ได้แก่ ภาษา PHP ภาษาสคริปต์ (Script) ที่ได้รับการพัฒนาและออกแบบมาเพื่อใช้ในการสร้างเอกสารแบบ HTML โดยสามารถสอดแทรกหรือแก้ไขเนื้อหาได้โดยอัตโนมัติ[8] และภาษา SQL เพื่อจัดการกับฐานข้อมูลโดยเฉพาะ เป็นภาษามาตรฐานบนระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์[9] ทั้งนี้ยังได้เลือกใช้เฟรมเวิร์คลาลาเวล (Laravel Framework) ที่มีความนิยมมากในปัจจุบัน มีความสามารถในการเขียน PHP ในลักษณะของ Model-View-Controller (MVC) ทำให้ง่ายต่อการเขียนโปรแกรม[10] ซึ่งจะช่วยให้ผู้พัฒนาทำงานได้ง่ายขึ้น และข้อมูลที่เป็นโค้ด จะมีความเป็นระเบียบและแบ่งเป็นสัดส่วนอย่างชัดเจน ไม่ซับซ้อน ทำให้ง่ายต่อการพัฒนาระบบและปรับปรุงแก้ไข

6. การติดตั้ง (Implement)

การติดตั้งระบบส่งการบ้านออนไลน์เพื่อใช้งานบนอินเทอร์เน็ต ได้เลือกใช้โปรแกรม FileZillaเป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web Server หรือ Web Hosting) ในการอัพโหลดไฟล์ขึ้นเว็บเซิร์ฟเวอร์ ทั้งนี้ FileZilla เป็นโปรแกรมประเภท FTP Client ที่ใช้สำหรับการส่งไฟล์หรือรับไฟล์ระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายกับคอมพิวเตอร์แม่ข่ายซึ่งเรียกว่า Hosting

7. การบำรุงรักษา (Maintenance)

การปรับปรุงและแก้ไขทางด้านฮาร์ดแวร์หรือซอฟต์แวร์หรือการแก้ปัญหาที่ผู้ใช้ระบบพบในระหว่างใช้งานหรือเนื่องจากมีการปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงาน

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การประเมินด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ของระบบ

การประเมินเมนูการใช้งานความถูกต้องของการประมวลผล ความรวดเร็วในการตอบสนอง ขั้นตอนการบันทึกข้อมูลการจัดการข้อมูล และความง่ายของการใช้งานระบบ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเป็นการใช้แบบสอบถามจำนวน 37 ใบ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลผลความพึงพอใจของอาจารย์ในหลักสูตรวิทยาการคอมพิวเตอร์จำนวน 7 คน และนักศึกษาสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์จำนวน 30 คน รวม 37 คน แยกตามฟังก์ชันการทำงานในแต่ละส่วน ดังนี้

ตารางที่ 1 ความพึงพอใจด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ของระบบ (สำหรับผู้สอน)

รายการ	ระดับความพึงพอใจ		
	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับ
1. ระบบสามารถเปิดรายวิชาได้ถูกต้อง	4.86	0.378	มากที่สุด
2. ระบบสามารถจัดการการลงทะเบียนเรียนของนักศึกษาได้ถูกต้อง	4.43	0.787	มาก
3. ระบบสามารถมอบหมายงานและกำหนดคะแนนแบบ TQFได้ถูกต้อง	4.57	0.534	มากที่สุด
4. ระบบสามารถตรวจงานนักศึกษาตามชิ้นที่มอบหมายได้ถูกต้อง	4.71	0.488	มากที่สุด
5. ระบบสามารถให้คะแนนชิ้นงานตามคะแนน TQF ที่กำหนดไว้ได้ถูกต้อง	4.71	0.488	มากที่สุด
6. ระบบสามารถคำนวณคะแนนแบบ TQF ที่กำหนดไว้ตามงานที่มอบหมายได้ถูกต้อง	4.71	0.488	มากที่สุด
7. ระบบสามารถออกรายงานคะแนนของชิ้นงานของนักศึกษาทั้งหมดได้ถูกต้อง	4.57	0.535	มากที่สุด
8. ระบบมีความเหมาะสมของเมนูการใช้งาน	3.86	0.690	มาก
9. ระบบมีความรวดเร็วในการตอบสนองของระบบ	4.14	0.899	มาก
10. ระบบใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน	3.86	0.690	มาก
รวมเฉลี่ย	**4.44**	**0.598**	**มาก**

จากตารางที่ 1 เห็นได้ว่าผลการประเมินความพึงพอใจด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ของระบบสำหรับผู้สอน ค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ การเปิดรายวิชาได้ถูกต้อง (4.86) รองลงมา คือ การตรวจงานนักศึกษาตามชิ้นที่มอบหมายได้ถูกต้อง การให้คะแนนชิ้นงานตามคะแนน TQF ที่กำหนดไว้ได้ถูกต้อง และการคำนวณคะแนนแบบ TQF ที่กำหนดไว้ตามงานที่มอบหมายได้ถูกต้อง (4.71) ส่วนผลการประเมินค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ความเหมาะสมของเมนูการใช้งาน และใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน (3.86) ทั้งนี้ค่าเฉลี่ยภาพรวมความพึงพอใจของผู้สอนอยู่ที่ 4.44 ซึ่งอยู่ในระดับมาก และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 0.598

ตารางที่ 2 ความพึงพอใจด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ของระบบ (สำหรับนักศึกษา)

รายการ	ระดับความพึงพอใจ		
	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับ
1. ระบบสามารถลงทะเบียนขอเข้าเรียนได้ถูกต้อง	4.70	0.466	มากที่สุด
2. ระบบสามารถถอนรายวิชาได้ถูกต้อง	4.67	0.546	มากที่สุด
3. ระบบสามารถอัพโหลดไฟล์ได้ถูกต้อง	4.60	0.498	มากที่สุด
4. ระบบสามารถออกรายงานคะแนนของแต่ละรายวิชาได้ถูกต้อง	4.73	0.449	มากที่สุด
5. ระบบมีความเหมาะสมของเมนูการใช้งาน	4.46	0.571	มาก
6. ระบบมีความรวดเร็วในการตอบสนองของระบบ	4.60	0.498	มากที่สุด
7. ระบบใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน	4.50	0.572	มาก
รวมเฉลี่ย	**4.60**	**0.514**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 2 เห็นได้ว่าผลการประเมินความพึงพอใจด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ของระบบสำหรับนักศึกษา ค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ การออกรายงานคะแนนของแต่ละรายวิชาได้ถูกต้อง (4.73) และการลงทะเบียนขอเข้าเรียนได้ถูกต้อง (4.70) รองลงมา คือ การถอนรายวิชาได้ถูกต้อง (4.67) ส่วนผลการประเมินค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ความเหมาะสมของเมนูการใช้งาน (4.46) ทั้งนี้ค่าเฉลี่ยภาพรวมความพึงพอใจของนักศึกษาอยู่ที่ 4.60 ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 0.514

สรุป

สรุปผลการพัฒนาระบบส่งการบ้านออนไลน์ ได้ดำเนินการพัฒนาระบบได้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ตามวงจรการพัฒนาระบบ โดยผู้วิจัยได้ทำความเข้าใจถึงปัญหา ศึกษาถึงความเป็นไปได้ วิเคราะห์และออกแบบ พัฒนา ติดตั้งและทดสอบระบบ การ

ประเมินจากแบบทดสอบการประเมินระบบโดยผลลัพธ์แยกตามฟังก์ชันการทำงานในแต่ละส่วน สรุปได้ว่าจุดเด่นของระบบ คือ ความถูกต้องในการประมวลผลของฟังก์ชันต่าง ๆ ของระบบ และจุดด้อยของระบบ คือ ลักษณะการออกแบบเมนูการใช้งาน ที่ยังมีความซับซ้อน และยังขาดความสวยงาม ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะนำระบบไปพัฒนาให้สามารถรองรับการใช้งานบนมือถือ (Responsive Web Design) และนำระบบไปพัฒนาต่อให้สามารถเข้าสู่ระบบผ่าน Facebook ได้ เพื่อเพิ่มความสะดวก และทันสมัยมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. ประกาศกระทรวงศึกษาธิการ. (2552, 31 สิงหาคม). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 126 ตอนพิเศษ 125 ง. หน้า 17 – 19.
2. โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. (2544). การวิเคราะห์และออกแบบระบบ. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.
3. วิไลวรรณ วิภาจักษณกุล และวรชัย ศรีเมือง. (2555). การสร้างระบบส่งการบ้านออนไลน์รายวิชาจิตวิทยาสำหรับครู. ราชภัฏ เพชรบูรณ์สาร. 14(2). หน้า 44 – 57.
4. Wong A. et. al. (2016). User Experience and Feedback on the RPI Homework Submission Server. Poster at ACM Technical Symposium on Computing Science Education (SIGCSE), March 2016.
5. พันจันทร์ ธนวัฒนเสถียร. (2556). ออกแบบ สร้าง และโปรโมต Website ฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพฯ: ซิมพลิฟาย.
6. ลาภลอย วานิชอังกูร. (2552). เรียนรู้ด้วยตนเอง Database/Query/T-SQL/Stored Procedure. กรุงเทพฯ ซีเอ็ดยูเคชั่น.
7. Naruebet Chanthong. (2560). Sublime Text 3. [ออนไลน์]. เข้าถึงข้อมูลวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2562. จาก http://www.glurgeek.com/education/software-engineering/sublime-text-3/
8. ชาญชัย ศุภอรรถกร. (2555). สร้างเว็บแอพพลิเคชัน PHP MySQL + AJAX jQuery ฉบับสมบูรณ์. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: ซิมพลิฟาย.
9. พงษ์พันธ์ ศิวิลัย. (2556). SQL Server 2012 ฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).
10. วัชรเมธน์ ชิษณุคุปต์ ศรีเนธิโรทัย. (2559). LARAVEL ตอนที่ 1 LARAVEL คืออะไร. [ออนไลน์]. เข้าถึงข้อมูลวันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2562. จาก http://www.select2web.com/laravel/laravel-1-what-is-laravel.html

[IT-P29] การพัฒนาเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ เรื่องการใช้งานโปรแกรม Scratch เบื้องต้น ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนประถมสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

Develop a Website for Learning about the Use of the Scratch Program for Prathomsuksa 4 Students at Satit Pathom Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University School

อารัมพร สุขอ่อน*, เบญจมาภรณ์ คล่องสั่งสอน, และสุวนิตย์ รุ่งราตรี
Arumporn Sukoon*, Benjamaporn Klongsungsorn, and Suwanit Rungratri
[1,2,3]หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธา
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: 15815086@aru.ac.th*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ เรื่องการใช้งานโปรแกรม Scratch เบื้องต้น ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนประถมสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยสื่อเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น 3) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อสื่อเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนประถมสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 36 คน ได้มาโดยวิธีการสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับสลาก 1 ห้องเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ สื่อเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน และแบบประเมินความพึงพอใจ ผลการวิจัยพบว่า 1) สื่อเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น มีความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.47, S.D. = 0.18) 2) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อสื่อเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.55, S.D. = 0.32)

คำสำคัญ: *เว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้, โปรแกรม Scratch, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน*

Abstract

The purposes of this study were to 1) develop a website for learning about the use of the Scratch program in Pathomsuksa 4 of Satit Pathom Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University School. 2) compare the learning achievement of students through website media to improve learning. 3) study the satisfaction of students towards website media to improve learning. The sample was 36 students in Pathomsuksa 4 students of Satit Pathom Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University School, Phra Nakhon Si Ayutthaya Province selected by using simple random sampling method. The instruments were 1) the website for learning 2) learning achievement test and 3) satisfaction questionnaires. The results of the study were as follows: 1) the website for learning had a high level of quality ($\bar{x}$ = 4.47, S.D. = 0.18), 2) learning achievement of students posttest was higher than before learning at the statistical significance level of .05 and 3) students were satisfied with the website for learning at the highest level ($\bar{x}$ = 4.55, S.D. = 0.32).

Keywords: *website for learning, Scratch, learning achievement*

บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศได้เข้ามามีบทบาทในการพัฒนาในเกือบทุกๆ ด้านไม่ว่าจะในด้านธุรกิจ ด้านโทรคมนาคมและการสื่อสาร ดังนั้นจะเห็นได้ว่าหน่วยงานธุรกิจส่วนใหญ่ จำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเป็นเครื่องมือสำคัญในการบริหารการจัดการในองค์กร มีการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อวางกลยุทธ์และเป็นเครื่องมือสำคัญในการจัดการเพื่อเพิ่มผลผลิต ในส่วนของการศึกษาเทคโนโลยีสารสนเทศ ก็มีบทบาทหน้าที่สำคัญเป็นทั้งเครื่องมือหลักและเครื่องมือสนับสนุนที่ต้องการจัดหาและนำมาใช้ในการเรียนการสอนเพื่อให้เป็นไปตามลักษณะการศึกษา ตามเจตนารมณ์พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ ดังนั้นการจัดการศึกษาจึงต้องมีการเพิ่มเติมความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีใหม่ๆ ในหลักสูตรการเรียนการสอน และปรับปรุงให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี[1]

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์(ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 โดยรายวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) มีจุดเน้นเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความสามารถที่ทัดเทียมกับนานาชาติ มีทักษะการคิดเชิงคำนวณ การแก้ปัญหาในชีวิตจริงอย่างเป็นระบบ สามารถพัฒนานวัตกรรมเทคโนโลยีสารสนเทศอย่างสร้างสรรค์เป็นพลเมืองดิจิทัลที่มีคุณภาพ ทั้งนี้ยังได้ดำเนินโครงการการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร “การเขียนโปรแกรม Scratch เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์” ซึ่งเป็นการพัฒนาขีดความสามารถด้าน ICT ให้มีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับทักษะที่จำเป็นของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ในส่วนของทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์และทักษะด้านไอซีที [2] โดยโปรแกรม Scratch จะเป็นโปรแกรมที่ปลูกฝังด้านกระบวนการ ทักษะในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ซึ่งจะนำไปสู่การคิดแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ กระตุ้นให้ผู้เรียนมีความต้องการในการเรียนวิชาโปรแกรมในขั้นสูงและเหมาะสำหรับการสร้างผลงานต่างๆ เช่น การทำแอนิเมชัน เกม การสร้างสื่อแบบมีปฏิสัมพันธ์ โดยเป็นโปรแกรมที่ไม่ต้องมีการพิมพ์คำสั่งที่ยุ่งยากซับซ้อนเหมาะกับการสอนหลักการโปรแกรมที่ส่งเสริมความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีระบบและการทำงานร่วมกันโดยการเผยแพร่และแลกเปลี่ยนผลงานผ่านทางเว็บไซต์[3]

สภาพปัญหาการจัดการเรียนการสอนเรื่องการใช้งานโปรแกรม Scratch เบื้องต้น ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนประถมสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ส่วนใหญ่ใช้วิธีสอนแบบบรรยาย สื่อการเรียนรู้ที่กระตุ้นความสนใจของผู้เรียนมีน้อย ผู้เรียนไม่สนใจในการเรียนและเกิดความเบื่อหน่ายในการเข้าเรียน เลยส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนไม่เป็นที่น่าพอใจซึ่งสื่อการเรียนการสอนที่ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความสนใจมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเรียนการสอนบนเว็บไซต์จะสนองความแตกต่างระหว่างบุคคลได้อย่างมีประสิทธิภาพ เน้นผู้เรียนมีอิสระในการเรียน แต่ด้วยเครื่องมือสื่อสารต่างๆ เช่น e-mail, Chat, Newsgroup ทำให้ผู้เรียนกับผู้สอนมีส่วนร่วมกันและช่วยเหลือกันในการเรียนได้ ซึ่งการเรียนรู้แบบนี้ส่งผลดีต่อผู้เรียนตรงกันในด้านต่างๆ กล่าวคือ ผู้เรียนจะมีความพยายามในการเรียนให้บรรลุเป้าหมาย ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น มีความสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนดีขึ้น[4]

จากสภาพที่มาและความสำคัญดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงพัฒนาเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ เรื่องการใช้งานโปรแกรม Scratch เบื้องต้น ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนประถมสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ที่สามารถนำไปช่วยแก้ปัญหาและมีความเหมาะสมกับสภาพการเรียนการสอนของโรงเรียนซึ่งยึดผู้เรียนเป็นสำคัญและสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาบทเรียน ส่งผลดีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ เรื่องการใช้งานโปรแกรม Scratch เบื้องต้น ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนประถมสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยสื่อเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อสื่อเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยในครั้งนี้มีขั้นตอนการทำวิจัย ดังต่อไปนี้

1ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนประถมสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 2 ห้องเรียน มีนักเรียนจำนวน 69 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนประถมสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 36 คน ได้มาโดยวิธีการสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับสลาก 1 ห้องเรียน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 เว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ เรื่องการใช้งานโปรแกรม Scratch เบื้องต้น สร้างโดยโปรแกรมสำเร็จรูป Google site ซึ่งเป็นโปรแกรมออนไลน์ที่ทำให้สามารถสร้างเว็บไซต์ได้ง่าย ปรับแต่งรูปลักษณ์ได้อย่างอิสระ และสามารถรวบรวมความหลากหลายของข้อมูลไว้ในที่เดียว เช่น วิดีโอ, ปฏิทิน, เอกสาร อื่นๆ ทำให้ช่วยอำนวยความสะดวกได้เป็นอย่างมาก

2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง การใช้งานโปรแกรม Scratch เบื้องต้น เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

2.3 แบบสอบถามวัดความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยสื่อเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น เป็นชนิดมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด จำนวน 15 ข้อ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ เรื่องการใช้งานโปรแกรม Scratch เบื้องต้น ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนประถมสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา โดยมีขั้นตอนการพัฒนาดังนี้

3.1 การวางแผน ผู้วิจัยได้กำหนดปัญหาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน เนื่องจากนักเรียนไม่เข้าใจในเนื้อหาบทเรียนที่ครูได้ทำการสอนโดยวิธีการอธิบายเนื้อหาตามหนังสือเรียน ทางผู้วิจัยจึงได้จัดทำสื่อเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ เรื่องการใช้งานโปรแกรม Scratch เบื้องต้น ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนประถมสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา โดยใช้ในการจัดการเรียนการสอน เพื่อให้นักเรียนสามารถเข้าใจในเนื้อหาบทเรียนได้ง่ายขึ้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น และเกิดความสนุกสนานในการเรียน

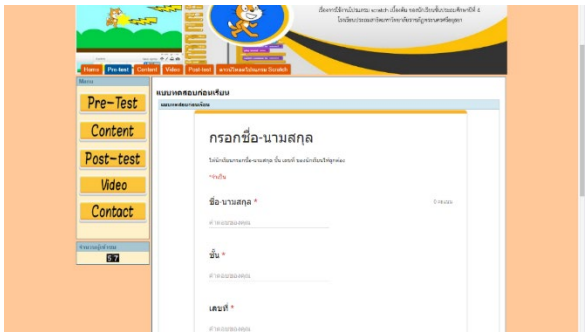
3.2 การวิเคราะห์ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์เนื้อหาบทเรียน โดยจะทำการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ภายในหนังสือเรียน เพื่อจัดสัดส่วนของเนื้อหาให้เหมาะสมกับนักเรียนเพราะการสร้างสื่อเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ จะเน้นที่ข้อมูลเชิงโต้ตอบกับผู้เรียน ซึ่งจะใช้ข้อความ เสียง วิดีโอ รูปภาพและคำถามจากเนื้อหา โดยจะทำการศึกษาสังเกตข้อมูลของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

3.3 การออกแบบ การจัดทำสื่อเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ จะต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการใช้งานโปรแกรม Scratch เบื้องต้น หลังจากได้ข้อมูลมาแล้วจะจัดทำโครงร่างสื่อเป็นสตอรี่บอร์ด เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดทำสื่อเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้

3.4 การพัฒนา การพัฒนาเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ เรื่องการใช้งานโปรแกรม Scratch เบื้องต้น ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Google siteและโปรแกรม Adobe Illustrator CS6 ประกอบด้วยเมนู ดังภาพที่ 1-10



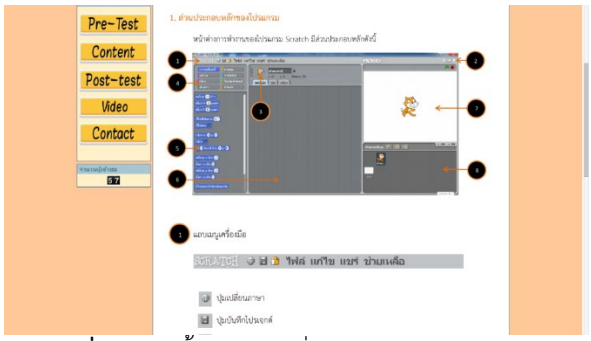
ภาพที่ 1 หน้าแรกเว็บไซต์เพื่อการศึกษา เรื่องโปรแกรม Scratch เบื้องต้น



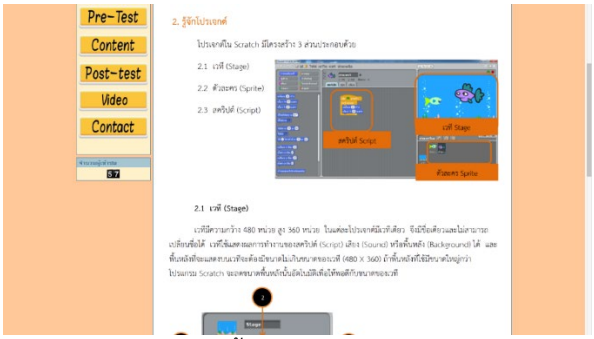
ภาพที่ 2 หน้าทำแบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-Test)



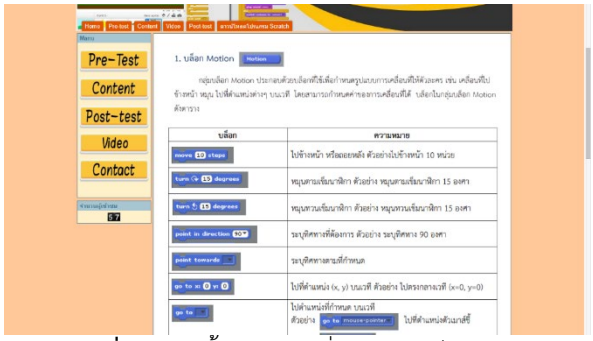
ภาพที่ 3 หน้าเนื้อหาและเลือกบทเรียน



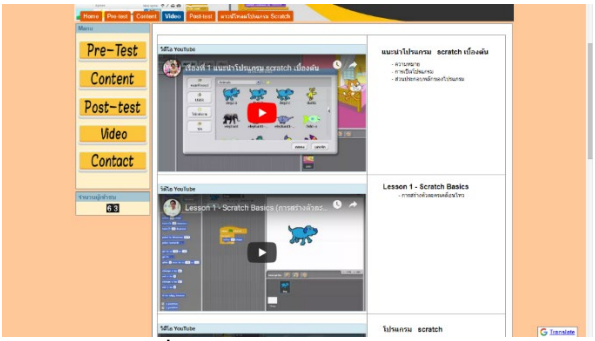
ภาพที่ 4 หน้าเนื้อหาหน่วยที่ 1 ส่วนประกอบหลักของโปรแกรม



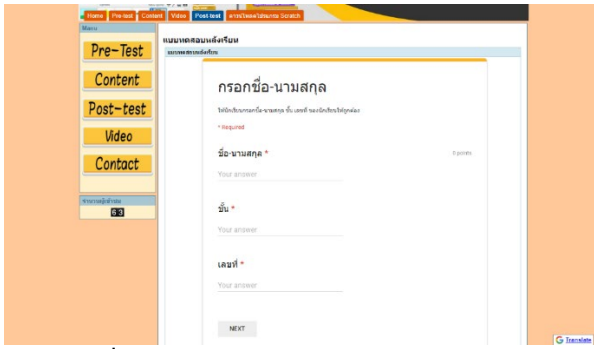
ภาพที่ 5 หน้าเนื้อหาหน่วยที่ 2 รู้จักโปรเจ็กต์



ภาพที่ 6 หน้าเนื้อหาหน่วยที่ 3 กลุ่มบล็อกต่างๆ



ภาพที่ 7 หน้าศึกษาหาความรู้จากวิดีโอ



ภาพที่ 8 หน้าแบบทดสอบหลังเรียน (Post-Test)



ภาพที่ 9 ดาวน์โหลดโปรแกรม Scratch



ภาพที่ 10 หน้าติดต่อ

3.5 การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือในการวิจัย มีขั้นตอนดังนี้

3.5.1 ตรวจสอบคุณภาพเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ เรื่องการใช้งานโปรแกรม Scratch เบื้องต้น ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประเมินคุณภาพและให้ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงให้สื่อมีคุณภาพมากขึ้น

3.5.2 ตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้แบบประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ (IOC) ซึ่งจะทดสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา พบว่า ข้อคำถามทุกข้อมีค่า IOC มากกว่า 0.5 ขึ้นไป

3.5.3 ตรวจสอบแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อสื่อเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบข้อคำถามที่ใช้ในแบบสอบถามการวัดเจตคติตามเทคนิคของลิเคิร์ท (Likert technique) หรือ แบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับของลิเคิร์ทสเกล

3.6 การนำไปใช้และวิเคราะห์ข้อมูล ตรวจสอบประสิทธิภาพของสื่อเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ เรื่องการใช้งานโปรแกรม Scratch เบื้องต้น ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนประถมสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน จากนั้นสำรวจความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ เรื่องการใช้งานโปรแกรม Scratch เบื้องต้น ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนประถมสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

4. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

ข้อมูลเชิงปริมาณคือแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้สื่อเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ เรื่องการใช้งานโปรแกรม Scratch เบื้องต้น ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ คือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ t-test เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินผลจากแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อสื่อเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ เรื่องการใช้งานโปรแกรม Scratch เบื้องต้น แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับคือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด โดยมีเกณฑ์เฉลี่ยดังนี้[5]

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 มีความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 มีความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 มีความคิดเห็นอยู่ในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 มีความคิดเห็นอยู่ในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 มีความคิดเห็นอยู่ในระดับน้อยที่สุด

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างสื่อเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ เรื่องการใช้งานโปรแกรม Scratch เบื้องต้น ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนประถมสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา โดยผู้วิจัยขอนำเสนอผลการวิจัย ดังนี้

1. ผลการพัฒนาเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ เรื่องการใช้งานโปรแกรม Scratch เบื้องต้น ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนประถมสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการประเมินคุณภาพสื่อเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
ด้านการออกแบบ	4.40	0.20	มาก
ด้านเนื้อหา	4.53	0.23	มากที่สุด
ด้านการตกแต่ง	4.47	0.23	มาก
ด้านการใช้งาน	4.47	0.31	มาก
ภาพรวมการประเมิน	**4.47**	**0.18**	**มาก**

จากตารางที่ 1 เมื่อพิจารณาผลการประเมินคุณภาพสื่อเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นในภาพรวม พบว่า ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน มีความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.47, S.D. = 0.18) เมื่อพิจารณารายด้านของคำถาม พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด ได้แก่ ด้านเนื้อหา ($\bar{x}$ = 4.53 = , S.D. = 0.23) รองลงมา คือ ด้านการตกแต่งและด้านการใช้งาน ($\bar{x}$ = 4.47, S.D. =0.23) และต่ำสุด คือ ด้านการออกแบบ ($\bar{x}$ = 4.40, S.D. = 0.20)

2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยสื่อเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

คะแนน	n	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ก่อนเรียน	36	20	13	3.54	6.13*	0.00
หลังเรียน	36	20	15.06	2.84		

*p < .05 t(.05, df 35) t = 1.69

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนกับหลังเรียน โดยใช้การทดสอบ Paired-Sample t-test พบว่า ผู้เรียนที่เรียนด้วยสื่อเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อสื่อเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความพึงพอใจ

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1. ความสวยงาม ความทันสมัย น่าสนใจของหน้าโฮมเพจ	4.67	0.48	มากที่สุด
2. การจัดรูปแบบในเว็บไซต์ง่ายต่อการอ่านและการใช้งาน	4.50	0.56	มาก
3. สีสันในการออกแบบเว็บไซต์มีความเหมาะสม	4.67	0.48	มากที่สุด
4. เมนูง่ายต่อการใช้งาน	4.61	0.49	มากที่สุด
5. สีพื้นหลังกับสีตัวอักษรมีความเหมาะสมต่อการอ่าน	4.36	0.59	มาก
6. ขนาดตัวอักษร และรูปแบบตัวอักษร อ่านได้ง่ายและสวยงาม	4.31	0.71	มาก
7. ภาพกับเนื้อหามีความสอดคล้องกันและสามารถสื่อความหมายได้	4.58	0.50	มากที่สุด
8. โดยภาพรวมท่านมีความพึงพอใจในการออกแบบเว็บไซต์ในระดับใด	4.58	0.55	มากที่สุด
9. ความสะดวกในการเชื่อมโยงข้อมูลภายในเว็บไซต์	4.61	0.49	มากที่สุด

ตารางที่ 3 (ต่อ)

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล

10. ความสะดวกในการเชื่อมโยงข้อมูลไปยังเว็บไซต์อื่น	4.53	0.56	มากที่สุด
11. ความรวดเร็วในการดาวน์โหลดข้อมูล	4.53	0.65	มากที่สุด
12. ความถูกต้องครบถ้วนของข้อมูล	4.44	0.61	มาก
13. ความเหมาะสมของข้อมูลภายในเว็บไซต์	4.72	0.45	มากที่สุด
14. ความเหมาะสมภาพ+เนื้อหา	4.47	0.56	มาก
15. โดยภาพรวมท่านมีความพึงพอใจในคุณภาพของเนื้อหาระดับใด	4.44	0.54	มาก
ภาพรวมการประเมิน	**4.55**	**0.32**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 3 เมื่อพิจารณผลความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อสื่อเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นในภาพรวม พบว่า นักเรียนทั้ง 36 คน มีความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.55, S.D. = 0.32) เมื่อพิจารณารายข้อคำถาม พบว่า นักเรียนมีความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุดข้อที่ 13 คือ ความเหมาะสมของข้อมูลภายในเว็บไซต์ ($\bar{x}$ = 4.72 , S.D. =0.45) รองลงมา คือ ข้อที่ 1 และ 3 คือ ความสวยงาม ความทันสมัย น่าสนใจของหน้าโฮมเพจ ($\bar{x}$= 4.67, S.D. =0.48) สีสันในการออกแบบเว็บไซต์มีความเหมาะสม ($\bar{x}$= 4.67, S.D. =0.48) และต่ำสุด คือ ข้อที่ 6 ขนาดตัวอักษร และรูปแบบตัวอักษร อ่านได้ง่ายและสวยงาม ($\bar{x}$ = 4.31, S.D. =0.71)

สรุป

ผลการวิจัยการพัฒนาเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ เรื่องการใช้งานโปรแกรม Scratch เบื้องต้น ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนประถมสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. ผลการพัฒนาเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้พบว่า สื่อเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับมาก เนื่องจากผลที่ได้จากการประเมินพัฒนาเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน มีคุณภาพตามที่กำหนด คือ ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.47 , S.D.= 0.50) ทั้งนี้เนื่องจากการพัฒนาเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ เรื่องการใช้งานโปรแกรม Scratch เบื้องต้น ผู้วิจัยได้วิเคราะห์เนื้อหาเป็นหน่วยการเรียนรู้ กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ แบบทดสอบระหว่างเรียนและหลังเรียนไว้ตามกรอบแนวความคิดที่มีความถูกต้องของเนื้อหา สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ อีกทั้งคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อ บทเรียนมีลักษณะจูงใจ น่าสนใจ การวางรูปแบบของหน้าจอมีความเหมาะสม ข้อความสวยงาม กราฟิกมีความเหมาะสม รวมถึงระยะเวลาในการนำเสนอ เนื้อหามีความสอดคล้องกับเนื้อหาใหม่ สามารถย้อนกลับไปศึกษาเนื้อหาที่ผ่านมาได้ มีการประเมินความเข้าใจของผู้เรียนเป็นระยะๆ คำถามครอบคลุมเนื้อหา วัตถุประสงค์ มีการทดสอบก่อนและหลังเรียนเพื่อวัดระดับความรู้ และผู้เรียนสามารถทราบถึงระดับความสามารถของตนเองได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ขวัญชนก หอมละเอียด [6] ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อทบทวน เรื่อง การใช้โปรแกรมกราฟิกสร้างตัวอักษร ที่มีผลการประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อทบทวน เรื่อง การใช้โปรแกรมกราฟิกสร้างตัวอักษรมีคุณภาพด้านเนื้อหา อยู่ในระดับดี ($\overline{\mathbf{X}}$ = 4.09) และคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดี ($\overline{\mathbf{X}}$ = 4.42)

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยสื่อเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากผู้วิจัยได้ทำการทดสอบ โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนและหลังเรียนเพื่อทำการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน จากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความรู้และความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนมากขึ้น ดังนั้นสื่อเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ทำให้นักเรียนมีความสนใจในเนื้อหาบทเรียน และเกิดความสนุกสนานในการเรียนที่มากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของปัญชลี เวียงยิ่ง [7] และหนึ่งฤทัย โสภา [8] เนื่องจากบทเรียนบนเว็บเรื่องการใช้โปรแกรมสแคช มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับบทเรียนและเน้นการสร้างองค์ความรู้ได้ด้วย

ตนเอง ดังนั้น การพัฒนาเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ เรื่องการใช้งานโปรแกรม Scratch เบื้องต้น ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีคุณภาพสามารถนำไปใช้กับนักเรียนในเนื้อหาบทเรียนหรือเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. นักเรียนมีความพึงพอใจต่อสื่อเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.55, S.D. = 0.32) ทั้งนี้เนื่องจากสื่อเว็บไซต์เพื่อการเรียนรู้ทำให้นักเรียนมีความสนใจในเนื้อหาบทเรียน และเกิดความสนุกสนานในการเรียนที่มากยิ่งขึ้น นอกจากจะเป็นตัวกลางที่จะช่วยในการสื่อสารระหว่างผู้สอน และผู้เรียนดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจความหมายของเนื้อหาบทเรียนได้ตรงกับที่ผู้สอนต้องการไม่ว่าสื่อนั้นจะเป็นสื่อในรูปแบบใดก็ตามล้วนแต่เป็นทรัพยากรที่สามารถอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ได้ทั้งสิ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของจุรีย์รัตน์ สิงห์สมบัติ[9] ได้ทำการศึกษาการเรียนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามความถนัด ความสนใจ และความแตกต่างระหว่างบุคคล โดยส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างมีกระบวนการสามารถคิดวิเคราะห์แก้ปัญหาและสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองโดยใช้บทเรียนบนเครือข่ายแบบเว็บเควสท์ นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนบนเครือข่ายแบบเว็บเควสท์มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

เอกสารอ้างอิง

1. กระทรวงศึกษาธิการ. (2542). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542. กรุงเทพมหานคร: องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
2. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.กระทรวงศึกษาธิการ. (2561). หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี(วิทยาการคำนวณ) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1. กรุงเทพฯ :โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
3. สุดารัตน์ ลิ้มเศรษฐานุวัต และณรงค์ สมพงษ์. (2560). การพัฒนาบทเรียนบนเว็บเรื่อง การใช้โปรแกรมสแคช สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วารสารวิชาการศรีปทุม ชลบุรี. ปีที่ 13 ฉบับที่ 3.
4. ทิศนา แขมมณี. (2551). ศาสตร์การสอน: ทฤษฎีการเรียนรู้และการสอนร่วมสมัย. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
5. บุญชม ศรีสะอาด. (2553). การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์น.
6. ขวัญชนก หอมละเอียด. (2550). บทเรียนคอมพิวเตอร์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อการทบทวนวิชาการจัดการข้อมูลเบื้องต้น เรื่อง เรียงลำดับข้อมูล. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์(คอมพิวเตอร์) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
7. ปัญชลี เวียงยิ่ง. (2554). การพัฒนาบทเรียนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง การเขียนบทรายการวิทยุและโทรทัศน์การศึกษา สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีสื่อสารการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. วิทยานิพนธปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสื่อสารการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
8. หนึ่งฤทัย โสภา. (2549). การออกแบบและหาประสิทธิภาพบทเรียนบนเว็บเพื่อทบทวนวิชาการออกแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีเทคนิคศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
9. จุรีย์รัตน์ สิงห์สมบัติ. (2551). ผลการเรียนรู้เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยบทเรียนบนเครือข่ายแบบเว็บเควสท์. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษามหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

[IT-P30] การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่องการใช้งานโปรแกรม Microsoft Excel ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดประดู่ทรงธรรม (จียพันธ์บำรุง)

The Development of Multimedia Computer Assisted Instruction in Basic of Microsoft Excel for Prathomsuksa 6 students of Wat Pradoothongtham School (Chiyaphanbamrung), Phranakhon Si Ayutthaya

บุรัสกร สร้อยฟ้า*, ชุติมา จำปี, และ ศักดา จันทราศรี
Burassakron Sroyfa*, Chutima Jumpee, and Sakda Chantrasri
หลักสูตรครุศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: 15815229@aru.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่องการใช้งานโปรแกรม Microsoft Excel ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดประดู่ทรงธรรม (จียพันธ์บำรุง) 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้น 3) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้น กลุ่มเป้าหมายในการวิจัย คือ นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดประดู่ทรงธรรม (จียพันธ์บำรุง) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 38 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย แบบประเมินคุณภาพ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบประเมินความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิจัยคือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทดสอบที ผลการวิจัยพบว่า 1) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพโดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.37, S.D. = 0.19) 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ความพึงพอใจต่อการเรียนของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.98, S.D. = 0.47)
คำสำคัญ: *สื่อมัลติมีเดีย, บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน, โปรแกรมโครซอฟต์เอ็กเซลล์*

Abstract

The objectives of this research were to: 1) develop of multimedia computer assisted instruction in basic of Microsoft Excel for Prathomsuksa 6 students of Wat Pradoothongtham School (Chiyaphanbamrung), 2) compare the learning achievement before and after learning with multimedia computer assisted instruction and 3) study satisfaction toward the developed multimedia computer assisted instruction. The target group in research was 38 Prathomsuksa 6 students of Wat Pradoothongtham School (Chiyaphanbamrung), second term in academic year 2018. The research tools were multimedia computer assisted instruction, quality assessment form, learning achievement test, and satisfaction evaluation form. The statistics used in this research were mean, standard deviation and t-test. According to the research found that: 1) the multimedia computer assisted instruction regarding quality by data's experts was high level ($\bar{x}$ = 4.37, S.D. = 0.19) 2) the students' achievement was significantly higher than before studying at .05 and 3) the students' satisfaction towards using the multimedia computer assisted instruction was high level ($\bar{x}$ = 3.98, S.D. = 0.47).
Keywords: *multimedia, Computer Assisted Instruction, Microsoft Excel*

บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศเป็นสิ่งที่กำลังเข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมากในด้านการเรียนการสอนและการศึกษาโดยระบบเทคโนโลยีสารสนเทศทำให้การติดต่อสื่อสารทำได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูง ช่วยในการแก้ปัญหาในด้านต่างๆ ให้ผู้เรียนสามารถค้นคว้าข้อมูลและความรู้จากแหล่งต่างๆ ที่มีอยู่ทั่วโลกได้อย่างรวดเร็วและทันต่อเหตุการณ์เทคโนโลยีสารสนเทศและอินเทอร์เน็ต[1] และสถาบันการศึกษาได้เน้นให้ความสำคัญกับการนำเอาคอมพิวเตอร์มาช่วยในด้านการสอนเป็นอย่างมากการนำรูปแบบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเข้ามาใช้กับระบบการเรียนการสอนสมัยใหม่ทำให้การเรียนการสอนแบบเดิมๆ เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมสื่อคอมพิวเตอร์เป็นสื่อเทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างยิ่งและมีบทบาทสำคัญต่อการเรียนการสอนในยุคปัจจุบัน การจัดการศึกษาจึงจำเป็นต้องก้าวหน้าไปให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมประกอบกับเทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์เจริญไปอย่างรวดเร็วแต่มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้นจึงทำให้มีการตื่นตัว นำคอมพิวเตอร์เข้าใช้วงการศึกษาอย่างกว้างขวาง[2]

การนำบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียมาใช้ในการจัดกิจกรรม การเรียนการสอนเรียกว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของบทเรียนโปรแกรม แต่มีคุณภาพสูงกว่าบทเรียนโปรแกรมในรูปอื่นทั้งหมด คือ มีการให้ผลย้อนกลับในการเรียนการสอนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียนั้น จะมีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างผู้เรียนกับคอมพิวเตอร์เช่นเดียวกับการเรียนการสอนในห้องเรียนปรกติ มีการสนองตอบกับข้อมูลที่นักเรียนป้อนเข้าไปได้ทันที ผู้เรียนจะสามารถเรียนรู้จากบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียได้ในรูปแบบต่างๆ ซึ่งในแต่ละบทเรียนจะมีตัวอักษรภาพกราฟิก ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหวมีเสียงประกอบเพื่อเป็นการเสริมแรง ทำให้ผู้เรียนสนุกกับการเรียนโดยไม่รู้สึกเบื่อหน่าย ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง[3] พัฒนาการของมัลติมีเดียที่ก้าวหน้าขึ้นกว่าในอดีตทำให้กลายเป็นสื่ออันดับต้นๆ ที่มีประสิทธิภาพสูงต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนในยุคปัจจุบัน ศักยภาพของมัลติมีเดีย ในปัจจุบันทำให้สื่อประเภทนี้มีประสิทธิภาพสูงต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน ไม่ยุ่งยากซับซ้อน ผู้สอนสามารถผลิตได้ด้วยตนเอง ผู้เรียนสามารถนำมาศึกษาได้อย่างสะดวกความต้องการนำมัลติมีเดียไปใช้ในการเรียนการสอนผู้เรียนสามารถควบคุมลำดับการเรียนรู้การเลือกเนื้อหาบทเรียน การกำหนดเส้นทางศึกษาบทเรียน การทำกิจกรรมในบทเรียนการตรวจสอบความก้าวหน้าและการทดสอบความรู้ด้วยตนเองสามารถตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคลโดยผู้เรียนแต่ละคนสามารถควบคุมเวลาเรียนได้ด้วยตนเองตามความสามารถความถนัดของแต่ละคน[4]

จากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาคอมพิวเตอร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดประดู่ทรงธรรม (จียพันธ์บำรุง) พบปัญหา ผู้เรียนแต่ละคนมีความรู้พื้นฐาน ความสามารถ ทักษะความชำนาญ ประสบการณ์ในการใช้งานคอมพิวเตอร์ที่ต่างกัน ทำให้นักเรียนไม่สามารถนำความรู้และทักษะมาสร้างชิ้นงานตามที่กำหนดได้ รวมทั้งยังขาดทักษะการใช้โปรแกรม Microsoft Excel ผู้วิจัยจึงการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่องการใช้งานโปรแกรม Microsoft Excel วิชาคอมพิวเตอร์ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดประดู่ทรงธรรม (จิยพันธ์บำรุง) ที่สามารถนำไปช่วยแก้ปัญหาและมีความเหมาะสมกับสภาพการเรียนการสอนของโรงเรียนซึ่งยึดผู้เรียนเป็นสำคัญและสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาบทเรียน ส่งผลดีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่องการใช้งานโปรแกรม Microsoft Excel ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดประดู่ทรงธรรม (จียพันธ์บำรุง)
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้น
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยในครั้งนี้มีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังต่อไปนี้

1. กลุ่มเป้าหมายในการวิจัย

กลุ่มเป้าหมายในการวิจัย คือ นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดประดู่ทรงธรรม (จียพันธ์บำรุง) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 38 คน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่อง การใช้งานโปรแกรม Microsoft Excel สร้างโดยโปรแกรมสำเร็จรูป Adobe Flash Professional CS6 ประกอบด้วยหัวข้อย่อย จำนวน 4 หัวข้อ คือ 1) มารู้จักกับโปรแกรมตารางงานกันเถอะ 2) การทำงานกับเวิร์กชีต 3) การจัดรูปแบบข้อมูล 4) สูตรและฟังก์ชัน

2.2 แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เป็นชนิดมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด จำนวน 20 ข้อ

2.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง การใช้งานโปรแกรม Microsoft Excel ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตรงตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

2.4 แบบสอบถามวัดความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้น เป็นชนิดมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด จำนวน 18 ข้อ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่องการใช้งานโปรแกรม Microsoft Excel ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดประดู่ทรงธรรม (จียพันธ์บำรุง) โดยมีขั้นตอนการพัฒนาดังนี้

3.1 การวิเคราะห์

วิเคราะห์เนื้อหาบทเรียน โดยจะทำการรวบรวมข้อมูลต่างๆ ภายในหนังสือเรียน เพื่อจัดสัดส่วนของเนื้อหาให้เหมาะสมกับนักเรียน เพราะการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียจะเน้นที่ข้อมูลเชิงโต้ตอบกับผู้เรียน ซึ่งจะใช้ข้อความ เสียง รูปภาพ วิดีโอ เกม และคำถามจากเนื้อหา

วิเคราะห์นักเรียน โดยจะทำการศึกษาสังเกตการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ถึงระดับความรู้ความเข้าใจพื้นฐาน ความสนใจต่อการเรียนรู้

3.2 การออกแบบ

การจัดทำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย จะต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการใช้งานโปรแกรม Microsoft Excel หลังจากได้ข้อมูลมาแล้วจะจัดทำโครงร่างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียเป็นสตอรี่บอร์ด เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดทำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย

3.3 การพัฒนา

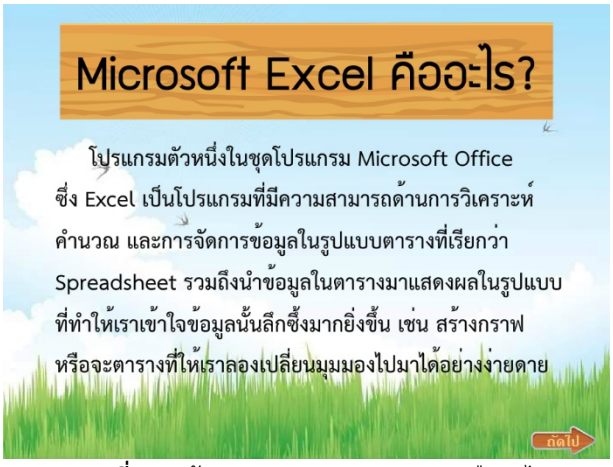
พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่อง การใช้งานโปรแกรม Microsoft Excel ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ด้วยโปรแกรม Adobe Flash CS6 , โปรแกรม Adobe Illustrator CS6 และ โปรแกรม Adobe Photoshop CS6 ดังภาพที่ 1-12



ภาพที่ 1 หน้าแรกของบทเรียนฯ



ภาพที่ 2 หน้าชื่อเรื่องการใช้โปรแกรม Microsoft Excel



ภาพที่ 3 หน้าแนะนำ Microsoft Excel คืออะไร



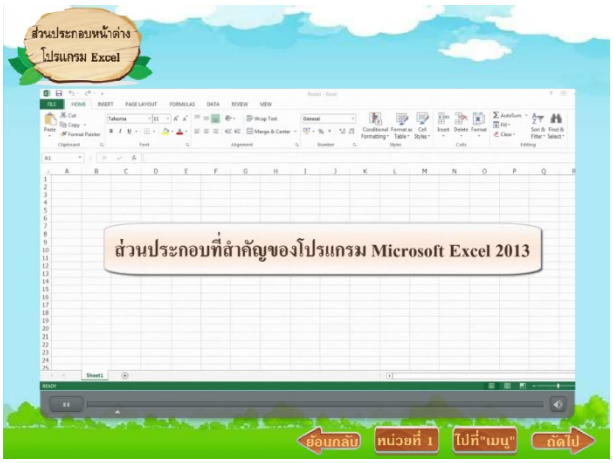
ภาพที่ 4 หน้าเมนูบทเรียนฯ



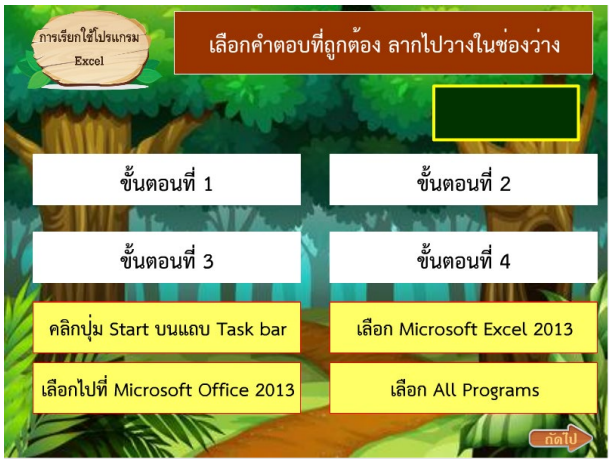
ภาพที่ 5 หน้าหน่วยการเรียนรู้ของบทเรียนฯ



ภาพที่ 6 หน้าเนื้อหาบทเรียนฯ



ภาพที่ 7 หน้าเนื้อหาบทเรียนแบบวิดีโอ



ภาพที่ 8 หน้าเกมขั้นเนื้อหาระหว่างเรียน



ภาพที่ 9 หน้าคำชี้แจงแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน



ภาพที่ 10 หน้าแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน



ภาพที่ 11 หน้าผลคะแนนแบบทดสอบก่อนเรียนกับหลังเรียน



ภาพที่ 12 หน้าแสดงผลคะแนนก่อนเรียนกับหลังเรียน

3.4 การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือในการวิจัย

3.4.1 ตรวจสอบคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่อง การใช้งานโปรแกรม Microsoft Excel ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประเมินคุณภาพและให้ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงให้สื่อมีคุณภาพมากขึ้น

3.4.2 ตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้แบบประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ (IOC) ซึ่งจะทดสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา พบว่า ข้อคำถามทุกข้อมีค่า IOC มากกว่า 0.5 ขึ้นไป

3.4.3 ตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินความพึงพอใจ โดยผู้วิจัยได้ใช้พัฒนาขึ้นจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวบรวมประเด็นคำถามที่สอดคล้องกับงานวิจัย แล้วนำไปปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อให้ข้อแสนอแนะแล้วปรับปรุงแก้ไข ประกอบด้วย 2 ด้าน ได้แก่ ด้านการออกแบบ และด้านการนำเสนอเนื้อหา มีหัวข้อคำถามรวม 18 หัวข้อ

3.5 การนำไปใช้และวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 ตรวจสอบประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่องการใช้งานโปรแกรม Microsoft Excel ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดประดู่ทรงธรรม (จียพันธ์บำรุง)

3.5.2 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน

3.5.3 สำรวจความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่องการใช้งานโปรแกรม Microsoft Excel ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดประดู่ทรงธรรม (จียพันธ์บำรุง) และนำมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติวิจัย

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่องการใช้งานโปรแกรม Microsoft Excel ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดประดู่ทรงธรรม (จียพันธ์บำรุง) โดยผู้วิจัยขอนำเสนอผลการวิจัย ดังนี้

1. ผลการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่องการใช้งานโปรแกรม Microsoft Excel ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดประดู่ทรงธรรม (จียพันธ์บำรุง) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้น

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
ด้านเนื้อหา	4.36	0.24	มาก
ด้านกราฟิกและการออกแบบ	4.33	0.17	มาก
ด้านเทคนิค	4.44	0.19	มาก
ภาพรวมการประเมิน	**4.37**	**0.19**	**มาก**

จากตารางที่ 1 เมื่อพิจารณาผลการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้นในภาพรวม พบว่า ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน มีความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.37, S.D. = 0.19) เมื่อพิจารณารายด้านของคำถาม พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุดที่ ได้แก่ ด้านเทคนิค ($\bar{x}$ = 4.44, S.D. = 0.19) รองลงมา คือ ด้านเนื้อหา ($\bar{x}$ = 4.36, S.D. = 0.24) และต่ำสุด คือ ด้านกราฟิกและการออกแบบ ($\bar{x}$ = 4.33, S.D. = 0.17) ตามลำดับ

2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้นดัง ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

คะแนน	n	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ก่อนเรียน	38	20	6.79	2.20	4.39*	0.00
หลังเรียน	38	20	9.66	4.04		

*p < .05 t(.05, df 37) t = 1.69

จากตารางที่ 2 พบว่า คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 6.79 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 9.66 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความมีนัยสำคัญ 0.05

3. ผลประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความพึงพอใจ

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
ด้านการออกแบบ			
1. อธิบายเนื้อหาเข้าใจง่าย	4.05	0.80	มาก
2. เนื้อหาสอดคล้องกับบทเรียน	4.18	0.65	มาก
3. ภาพสอดคล้องกับบทเรียน	4.00	0.74	มาก
4. คำอธิบายเครื่องมือชัดเจน	4.00	0.66	มาก
5. ตัวอย่างการใช้เครื่องมือชัดเจน	4.08	0.71	มาก
6. สื่อมีรูปสวยงาม	3.87	0.96	มาก
7. การนำเสนอต่อเนื่อง	4.00	0.74	มาก
8. ความชัดเจนของ Font	4.00	0.81	มาก
9. สามารถทบทวนบทเรียนได้	3.89	0.83	มาก
10. สีบทเรียนสอดคล้องกับภาพประกอบ	4.13	0.74	มาก
11. ไอคอนเครื่องมือชัดเจน	4.18	0.80	มาก
12. คำอธิบายตัวอย่างชัดเจนง่ายต่อการฝึก	3.92	0.88	มาก
รวมด้านการออกแบบ	4.03	0.49	มาก
ด้านการนำเสนอเนื้อหา			
13. ความสะดวกในการเรียนบทเรียน	4.00	0.81	มาก
14. ความชัดเจนของการเรียกชื่อไอคอน	4.03	0.75	มาก
15. ความเหมาะสมภาพและเนื้อหา	4.21	0.78	มาก
16. ฝึกปฏิบัติบทเรียนตามทัน	3.74	0.83	มาก
17. ทบทวนเนื้อหาบทเรียนเองได้	3.63	0.94	มาก
18. เข้าออกบทเรียนได้สะดวก	3.68	0.81	มาก
รวมด้านการนำเสนอเนื้อหา	3.88	0.52	มาก
ภาพรวมการประเมิน	**3.98**	**0.47**	**มาก**

จากตารางที่ 3 ผลความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้นในภาพรวม พบว่า นักเรียนทั้ง 38 คน มีความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.98, S.D. = 0.47) เมื่อพิจารณารายข้อคำถาม พบว่า นักเรียนมีความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุดคือข้อที่ 15. ความเหมาะสมภาพ+เนื้อหาสอดคล้อง ($\bar{x}$ = 4.21, S.D. = 0.78) รองลงมาในระดับที่เท่ากันคือข้อที่ 2. เนื้อหาสอดคล้องกับบทเรียน และ11. ไอคอนเครื่องมือชัดเจน ($\bar{x}$= 4.18, S.D. = 0.65 และ 0.80) และต่ำสุด คือ ข้อที่ 17. ทบทวนเนื้อหาบทเรียนเองได้ ($\bar{x}$ = 3.63, S.D. = 0.94) ตามลำดับ

สรุป

ผลการวิจัยการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่องการใช้งานโปรแกรม Microsoft Excel ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดประดู่ทรงธรรม (จียพันธ์บำรุง) สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. ผลการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย พบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียพัฒนาขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับมาก เนื่องจากผลที่ได้จากการประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน มีคุณภาพตามที่กำหนด คือ ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.37, S.D. = 0.19) เนื่องจากผู้วิจัยมีการดำเนินการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียอย่างเป็นระบบ ผ่านกระบวนการหาประสิทธิภาพอย่างเป็นลำดับขั้นตอน และได้ผ่านการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ ที่เน้นการให้สิ่งเร้าผ่านหน้าจอไม่ว่าจะเป็นภาพ เสียง วิดีโอ เกม กราฟิกเพื่อสร้างความแปลกใหม่ น่าสนใจ และสวยงามมากกว่าข้อความหรือหนังสือ จึงทำให้เป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพที่ดี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ[5] ที่ได้พัฒนาบทเรียนสื่อมัลติมีเดียเรื่องสร้างสรรค์นิทานแอนิเมชันคาขวัญปทุมธานีตามจินตนาการด้วยโปรแกรม Microsoft PowerPoint 2016 กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี (คอมพิวเตอร์) สาหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 พบว่า ผลจากการประเมินบทเรียนสื่อมัลติมีเดียมีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมากและผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญด้านสื่ออยู่ในระดับดี แล้วยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ[4] ที่ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เรื่อง คอมพิวเตอร์พื้นฐานด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง พบว่า การนำองค์ประกอบ ตัวอักษร ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว วีดิทัศน์ เสียง มาผสมผสานเข้าด้วยกัน สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ชมได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีผลการประเมินสื่อมัลติมีเดียจากผู้เชี่ยวชาญโดยรวมอยู่ในระดับดี

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้นหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากผู้วิจัยได้ทำการทดสอบโดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนและหลังเรียนเพื่อทำการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน จากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความรู้และความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียทำให้นักเรียนมีความสนใจในเนื้อหาบทเรียน และเกิดความสนุกสนานในการเรียนที่มากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ[6] ที่ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต เรื่อง การใช้งานโปรแกรม Microsoft Excel 2010 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ขึ้น เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีความรู้และความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนมากยิ่งขึ้น ซึ่งอาจมีผลมาจากผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างอิสระ เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนตามความสามารถและความต้องการของตนเอง อีกทั้งยังสามารถเลือกเรียนได้ตามที่ต้องการ และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ด้วยตนเองแล้วยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ[7] ที่ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เรื่องการสื่อสารข้อมูลสำหรับเครือข่ายคอมพิวเตอร์ วิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เช่นกัน

3. นักเรียนมีความพึงพอใจต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.98, S.D. = 0.47) ทั้งนี้เนื่องจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้นทำให้นักเรียนมีความสนใจในเนื้อหาบทเรียน และเกิดความสนุกสนานในการเรียน และยังสามารถทบทวนบทเรียนเองได้ และยังมีเนื้อหาที่น่าสนใจ จึงทำให้นักเรียนเกิดความสนุกสนานในการเรียนได้มากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ[8] ที่ได้พัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน พบว่า การประเมินความพึงพอใจที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับมาก เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย การเรียนการสอนโดยใช้โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งแบบวัดความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียเรื่องการใช้งานโปรแกรม Microsoft Excel ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยนักเรียนให้ความเห็นว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย นี้มีรูปแบบที่สวยงาม น่าสนใจ การจัดลำดับเนื้อหามีการเรียงลำดับจากง่ายไปหายากสอดคล้องกับเนื้อหาทำให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในเนื้อได้ดียิ่งขึ้นทั้งนี้เป็นเพราะว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียได้ผ่านการตรวจสอบคุณภาพจึงจะนำมาตีค่าแล้วนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์หรือมาตรฐานที่ผู้

ประเมินกำหนดไว้เพื่อตัดสินความมีคุณภาพความน่าเชื่อถือ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ(9) ที่ได้การพัฒนาบทเรียนมัลติมีเดีย เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์กราฟิก พบว่า ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการเรียนด้วยบทเรียนมัลติมีเดีย เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์กราฟิก อยู่ในระดับมากเช่นกัน

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่องการใช้งานโปรแกรม Microsoft Excel ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดประดู่ทรงธรรม (จียพันธ์บำรุง) ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในด้านต่างๆ ดังนี้

ข้อเสนอแนะจากการวิจัยครั้งนี้

1) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ไม่สูงมากนัด เนื่องจากการสอนเรื่องการใช้งานโปรแกรม Microsoft Excel มีเนื้อหาค่อนข้างมากและซับซ้อน ผู้สอนจะต้องศึกษาเนื้อหารายละเอียดต่างๆ ก่อนการพัฒนาบทเรียนและควรอธิบายเพิ่มเติมก่อนที่จะให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน

2) ควรศึกษาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียให้มากขึ้น เนื่องจากเป็นวิชาต้องใช้ความรู้และความชำนาญเพื่อเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนมีสิ่งเร้าและแรงกระตุ้นในการเรียนมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

1) ควรมีการศึกษาวิจัยในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียในเรื่องอื่นๆ ที่อยู่ในรายวิชาคอมพิวเตอร์

2) ควรมีการวิจัยเพื่อหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียที่สร้างขึ้นให้กว้างขวางยิ่งขึ้น โดยการนำไปใช้กับโรงเรียนอื่นๆ ที่มีการเรียนการสอนวิชานี้

เอกสารอ้างอิง

1. สุพันธิตา รัตน์ทิพย์ และนคินทร พัฒนชัย. (2560). การพัฒนาบทเรียนมัลติมีเดีย เรื่อง การสร้างงานเอกสารด้านกราฟิก ด้วยโปรแกรมMicrosoft Word 2010 สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์. The 3rd National Conference on Technology and Innovation Management NCTIM 2017. มหาสารคราม
2. กิดานันท์ มลิทอง. (2550). คอมพิวเตอร์ช่วยสอน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. ณรินทร์ โพธิ์นาฝาย. (2555). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เรื่อง วงจรไฟฟ้า กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วารสาร มทร.อีสาน. ปีที่ 5 ฉบับที่ 2
4. สุภาพร เสือเริก. (2560). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เรื่อง คอมพิวเตอร์พื้นฐานด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์. ปีที่ 2 ฉบับที่ 3
5. กิติยา พรหมสอน. (2559). รายงานผลการพัฒนาการใช้บทเรียนสื่อมัลติมีเดียกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี (คอมพิวเตอร์) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สร้างสรรค์นิทานแอนิเมชันคำขวัญปทุมธานีตามจินตนาการ ด้วยโปรแกรม Microsoft PowerPoint 2016. รายงานการวิจัยโรงเรียนอนุบาลปทุมธานี สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาปทุมธานี เขต1 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (กระทรวงศึกษาธิการ)
6. อรรถพร ธนูเพ็ชร์. (2558). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อชีวิต เรื่อง การใช้งานโปรแกรม Microsoft Excel 2010. วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์. ปีที่ 10 ฉบับที่ 2

7. อนุวัฒน์ เจริญสุข, กฤธยากาญจน์ โตพิทักษ์ และอานันท์ นิรมล. (2561). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เรื่องการสื่อสารข้อมูลสำหรับเครือข่ายคอมพิวเตอร์ วิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารครุพิบูล. ปีที่ 5 ฉบับที่ 2
8. เจ๊ะกามา สือนิ และ วรุตม์ พลอยสวยงาม. (2560). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตรายวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ3 เรื่อง โปรแกรม Microsoft Excel สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 14 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
9. สมหมาย มณีโชติ. (2555). การพัฒนาบทเรียนมัลติมีเดีย เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์กราฟิกสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 2 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม. บทความวิจัย ระดับปริญญาศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิตสาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา ภาควิชาเทคโนโลยีการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

[IT-P31] การเปรียบเทียบการคิดแบบบูรณาการวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมกับความอยู่รอดด้วยการ์ตูนแอนิเมชันสำหรับเด็กวัยเรียน

The Comparison of Thinking Skill Integrated with Environmental Science for Survival Through the Cartoon Animation for School-Age Child

ทักษิณา วิไลลักษณ์* และสมกมล ชาญธาตรี
Taksina Wilailak*, and Somkamol Chantatree
หลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: taksina@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบกระบวนการคิดแบบบูรณาการด้านวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมกับความอยู่รอดด้วยการ์ตูนแอนิเมชันสำหรับเด็กวัยเรียนระหว่างการชมกับเพื่อนและผู้ปกครอง กลุ่มตัวอย่าง คือ เด็กในวัยเรียน ที่มีช่วงอายุอยู่ระหว่าง 8-11 ปี จำนวน 30 คน ในการเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง (purposive sampling) โดยจะมีการแบ่งกลุ่มทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 15 คน กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่ชมการ์ตูนแอนิเมชันร่วมกับเพื่อนที่อายุหรือวัยไล่เลี่ยกัน และกลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มที่ชมพร้อมกับผู้ปกครอง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ การ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง เดอะโรบอท ภาพสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง และแบบสัมภาษณ์การแก้ปัญหาพฤติกรรมของมนุษย์ต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งแวดล้อมต่อมนุษย์ ตลอดจนความคิดที่ขัดแย้งแต่ต้องดำรงชีวิตอยู่ร่วมกัน การจัดการกับสถานการณ์เลวร้ายที่ต้องเผชิญแบบบูรณาการได้อย่างเหมาะสม สถิติที่ใช้ในการวิจัยคือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และข้อผิดพลาดของค่าเฉลี่ย ผลการวิจัยพบว่าการ์ตูนแอนิเมชันช่วยส่งเสริมการคิดแบบบูรณาการจากธรรมชาติสู่วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมได้ กลุ่มที่ชมการ์ตูนแอนิเมชันพร้อมเพื่อนที่อายุหรือวัยไล่เลี่ยกัน มีค่าเฉลี่ย 9.20 ในขณะที่กลุ่มที่ชมพร้อมกับผู้ปกครองมีค่าเฉลี่ย 9.27 ซึ่งผลค่าเฉลี่ยแตกต่างกันไม่มากนัก เด็กที่ชมการ์ตูนแอนิเมชันร่วมกับเพื่อนที่อายุหรือวัยไล่เลี่ยกัน อาจจะมีประสบการณ์การแก้ปัญหาและบูรณาการน้อยกว่า เด็กที่ชมพร้อมกับผู้ปกครอง เพราะผู้ปกครองจะมีประสบการณ์การแก้ไขปัญหามากกว่า และบูรณาการได้มากกว่า อาจเป็นชี้นำหรือสั่งสอน

คำสำคัญ: *การ์ตูนแอนิเมชัน, การคิดแบบบูรณาการ*

Abstract

This research aims to compare thinking skill that Integrated with Environmental Science for survival through the cartoon animation for a school-age child. The sample in this research were two groups of thirty children who have age between eight to eleven years old. Purposive sampling is used in this study. The sample will be divided into 2 groups. There are fifteen children per group. The first group watches the animation with their friends. In the other group, the children watch the animation with their parents. The animation "the robot" and the ten pictures of the changing environment are the research tools. The statistics were mean, standard deviation, and standard error of the mean: SEM. The research found that cartoon animation can support thinking skill that integrates with environmental science. The first group that watches the animation with their friends having a mean = 9.20. The other group that watches the animation with their parent having mean = 9.27. It is similar. But from the result, it can be inferred that the children who watch the animation with their parent tend to integrate knowledge and can solve the problems better than another group.

Keywords: *animation cartoon, integrated thinking*

บทนำ

ทุกคนตระหนักแล้วว่าการแก้ปัญหามนุษย์ต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งแวดล้อมต่อมนุษย์ ต้องเสียอะไรไปสักอย่างเพื่อให้ได้สิ่งที่ต้องการมาหนึ่งอย่างเป็นการแลกเปลี่ยน ต้องแก้ปัญหานี้แบบบูรณาการเชิงสร้างสรรค์เพื่อประโยชน์แก่ส่วนรวมและความยั่งยืน รวมถึงจัดการความขัดแย้งที่อาจจะเกิดขึ้น เพราะมนุษย์ย่อมเห็นตัวเองสำคัญที่สุด [1-2]

การคิดแบบบูรณาการ เป็นวิธีการคิดด้วยการใช้ความคิดที่หลากหลายมาประสานกันเข้า ดังนั้น ในการสอนให้เด็กคิดแบบบูรณาการ ได้นั้น สำคัญคือ รู้จัก เรียนรู้ และสัมผัสธรรมชาติให้มากที่สุด และการที่ได้รับคำแนะนำจากพ่อแม่หรือครูช่วยให้เด็กได้เปิดโอกาสให้เด็กได้ทดลองในสิ่งที่เขาคิดและจิตนาการ ก็ช่วยให้เด็กเพิ่มประสบการณ์มากขึ้น ยิ่งถ้าผู้ใหญ่ ช่วยให้เขารู้จักการวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ จากการสังเกตหรือสัมผัสของจริง [3-5]

การคิดแบบบูรณาการด้านวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมกับความอยู่รอด เป็นส่งหนึ่งที่เด็กในวัยเรียนจำเป็นต้องตระหนักถึงเพราะปัจจุบันโลกมีการพัฒนาด้านเทคโนโลยีอย่างรวดเร็วทั้งในด้านอุตสาหกรรม เกษตรกรรม และพลังงาน เพื่อเป็นการสร้างความก้าวหน้าและความมั่นคงทางด้านเศรษฐกิจ และการสร้างความสะดวกสบายให้แก่มวลมนุษย์ การพัฒนาดังกล่าวได้ก่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างฟุ่มเฟือย ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติเกือบทุกประเภทขาดแคลน และเสื่อมโทรมลง จนก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมในหลายๆ ด้านที่เรากำลังเผชิญอยู่ในปัจจุบันนี้ การแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยการทำให้พลเมืองของประเทศ มีการรู้สิ่งแวดล้อม จึงเป็นเป้าหมายสำคัญ เพราะการที่จะทำให้ประชาชนมีการดูแลรักษาและปรับปรุงคุณภาพของสังคมสิ่งแวดล้อมจำเป็นต้องให้เกิดการรู้สิ่งแวดล้อมก่อน และเราต้องถ่ายทอดมรดกทางความคิดนี้ไปยังบุคคลรุ่นต่อไปในอนาคต โดยผ่านการศึกษาซึ่งจะช่วยให้นักเรียนพัฒนาความตระหนักและมีความรู้สึกไวต่อสิ่งแวดล้อมของท้องถิ่นสังคมและประเทศชาติ โดยทให้พวกเขามีความเข้าใจบทบาทหน้าที่ของสิ่งแวดล้อม การมีปฏิสัมพันธ์ของมนุษย์กับสิ่งแวดล้อม การเกิดขึ้นของปัญหาสิ่งแวดล้อม และวิธีการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมได้เป็นอย่างดี [6]

การ์ตูนแอนนิเมชั่นเป็นอีกหนึ่งเครื่องมือที่ดี ในการนำมาสร้างและฝึกให้เด็กสามารถคิดแบบบูรณาการ ได้ โดยเฉพาะเด็กในวัย 8-11 ปี เพราะเด็กจะเกิดคำถามหรือหาเหตุผลมาสนับสนุนความคิดของตนเอง พร้อมทั้งรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น การ์ตูนแอนนิเมชั่นมีอยู่หลากหลายลักษณะ แต่การ์ตูนสำหรับเด็กในวัยนี้นั้นพบว่า มีการ์ตูนที่สอดแทรกข้อคิดในการพัฒนาเด็กอยู่อย่างมาก เพียงแต่เด็กจะไม่สามารถแยกเยอะข้อคิดที่เกิดขึ้นได้ด้วยตนเอง การรับชมพร้อมกับผู้ปกครองเป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะฝึกทักษะการคิดแบบบูรณาการ เพราะจะทำให้เด็กเกิดการซักถามระหว่างรับชมการ์ตูนแอนนิเมชั่น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการคิดแบบบูรณาการด้านวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมกับความอยู่รอดด้วยการ์ตูนแอนิเมชัน

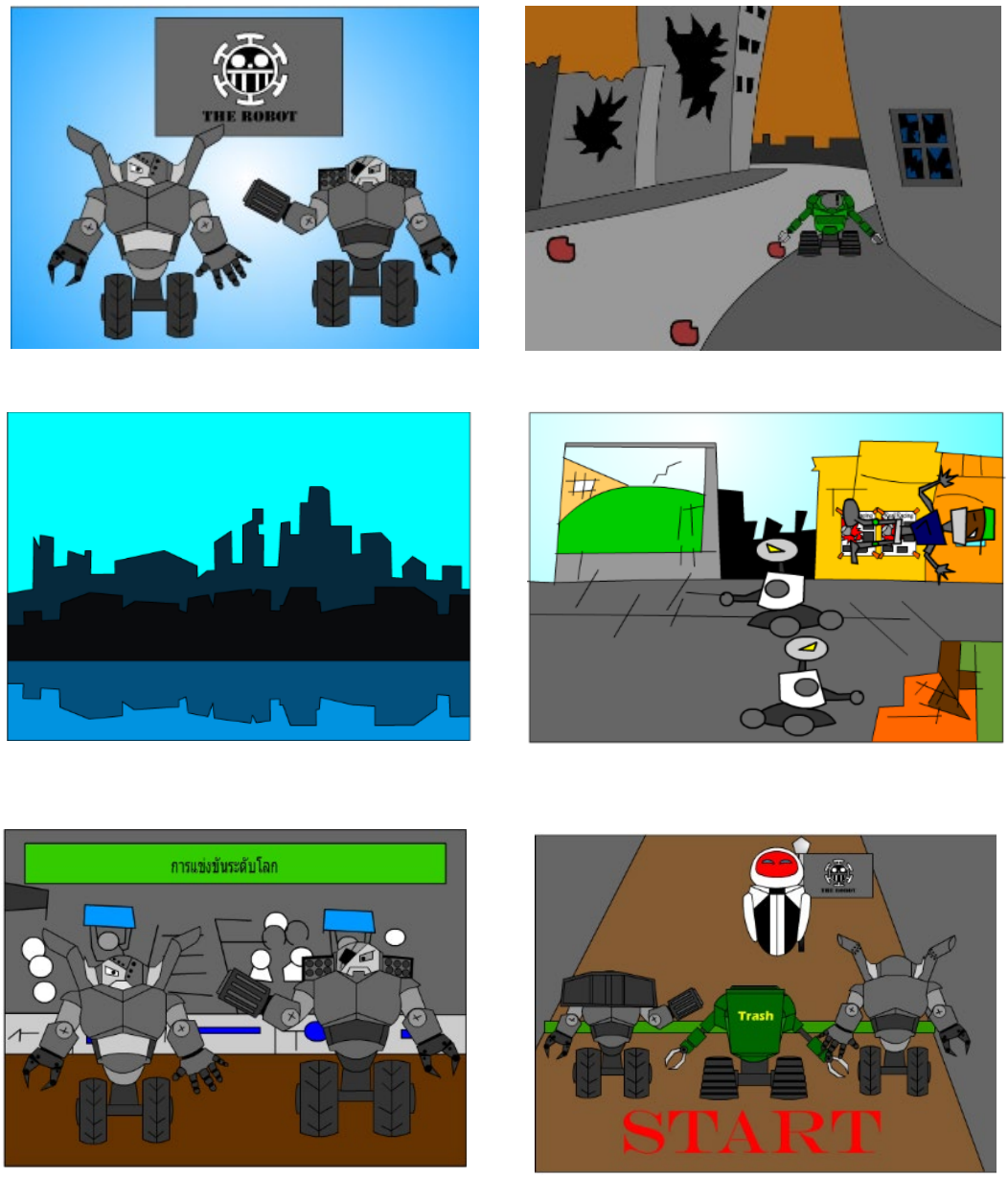
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยประชากรในการศึกษา คือ เด็กในวัยเรียน ที่มีช่วงอายุอยู่ระหว่าง 8-11 ปี กลุ่มตัวอย่าง คือ เด็กในวัยเรียน ที่มีช่วงอายุอยู่ระหว่าง 8-11 ปี จำนวน 30 คน ซึ่งใช้วิธีการสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง (purposive sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ การ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง เดอะโรบอท ภาพสถานการณ์ต่างๆ และแบบสัมภาษณ์ เพื่อวัดความเข้าใจของเด็ก สถิติที่ใช้ในการวิจัยคือ ค่าเฉลี่ย (mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation: S.D.) และข้อผิดพลาดของค่าเฉลี่ย (standard error of the mean: SEM) และ Mann-Whitney U Test

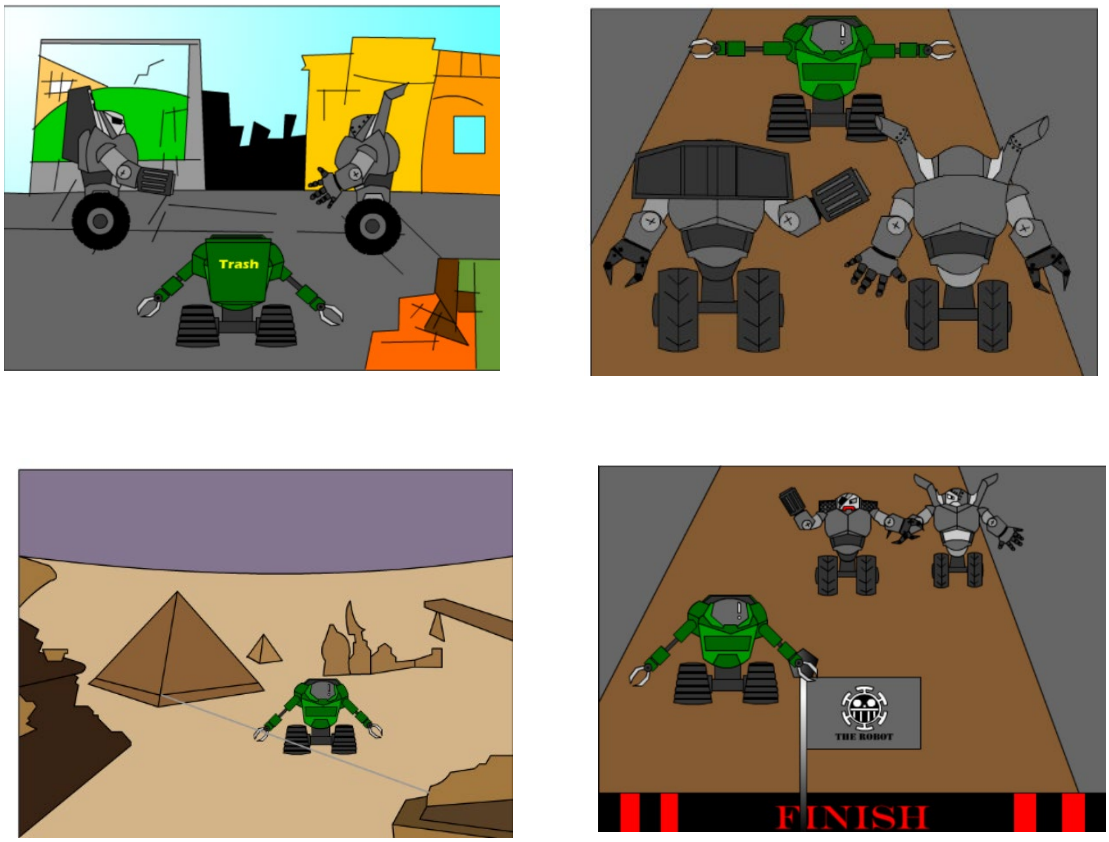
การ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง เดอะโรบอท เป็นการ์ตูนที่พัฒนาขึ้น โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อจัดการความขัดแย้ง ทำให้นำไปสู่ปัญหาสิ่งแวดล้อม มีสถานการณ์ที่ต้องเสียสละ โดยเนื้อเรื่องย่อมีดังนี้ ในวันที่หุ่นยนต์ครอบครองโลก มีนิสัยเห็นแก่ตัว ใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดไปอย่างสิ้นเปลือง มีความเป็นอยู่ที่ไม่มีสุขลักษณะ แต่ก็อยู่ร่วมกันอย่างหวาดระแวง วันหนึ่งมีการแข่งขันประจำปี มีหุ่นยนต์ที่เข้าแข่งขันเพียง 3 ตัว คือหุ่นยนต์สงคราม หุ่นยนต์นักแข่ง และหุ่นยนต์เก็บขยะ โดยหุ่นยนต์สงคราม หุ่นยนต์นักแข่ง มีนิสัยเกเร ทำให้หุ่นยนต์ตัวอื่นไม่กล้าลงแข่งขัน มีเพียงหุ่นยนต์เก็บขยะ ที่เก็บขยะมาเรื่อยๆ จนเข้ามาในการแข่งขันแบบไม่ตั้งใจ ระหว่างการแข่งขันหุ่นยนต์เก็บขยะ ก็ถูกหุ่นยนต์สงคราม และหุ่นยนต์นักแข่งกลั่นแกล้ง ในเส้นทางแข่งขันหุ่นยนต์เก็บขยะยังคงเก็บขยะอย่างไม่ย่อท้อ ทำให้เส้นทางที่หุ่นยนต์เก็บขยะผ่านไปแล้วนั้นสวยงามสะอาดตา หุ่นยนต์ตัวอื่นๆ ที่แอบมาชมการแข่งขัน ก็เริ่มคิด

ได้ว่า ถ้ามัวแต่กลัวหุ่นยนต์สงคราม กับหุ่นยนต์นักแข่งจนไม่เป็นอันทำอะไร บ้านเมืองก็จะดูไม่เรียบร้อย สกปรกเต็มไปด้วยขยะ เมื่อใกล้ถึงเส้นชัยหุ่นยนต์สงคราม กับหุ่นยนต์นักแข่งก็แตกคอกัน เปิดโอกาสให้หุ่นยนต์เก็บขยะเข้าเส้นชัย เป็นผู้ชนะ ในการชมการ์ตูนแอนิเมชันเรื่องนี้ ผู้ชมจะได้รับทราบถึงสถานการณ์หรือบุคคลลักษณะเช่นไร ควรหลีกเลี่ยงการเผชิญหน้า เหตุใดการอยู่ร่วมกันจึงต้องมีกติกา สิ่งแวดล้อมที่มีลักษณะเช่นไรอยู่ในขั้นอันตราย เหตุการณ์ใดต้องช่วยกัน และสามารถนำสถานการณ์ที่เกิดขึ้นไปเทียบเคียงกับชีวิตประจำวันได้ จะถือได้ว่าเกิดการเรียนรู้และคิด และสามารถบริหารจัดการสิ่งที่เกิดขึ้นหรือคาดว่าจะเกิดขึ้นได้อย่างบูรณาการ

กระบวนการวิจัยจะดำเนินโดยแบ่งกลุ่มของกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 15 คน โดยกลุ่มที่ 1 จะชมการ์ตูนแอนิเมชันพร้อมเพื่อนที่อายุหรือวัยไล่เลี่ยกัน กลุ่มที่ 2 เด็กพร้อมผู้ปกครองจะชมการ์ตูนแอนิเมชันพร้อมกัน เมื่อชมการ์ตูนแอนิเมชันแล้ว ผู้วิจัยจะนำภาพสถานการณ์ต่าง ๆ ที่มีในการ์ตูนแอนนิเมชั่นจำนวน 10 ภาพ มาสอบถามเด็กว่ามีสิ่งแวดล้อมประกอบด้วยอะไรบ้าง สถานการณ์ใดที่ร่วมกันดูแลสิ่งแวดล้อม สถานการณ์หรือบุคคลประเภทใดควรหลีกเลี่ยง สถานการณ์ใดต้องอาศัยความร่วมมือ สิ่งใดที่สำคัญต่อการอยู่ร่วมกัน โดยให้คะแนนการตอบถูกต้องภาพละ 1 คะแนน ดังนั้นคะแนนเต็มของการสอบถามจึงเป็น 10 คะแนน จากนั้นจะนำมาวิเคราะห์ถึงความถูกต้องในการตอบด้วยการใช้เครื่องมือทางสถิติมาวิเคราะห์ ตัวอย่างภาพสถานการณ์ที่ต้องการทดสอบทั้ง 10 ภาพ แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 สถานการณ์ที่ต้องการทดสอบ



ภาพที่ 1 สถานการณ์ที่ต้องการทดสอบ (ต่อ)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

เมื่อการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง เดอะโรบอท ไปให้กับกลุ่มทดลอง 2 กลุ่มรับชม จากนั้นดำเนินการสอบถามกลุ่มตัวอย่าง โดยให้ชมภาพสถานการณ์ต่าง ๆ ที่มีในการ์ตูนแอนนิเมชันจำนวน 10 ภาพ แล้วให้เด็กอธิบายถึงภาพสิ่งแวดล้อมประกอบด้วยอะไรบ้าง สถานการณ์ใดที่ร่วมกันดูแลสิ่งแวดล้อม สถานการณ์หรือบุคคลประเภทใดควรหลีกเลี่ยง สถานการณ์ใดต้องอาศัยความร่วมมือ สิ่งใดที่สำคัญต่อการอยู่ร่วมกันที่ได้อย่างถูกต้องหรือไม่ จากนั้นจะนำมาวิเคราะห์โดยใช้สถิติ ผลของการทดสอบนั้น แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบของการแยกสถานการณ์ปลอดภัยหรืออันตรายได้ถูกต้อง

รายการ	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	ข้อผิดพลาดของค่าเฉลี่ย (SEM)	Exact Sig
กลุ่มที่ 1 เด็กชมพร้อมกับเพื่อนที่อายุหรือวัยไล่เลี่ยกัน	9.20	1.14	0.296	0.02
กลุ่มที่ 2 เด็กชมพร้อมผู้ปกครอง	9.27	0.961	0.248	

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มที่ 1 เด็กชมพร้อมกับเพื่อนที่อายุหรือวัยไล่เลี่ยกัน นั้นมีค่าเฉลี่ย 9.20 ในขณะที่กลุ่มที่ 2 เด็กชมพร้อมผู้ปกครองมีค่าเฉลี่ย 9.27 การทดสอบนี้เป็น 1-tailed ดังนั้นค่า Exact Sig./2 ที่ได้เป็น .02/2 = .01 มีค่ามากกว่า α (.05) แสดงว่ายอมรับ H_0 สรุปว่า ที่ระดับนัยสำคัญ .05 เด็กที่ชมการ์ตูนแอนนิเมชันพร้อมกับเพื่อนที่อายุหรือวัยไล่เลี่ยกันมีผลที่ไม่แตกต่างกับกลุ่มเด็กชมพร้อมผู้ปกครอง แสดงให้เห็นว่าหากเด็กสามารถยอมรับฟังความคิดของผู้อื่น เมื่อ

นำมาประมวลกับความสิ่งที่ตนรู้กับสิ่งที่ได้รับมาใหม่ นำมาบริหารจัดการได้อย่างเกิดประสิทธิภาพ เรียกได้ว่ามีความคิดแบบบูรณาการได้

สรุป

ในการศึกษาถึงการพัฒนาทักษะการคิดแบบบูรณาการวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมกับความอยู่รอดด้วยการ์ตูนในครั้งนี้พบว่าการ์ตูนแอนิเมชันช่วยส่งเสริมทักษะการคิดแบบบูรณาการได้ เปิดโอกาสให้เด็กได้ทดลองในสิ่งที่เขาคิดและจิตนาการ อีกทั้งฝึกการยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอรอนงค์ เดชโยธิน และคณะ [6] ที่ศึกษาการพัฒนาการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การสอนแบบโครงการที่เน้นการคิดแก้ปัญหา พบว่าการที่เด็กได้ทำงานร่วมกัน แลกเปลี่ยนเรียนรู้กัน ตลอดจนร่วมกันแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นนั้น เด็กจะเกิดการเรียนรู้ได้ดีและรวดเร็ว เนื่องจากเด็กในวัยเดียวกันนั้นจะไม่ค่อยมีกำแพงด้านความคิดมาขัดขวางการเรียนรู้ นอกจากนี้ผู้ปกครองส่วนสำคัญในการเรียนรู้ เนื่องจากในการชมการ์ตูน ผู้ปกครองจะมีปฏิสัมพันธ์กับเด็กด้วยการพูดคุย ถามตอบ และแนะนำในสิ่งที่ถูกต้อง ช่วยให้เด็กเกิดการเรียนรู้และมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. วิทยากร เชียงกูล. หนทางรอดเดียวของมนุษย์จากภัยพิบัติทางธรรมชาติ ด้วยบูรณาการความรู้จากศาสตร์ทุกสาขา. กรุงเทพฯ: แสงดาว; 2554
2. สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนโดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. ระบบนิเวศ. กรุงเทพฯ; 2534.
3. ปวีณา แปลงประวัติ. เพิ่มพลังกระบวนการคิดตามแบบวิถีของผู้นำที่ประสบความสำเร็จ. กรุงเทพฯ: เอ็กซเปอร์เน็ท; 2553.
4. เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. ภาพอนาคตและคุณลักษณะของคนไทยที่ประสงค์. กรุงเทพฯ: วีทีซี คอมมิวนิเคชั่น; 2546.
5. เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. การคิดเชิงบูรณาการ. กรุงเทพฯ: ซัคเซส มีเดีย; 2554.
6. อรอนงค์ เดชโยธิน และคณะ. การพัฒนาการรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การสอนแบบโครงการที่เน้นการคิดแก้ปัญหา. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. ปีที่ 19(2): 305-317; 2560.

[IT-P32] การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการร้านจำหน่ายอุปกรณ์ตกแต่งสวน: กรณีศึกษาร้านเล็ก-ดา

A Development of Garden Decoration Shop Management Information System: A case Study of Lek-Da Shop

กมลมาศ วงษ์ใหญ่* ,ปฐวี แสงศรี และ ฐิติกร รักษาทรัพย์
Kamolmas Wongyai*, Patawee Sangsri[2] and Thitikorn Rugsasub
หลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: kamolmas@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการร้านจำหน่ายอุปกรณ์ตกแต่งสวน กรณีศึกษาร้านเล็ก-ดา 2) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนาขึ้น และ 3) เพื่อประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบ ระบบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเป็นโปรแกรมประยุกต์บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ โดยนำเอาขั้นตอนการพัฒนาระบบ SDLC มาใช้ในการพัฒนาระบบ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการร้านจำหน่ายอุปกรณ์ตกแต่งสวน 2) แบบประเมินประสิทธิภาพของระบบ และ 3) แบบประเมินความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานผลการวิจัยพบว่า 1) ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการร้านจำหน่ายอุปกรณ์ตกแต่งสวน มีผู้ใช้งาน 2 ส่วน คือ เจ้าของร้านและพนักงาน โดยระบบสามารถจัดเก็บข้อมูล ประมวลผล และพิมพ์รายงานซึ่งเป็นสารสนเทศที่เกิดประโยชน์ในการบริหารจัดการร้าน และช่วยในการปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมของร้าน 2) ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.47 และ 3) ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานจากผู้ใช้งานจำนวน 11 คน อยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.73 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.73

คำสำคัญ: *การพัฒนาระบบ, โปรแกรมประยุกต์ม ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ*

Abstract

The objectives of this research were: 1) to develop the Garden Decoration Shop Management Information System: A case study of Lek-Da shop, 2) to evaluate the performance of the Garden Decoration Shop Management Information System, and 3) to assess of the user' s satisfaction towards the Garden Decoration Shop Management Information System. The researcher developed this system as a windows application by using the Software Development Life Cycle. The tools used in this research consisted of 1) Garden Decoration Shop Management Information System, 2) system efficiency evaluation form, and 3) satisfaction assessment form. Statistics used in data analysis were a mean and standard deviation. The results of this research are as follows: 1) the Garden Decoration Shop Management Information System has 2 parts: shop owner and staff. The system can store data, process and print reports. These reports can be used as useful information to managing and improving the shop more efficiency, 2) The evaluation of the performance was evaluated by 5 experts, the overall performance results of the system are at a highest level ($\bar{x}$ = 4.40, S.D. = 0.47), and 3) The assessment of the user's satisfaction towards the system from 11 users are at a high level ($\bar{x}$ = 3.73, S.D. = 0.73).

Keywords: *system development, application software, management information system*

บทนำ

ความก้าวหน้าของการใช้งานเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และสารสนเทศในองค์การ ทำให้มีการตื่นตัวและสนใจที่จะแสวงหาหนทางที่เหมาะสมที่จะนำคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ให้เกิดประโยชน์ต่อธุรกิจ เริ่มต้นจากการจัดเก็บและประมวลผลข้อมูลปริมาณมากอย่างเป็นระบบ รวดเร็ว และถูกต้อง เมื่อเทคโนโลยีพัฒนาขึ้นจึงมุ่งเน้นการใช้งานไปที่การวิเคราะห์ปัญหา และการสนับสนุน

การตัดสินใจทางการจัดการ งานด้านสารสนเทศจึงก้าวหน้าเป็นระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ (Management Information Systems) โดยจะให้ความสำคัญกับการศึกษา พัฒนา และการประยุกต์เทคโนโลยีและระบบสารสนเทศให้เกิดประโยชน์กับองค์การ เพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์แก้ไขปัญหาและการตัดสินใจของผู้บริหาร ซึ่งจะเสริมความคล่องตัวในการดำเนินงานและศักยภาพขององค์การ [1]

งานอดิเรก หมายถึงงานที่ทำเพื่อความเพลิดเพลิน [2] ซึ่งอาจจะเป็นกิจกรรมที่ทำในเวลาว่างหรือหลังจากการทำงานประจำเพื่อผ่อนคลายเพลิดเพลิน โดยขึ้นอยู่กับความสนใจของแต่ละบุคคล ผลการศึกษาค้นคว้าของสถาบันเพื่อบุคลิกภาพและจิตวิทยาสังคม พบว่าการหากิจกรรมทำยามว่างช่วยให้ระดับความสุขในชีวิตเราเพิ่มขึ้นหลายเท่าตัว ตัวอย่างกิจกรรม ได้แก่ เล่นดนตรี อ่านหนังสือ ทำงานฝีมือ เขียนไดอารี่ ทำงานปั้น เดินป่า ทำอาหาร ดูดาว ทำสวน และศิลปะ [3] การจัดสวน การตกแต่งสวน จึงเป็นงานอดิเรกและกิจกรรมยามว่างซึ่งส่วนใหญ่การจัดสวนจะทำในบริเวณที่อยู่อาศัยหรือสถานที่ต่างๆ เพื่อตกแต่งและปรับปรุงพื้นที่ให้เกิดความสวยงาม สร้างความร่มรื่นน่าอยู่น่าอาศัย เสริมสร้างให้สภาพแวดล้อมเหมาะสมเพื่อเอื้อประโยชน์และเกิดความสะดวกสบายในการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ผู้ที่สนใจการจัดสวนการตกแต่งสวนจะต้องไปเลือกซื้ออุปกรณ์ต่างๆ เช่น กระถางต้นไม้ ตุ๊กตาดินเผา หญ้าเทียม หิน กรวด และอุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ในการตกแต่งสวนจากร้านที่จำหน่ายอุปกรณ์ตกแต่งสวน ปัจจุบันร้านจำหน่ายอุปกรณ์ตกแต่งสวนจะจำหน่ายสินค้าหลากหลายประเภท และมีลูกค้าจำนวนมากสนใจมาเลือกซื้อสินค้า ลูกค้าสามารถเลือกซื้อสินค้าตามความต้องการ พนักงานจะจดรายการสินค้าและคำนวณราคาสินค้าให้ลูกค้า ซึ่งลูกค้าหนึ่งคนจะเลือกซื้อสินค้าหลากหลายรายการทำให้อาจเกิดข้อผิดพลาดในการจดบันทึกและการคำนวณราคาสินค้า ในการสั่งซื้อสินค้าเข้าร้านเจ้าของร้านต้องทำการตรวจสอบสินค้าคงเหลือโดยการนับจำนวนสินค้าที่เหลืออยู่ ซึ่งทำให้เสียเวลาในการตรวจสอบและเกิดความล่าช้า รวมไปถึงการจัดเก็บข้อมูล เช่น ข้อมูลลูกค้า ข้อมูลสินค้า ข้อมูลการสั่งซื้อสินค้า ข้อมูลการขายสินค้า ข้อมูลต่างๆ เหล่านี้ ถูกจัดเก็บรวบรวมไว้ในสมุดจดบันทึก ทำให้เกิดความล่าช้าในการค้นหาข้อมูลและข้อมูลอาจจะสูญหายได้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการร้านจำหน่ายอุปกรณ์ตกแต่งสวน กรณีศึกษาร้านเล็ก-ดา และประเมินประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนาขึ้น รวมทั้งประเมินความพึงพอใจในการใช้งานจากผู้ใช้งานระบบ โดยระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถจัดเก็บข้อมูล เช่น ข้อมูลลูกค้า ข้อมูลสินค้า ข้อมูลการสั่งซื้อ ข้อมูลการขาย เป็นต้น สามารถทำรายการขายสินค้า คำนวณราคารวมให้ลูกค้า และออกใบเสร็จรับเงินได้อย่างถูกต้อง สามารถค้นหาสินค้าและตรวจสอบจำนวนสินค้าคงเหลือได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ยังสามารถพิมพ์รายงานต่างๆ ได้ เช่น รายงานข้อมูลลูกค้า รายงานข้อมูลสินค้า รายงานข้อมูลการสั่งซื้อ รายงานข้อมูลการขาย เป็นต้น ทั้งนี้หากเจ้าของร้านต้องการที่จะค้นหาข้อมูลย้อนหลังก็สามารถเรียกดูข้อมูลได้อย่างทันท่วงที โดยไม่ต้องไปเสียเวลาในการค้นหาจากสมุดจดบันทึก ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการร้านจำหน่ายอุปกรณ์ตกแต่งสวนที่พัฒนาขึ้นจะสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน ทำให้การบริหารจัดการร้านมีประสิทธิภาพมากขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการร้านจำหน่ายอุปกรณ์ตกแต่งสวน กรณีศึกษาร้านเล็ก-ดา เป็นการวิจัยและการพัฒนา (Research and Development) โดยมีวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

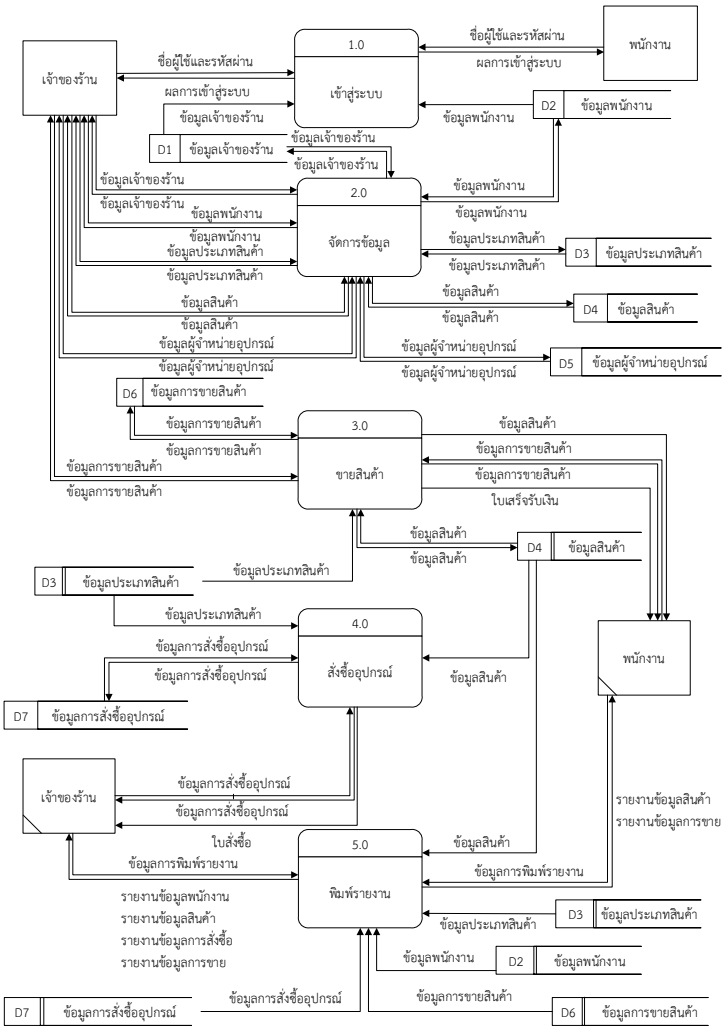
1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วยระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการร้านจำหน่ายอุปกรณ์ตกแต่งสวน แบบประเมินประสิทธิภาพของระบบ และแบบประเมินความพึงพอใจ

2. การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการร้านจำหน่ายอุปกรณ์ตกแต่งสวน เป็นไปตามขั้นตอนของวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) โดยแบ่งการพัฒนาระบบสารสนเทศออกเป็น 5 ขั้นตอน [4] ดังนี้

2.1 การวางแผน (Planning) เป็นการศึกษาปัญหาและความต้องการของระบบ ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากการสอบถามเจ้าของร้าน พนักงาน และศึกษาเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.2 การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นการใช้กระบวนการเพื่อศึกษาปัญหาโดยหาความต้องการ (Requirements) ให้ได้ว่าต้องการแก้ปัญหาอะไรในระบบ รวมทั้งสอบถามความต้องการของผู้ใช้งานเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบระบบสารสนเทศให้ได้ตรงตามความต้องการ ซึ่งผู้วิจัยได้วิเคราะห์ระบบโดยใช้แผนภาพต่างๆ ดังนี้

2.2.1 แผนภาพบริบท (Context Diagram) และแผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram) ใช้ในการอธิบายกระบวนการทำงานในระบบ ความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการทำงานกับผู้ที่เกี่ยวข้องกับระบบ และทิศทางการไหลของข้อมูลนำเข้าและข้อมูล/สารสนเทศที่เป็นผลลัพธ์ ดังภาพที่ 1 ผู้ที่เกี่ยวข้องกับระบบ คือ เจ้าของร้าน และพนักงาน ข้อมูลในระบบได้แก่ ข้อมูลเจ้าของร้าน ข้อมูลพนักงาน ข้อมูลประเภทสินค้า ข้อมูลสินค้า ข้อมูลผู้จำหน่ายอุปกรณ์ ข้อมูลการขายสินค้า และข้อมูลการสั่งซื้ออุปกรณ์



ภาพที่ 1 แผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram)

2.2.2 การออกแบบและการจัดการฐานข้อมูล ใช้แบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database Model) และใช้แผนภาพความสัมพันธ์ของข้อมูล (Entity Relationship Diagram) ในการอธิบายถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมดในระบบ

2.3 การออกแบบ (Design) เป็นการออกแบบระบบที่ต้องการ ประกอบด้วยการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface) ในการบันทึกข้อมูลเข้าสู่ระบบ การประมวลผลของระบบ และการแสดงผลลัพธ์จากการทำงานของระบบ ซึ่งเป็นการให้สารสนเทศแก่ผู้ใช้ระบบ ได้แก่รายงานต่างๆ เช่น รายงานข้อมูลพนักงาน รายงานข้อมูลสินค้า รายงานข้อมูลการสั่งซื้อ และรายงานข้อมูลการขาย

2.4 การนำไปใช้ (Implementation) ประกอบด้วย การพัฒนาระบบ การทดสอบ และการติดตั้ง การพัฒนาระบบเป็นการนำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์และออกแบบไว้มาพัฒนาระบบ โดยระบบที่พัฒนาขึ้นเป็นโปรแกรมประยุกต์ที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ ส่วนการทดสอบระบบ ผู้วิจัยใช้การทดสอบแบบกล่องดำ (Black Box Testing) เป็นการทดสอบที่เน้นผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น (Output) จากการประมวลผลโปรแกรม (Process) [5] โดยทดสอบป้อนข้อมูลเข้าสู่ระบบและพิจารณาผลลัพธ์ที่ออกมาว่าตรงตามความต้องการหรือไม่ ส่วนการติดตั้งระบบเพื่อให้ผู้ใช้งานได้ทดลองใช้งาน โดยทำความเข้าใจกับผู้ใช้ในการใช้งานส่วนต่างๆ ของระบบที่พัฒนาขึ้น

2.5 การบำรุงรักษา (Maintenance) เป็นการแก้ไขและเปลี่ยนแปลงระบบที่พัฒนาขึ้น เพื่อให้ระบบทำงานได้ตามความต้องการของผู้ใช้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. การสร้างแบบประเมินประสิทธิภาพของระบบ และแบบประเมินความพึงพอใจ ผู้วิจัยได้ศึกษารูปแบบและวิธีการสร้างแบบประเมินประสิทธิภาพของระบบและแบบประเมินความพึงพอใจ จากนั้นสร้างแบบประเมินและให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน พิจารณารายการประเมินและให้ค่าคะแนน จากนั้นนำมาคำนวณหาดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยนำผลรวมของค่าคะแนนของแต่ละรายการจากผู้เชี่ยวชาญหารด้วยจำนวนผู้เชี่ยวชาญ และเลือกรายการที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5

มาสร้างแบบประเมิน โดยแบบประเมินประสิทธิภาพของระบบ แบ่งการประเมินเป็น 4 ด้าน คือ (1) ด้านความสามารถในการทำงานตามความต้องการของผู้ใช้ (2) ด้านหน้าที่และความถูกต้องในการทำงานของระบบ (3) ด้านการ ใช้งานของระบบ และ (4) ด้านความปลอดภัยของระบบ ส่วนแบบประเมินความพึงพอใจ แบ่งเป็น 2 ด้าน คือ ด้านการใช้งาน และด้านข้อมูลและสารสนเทศ แบบประเมินเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ซึ่งมีเกณฑ์ในการกำหนดค่าน้ำหนักของการประเมินเป็น 5 ระดับ ตามแบบของลิเคิร์ท (Likert) ดังนี้

5 หมายถึง ระดับมากที่สุด
4 หมายถึง ระดับมาก
3 หมายถึง ระดับปานกลาง
2 หมายถึง ระดับน้อย
1 หมายถึง ระดับน้อยที่สุด

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาระบบสารสนเทศ ประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบที่พัฒนาขึ้นโดยใช้แบบประเมินประสิทธิภาพของระบบ และผู้วิจัยให้ผู้ใช้งานทดลองใช้งานระบบ และประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบโดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจ

5. การวิเคราะห์ข้อมูล หลังจากเก็บรวบรวมข้อมูลแล้วนำข้อมูลมาประมวลผล โดยสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งการแปลความหมายเพื่อจัดระดับเป็นดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.21-5.00 หมายถึง ระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.41-4.20 หมายถึง ระดับมาก
ค่าเฉลี่ย 2.61-3.40 หมายถึง ระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.81-2.60 หมายถึง ระดับน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00-1.80 หมายถึง ระดับน้อยที่สุด

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการร้านจำหน่ายอุปกรณ์ตกแต่งสวน กรณีศึกษาร้านเล็ก-ดา มีผลการวิจัยเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ดังนี้

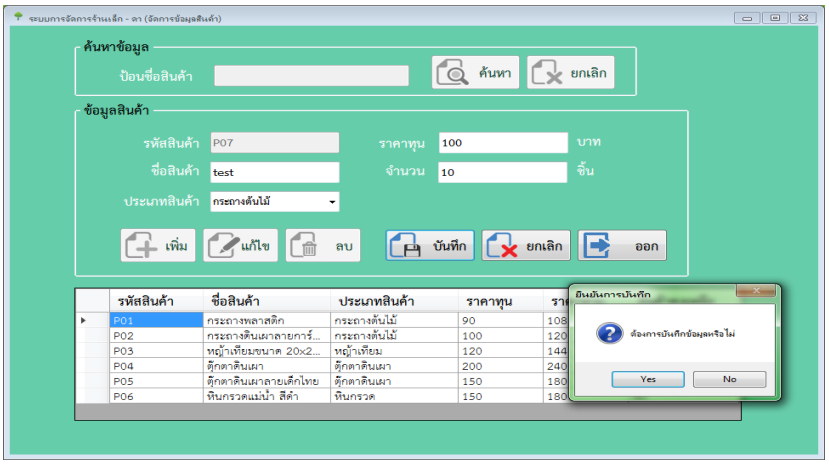
1. ผลการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการร้านจำหน่ายอุปกรณ์ตกแต่งสวน ระบบที่พัฒนาขึ้นเป็นโปรแกรมประยุกต์ที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ โดยระบบสามารถจัดเก็บข้อมูล ประมวลผล และพิมพ์รายงานได้ มีการกำหนดสิทธิการใช้งานเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของเจ้าของร้าน และส่วนของพนักงาน ดังนี้

1. ส่วนของเจ้าของร้าน มีขอบเขตการทำงาน คือ
   1.1 เข้าสู่ระบบด้วยชื่อผู้ใช้และรหัสผ่าน
   1.2 จัดการข้อมูลเจ้าของร้าน ข้อมูลพนักงาน ข้อมูลประเภทสินค้า ข้อมูลสินค้า และข้อมูลผู้จำหน่ายอุปกรณ์
   1.3 ตรวจสอบจำนวนสินค้าคงเหลือและพิมพ์ใบสั่งซื้อได้
   1.4 ตรวจสอบข้อมูลการขาย
   1.5 พิมพ์รายงาน คือ รายงานข้อมูลพนักงาน รายงานข้อมูลสินค้า รายงานข้อมูลการสั่งซื้อ และรายงานข้อมูลการขาย
2. ส่วนของพนักงาน มีขอบเขตการทำงาน คือ
   2.1 เข้าสู่ระบบด้วยชื่อผู้ใช้และรหัสผ่าน
   2.2 ค้นหาข้อมูลสินค้าและตรวจสอบจำนวนสินค้าคงเหลือได้
   2.3 ทำรายการรับสินค้าเข้าระบบ
   2.4 ทำรายการขายและพิมพ์ใบเสร็จรับเงินได้
   2.5 พิมพ์รายงาน คือ รายงานข้อมูลสินค้า และรายงานข้อมูลการขาย

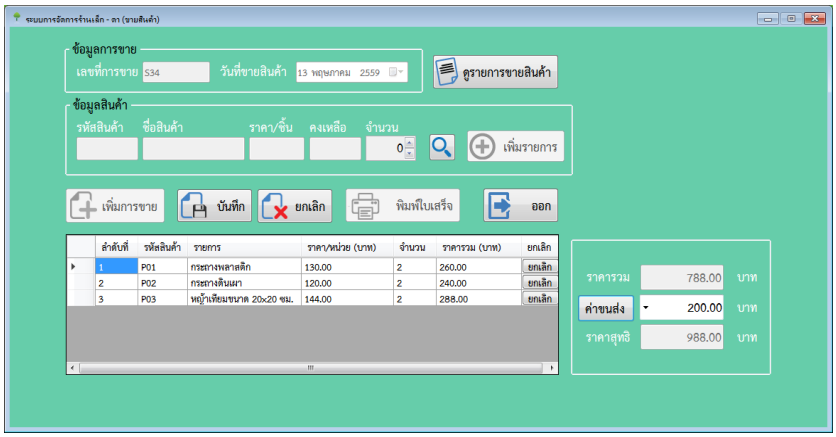
ตัวอย่างการทำงานของระบบงาน โดยผู้ใช้สามารถเข้าสู่ระบบด้วยชื่อผู้ใช้และรหัสผ่าน จะแสดงหน้าจอหลักของระบบงาน ดังภาพที่ 2 เจ้าของร้านสามารถจัดการข้อมูลสินค้า โดยสามารถเพิ่ม แก้ไข ลบ และค้นหาข้อมูลสินค้าได้ ดังภาพที่ 3 พนักงานสามารถทำรายการขายสินค้าได้ ดังภาพที่ 4 เจ้าของร้านสามารถเรียกดูรายการขายสินค้าได้ตามต้องการ ดังภาพที่ 5 และสามารถพิมพ์รายงานได้ เช่น รายงานข้อมูลการขาย ดังภาพที่ 6



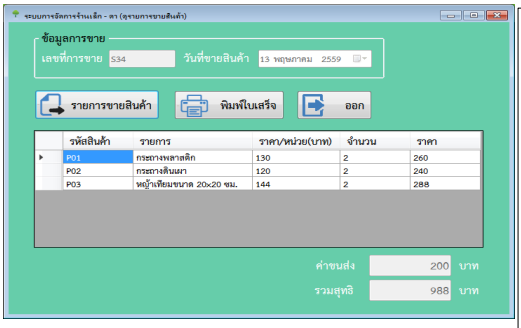
ภาพที่ 2 หน้าจอการเข้าสู่ระบบและหน้าจอหลักของระบบงาน



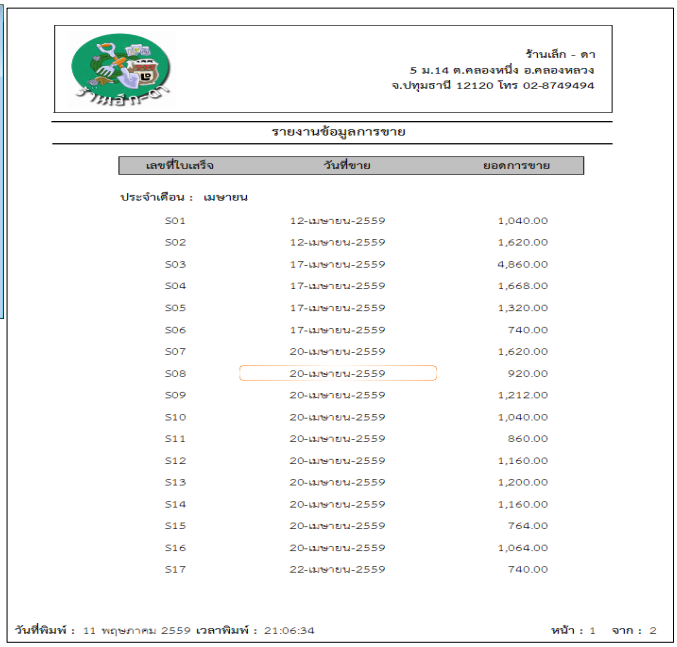
ภาพที่ 3 หน้าจอการจัดการข้อมูลสินค้า



ภาพที่ 4 หน้าจอการขายสินค้า



ภาพที่ 5 ข้อมูลรายการขายสินค้า



ภาพที่ 6 รายงานข้อมูลการขาย

2. ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการร้านจำหน่ายอุปกรณ์ตกแต่งสวน จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน มีผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยรวมจากผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	ประสิทธิภาพของระบบ
1. ด้านความสามารถในการทำงานตามความต้องการของผู้ใช้	4.47	0.64	มากที่สุด
2. ด้านหน้าที่และความถูกต้องในการทำงานของระบบ	4.73	0.48	มากที่สุด
3. ด้านการใช้งานของระบบ	3.90	0.22	มาก
4. ด้านความปลอดภัยของระบบ	4.40	0.55	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	**4.40**	**0.47**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการร้านจำหน่ายอุปกรณ์ตกแต่งสวน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.47 สรุปได้ว่าระบบมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับมากที่สุด

3. ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการร้านจำหน่ายอุปกรณ์ตกแต่งสวน จากเจ้าของร้านและพนักงาน จำนวน 11 คน มีผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

ตารางที่ 2 ระดับความพึงพอใจที่มีต่อระบบระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการร้านจำหน่ายอุปกรณ์ตกแต่งสวนจากผู้ใช้งาน

รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านการใช้งาน			
1.1 มีความเหมาะสมในการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้	3.45	0.52	มาก
1.2 ระบบใช้งานง่าย และไม่ซับซ้อน	3.36	0.67	ปานกลาง
1.3 ระบบช่วยลดเวลาในการตรวจสอบข้อมูล	4.27	0.79	มากที่สุด
1.4 มีการตรวจสอบสถานะในการเข้าถึงฐานข้อมูลในแต่ละส่วนของผู้ใช้งาน	3.45	0.82	มาก
1.5 ระบบช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานและมีประโยชน์ต่อการใช้งาน	3.45	0.82	มาก
2. ด้านข้อมูลและสารสนเทศ			
2.1 สามารถเข้าถึงข้อมูลและสารสนเทศได้ง่ายและรวดเร็ว	4.27	0.79	มากที่สุด
2.2 ข้อมูลและสารสนเทศมีความถูกต้อง ชัดเจน น่าเชื่อถือ	4.00	0.77	มาก
2.3 ข้อมูลและสารสนเทศตรงตามความต้องการใช้งาน	3.64	0.50	มาก
2.4 ข้อมูลและสารสนเทศมีความเป็นปัจจุบัน	4.00	0.89	มาก
2.5 ข้อมูลและสารสนเทศสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ	3.45	0.69	มาก
ค่าเฉลี่ย	**3.73**	**0.73**	**มาก**

จากตารางที่ 2 ความพึงพอใจในการใช้งานระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการร้านจำหน่ายอุปกรณ์ตกแต่งสวน จากผู้ใช้งานที่เป็นเจ้าของร้านและพนักงาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.73 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.73 โดยในด้านการใช้งานรายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือระบบช่วยลดเวลาในการตรวจสอบข้อมูล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.27 ส่วนในด้านข้อมูลและสารสนเทศ รายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือสามารถเข้าถึงข้อมูลและสารสนเทศได้ง่ายและรวดเร็ว มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.27

จากผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการร้านจำหน่ายอุปกรณ์ตกแต่งสวน พบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในการใช้งานระบบในระดับมาก สอดคล้องกับผลงานของณัฐวุฒิ นะติ๊บ และแก้วใจ อาภรณ์พิศาล [6] ซึ่งได้ทำการวิจัยเรื่อง ระบบการจัดการร้าน : กรณีศึกษาร้านยิวสปอร์ต บทความวิจัยในการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิชาการระดับชาติ UTCC Academic Day ซึ่งเป็นระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน ผลการวิจัยนี้พบว่าความพึงพอใจของผู้ใช้งานโดยรวมอยู่ในระดับมาก เนื่องจากสามารถลดปัญหาของการทำงานได้เป็นอย่างดี และสอดคล้องกับผลงานของ โชคทวี จิตรพิจิตร และรติพร สุดเสนาะ [7] ซึ่งได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาแอพพลิเคชั่นบนเว็บสำหรับการจัดการคลังวัสดุของร้านขายดอกไม้ บทความวิจัยในการประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ผลการวิจัยนี้พบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีความสามารถในการจัดเก็บข้อมูลวัสดุ การบันทึกรายการรับวัสดุเข้าคลังและการบันทึกรายการเบิกวัสดุ โดยระบบสามารถคำนวณจำนวนคงคลังอัตโนมัติเมื่อบันทึกรายการ มีรายงานข้อมูลสนับสนุนการบริหารจัดการคลังวัสดุ และจากผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้ทดลองใช้งานต่อประสิทธิภาพโดยรวมของระบบอยู่ในระดับมาก

สรุป

ผู้วิจัยสรุปผลในการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการร้านจำหน่ายอุปกรณ์ตกแต่งสวน

ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการร้านจำหน่ายอุปกรณ์ตกแต่งสวน ที่พัฒนาขึ้นเป็นโปรแกรมประยุกต์ที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ การใช้งานแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ เจ้าของร้าน และพนักงาน โดยสามารถเข้าสู่ระบบด้วยชื่อผู้ใช้และรหัสผ่าน สามารถจัดการข้อมูลต่างๆ ได้แก่ ข้อมูลเจ้าของร้าน ข้อมูลพนักงาน ข้อมูลประเภทสินค้า ข้อมูลสินค้า และข้อมูลผู้จำหน่ายอุปกรณ์ สามารถทำรายการขายสินค้า คำนวณราคารวมให้ลูกค้า และออกใบเสร็จรับเงินได้อย่างถูกต้อง สามารถค้นหาสินค้าและตรวจสอบจำนวนสินค้าคงเหลือได้อย่างรวดเร็ว และพิมพ์รายงานต่างๆ ได้แก่ รายงานข้อมูลพนักงาน รายงานข้อมูลสินค้า รายงานข้อมูลการสั่งซื้อ และรายงานข้อมูลการขาย

2. การประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการร้านจำหน่ายอุปกรณ์ตกแต่งสวน

ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.47 สรุปได้ว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในระดับมากที่สุด

3. ความพึงพอใจในการใช้งานระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการร้านจำหน่ายอุปกรณ์ตกแต่งสวน

ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.73 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.73 สรุปได้ว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในการใช้งานระบบในระดับมาก

ดังนั้นระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการร้านจำหน่ายอุปกรณ์ตกแต่งสวนที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นสามารถจัดเก็บข้อมูลได้อย่างเป็นระบบ ประมวลผลข้อมูลได้อย่างถูกต้อง และสามารถเรียกดูข้อมูลและพิมพ์รายงานได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งรายงานที่ได้เป็นสารสนเทศที่เป็นประโยชน์สามารถนำไปใช้งานและเพื่อการวางแผนในการเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน ทำให้การบริหารจัดการร้านมีประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. ณัฏฐพันธ์ เขจรนันทน์. **การวิเคราะห์และออกแบบระบบสารสนเทศ**. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น. 2551.
2. พจนานุกรมไทย. **ความหมายของคำว่างานอดิเรก** [อินเตอร์เน็ต]. 2562 [เข้าถึงเมื่อ 12 มีนาคม 2562]. เข้าถึงได้จาก: https://พจนานุกรมไทย.com/7-225-ความหมาย-งานอดิเรก.html.
3. ทรูปลูกปัญญา. **10 งานอดิเรก ที่ทำแล้วช่วยเพิ่มดีกรีความสุข** [อินเตอร์เน็ต]. 2562 [เข้าถึงเมื่อ 12 มีนาคม 2562]. เข้าถึงได้จาก: http://www.trueplookpanya.com/blog/content/55948/-blo-womlovlif-womlov-wom-.
4. โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. **ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ**. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น. 2560.
5. อรยา ปรีชาพานิช. **การวิเคราะห์และออกแบบระบบ (System Analysis and Design) ฉบับสมบูรณ์**. นนทบุรี: ไอดีซีฯ. 2557.
6. ณัฐวุฒิ นะติ๊บ และแก้วใจ อาภรณ์พิศาล. **ระบบการจัดการร้าน : กรณีศึกษาร้านยิวสปอร์ต**. ใน: บทความวิจัยในการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิชาการระดับชาติ UTCC Academic Day. ครั้งที่ 2 วันที่ 8 มิถุนายน 2561.
7. โชคทวี จิตรพิจิตร และรติพร สุดเสนาะ. **การพัฒนาแอพพลิเคชั่นบนเว็บสำหรับการจัดการคลังวัสดุของร้านขายดอกไม้**. ใน: บทความวิจัยในการประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 18 และลำปางวิจัย ครั้งที่ 4 วันที่ 20 กรกฎาคม 2561.

[IT-P33] การพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการจองห้องประชุมออนไลน์ กรณีศึกษา สำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย

The Development of Information System for Meeting Room e-Reservation: A Case study Bureau of Registration Administration Department of Provincial Administration

ไพรินทร์ มีศรี* และ ธนกฤต ลือเรือง
Phairin Meesri* and Thanakrit Luerueang
หลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: phairin@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

การพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการจองห้องประชุมออนไลน์ กรณีศึกษา สำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย มีวัตถุประสงค์ 1) พัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการจองห้องประชุมออนไลน์ 2) ประเมินประสิทธิภาพและความเหมาะสมของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ และ 3) ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย จำนวน 15 คน เครื่องมือในการวิจัยประกอบด้วย 1) ระบบสารสนเทศสำหรับสำหรับการจองห้องประชุมออนไลน์ แบ่งการใช้งานเป็น 3 ส่วน คือส่วนของผู้ดูแลระบบ ส่วนของเจ้าหน้าที่ และส่วนของผู้ใช้งาน 2) แบบประเมินประสิทธิภาพและความเหมาะสมของระบบ และ 3) แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า 1) ระบบสารสนเทศสำหรับการจองห้องประชุมออนไลน์ สามารถพัฒนาโดยใช้วงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle : SDLC) ใช้ Xampp และภาษา PHP เป็นเครื่องมือในการพัฒนาในรูปแบบของเว็บแอพพลิเคชัน 2) ผลการประเมินประสิทธิภาพและความเหมาะสมของระบบของผู้เชี่ยวชาญ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.36 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.53 ประสิทธิภาพอยู่ในระดับมาก และ 3) ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.56 ประสิทธิภาพอยู่ในระดับมาก ระบบสามารถจัดการข้อมูลการห้องประชุม และอำนวยความสะดวกให้บุคลากรของหน่วยงานได้

คำสำคัญ: *การพัฒนาระบบ, ห้องประชุม, จองห้องประชุมออนไลน์*

Abstract

The Development of Information System for Meeting Room e-Reservation: A case study Bureau of Registration Administration Department of Provincial Administration aimed to 1) develop information systems for meeting room e-reservation, 2) evaluate the efficiency and suitability of the system by experts, and 3) evaluate user satisfaction. The samples in the research were 15 people. The research tools included 1) information system for Meeting Room e-Reservation which divided into 3 parts: administrator, staff, and user, 2) assessment form for efficiency and suitability of the system, and 3) assessment form for user satisfaction of the system. The statistics used in data analysis were a mean and standard deviation. The results of the research were as follows: 1) information system for Meeting Room e-Reservation can be developed with the System Development Life Cycle (SDLC) using Xampp and PHP language as development tools in the form of a web application. 2) The results of the evaluation of the efficiency and suitability of the system by experts with an average value of 4.36, standard deviation equal to 0.53, efficiency is at a high level and 3) the evaluation of the user satisfaction of the system with an average value of 4.40, standard deviation of 0.56.

Keywords: *system development, meeting room, meeting room e-reservation*

บทนำ

เทคโนโลยีสารสนเทศ มีความสำคัญต่อการพัฒนาสังคมและประเทศชาติ เป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยให้การทำงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิและประสิทธิผลในทุกด้าน ทั้งในด้านการเมืองการปกครองสังคม สาธารณสุข คมนาคม การศึกษา และความมั่นคงปลอดภัย เทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามามีส่วนในการบริหารงานด้านต่าง ๆ เช่น การวางแผน การตัดสินใจทางธุรกิจ การบริหารงานทรัพยากรมนุษย์ กระบวนการผลิต การตลาด การดำเนินงาน การติดตามผลการปฏิบัติงาน การประเมินผล ประกอบกับโลกได้วิวัฒนาการเข้าสู่ยุคโลกาภิวัตน์ที่ข้อมูลข่าวสารมีการเคลื่อนไหวอย่างเสรีทั่วโลก สามารถรับมือกับโอกาสและภัยคุกคามแบบใหม่ ๆ ที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ในศตวรรษที่ 21 ประเทศไทยมุ่งสู่ไทยแลนด์ 4.0 มีการกำหนดยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี ในปี พ.ศ.2559 กำหนดให้มีการปฏิรูประบบราชการ เพื่อรองรับนโยบายไทยแลนด์ 4.0 ภาครัฐต้องปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานเพื่อให้สามารถที่เป็นเชื่อถือไว้วางใจและเป็นที่พึ่งของประชาชน ต้องปรับตัวให้สามารถอำนวยความสะดวกในการดำเนินกิจกรรมทางเศรษฐกิจและสังคมยุคดิจิทัลท่ามกลางการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วและไม่สามารถคาดเดาได้ จึงต้องมุ่งเน้นความคล่องตัวเพื่อนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาพลิกโฉมระบบราชการสู่ Government 4.0 [1]

เนื่องจากสำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย เป็นหน่วยงานที่ให้องค์ความรู้เกี่ยวกับงานทะเบียนราษฎรและมีการทำงานเกี่ยวข้องกับหน่วยงานของรัฐและหน่วยงานเอกชนทั่วทั้งประเทศ ภายในกรมการปกครองมีการดำเนินงานต่าง ๆ เช่น การประชุมวิชาการ การสัมมนา การประชุม video conference กับหน่วยงานภายในและภายนอกองค์กร สำนักบริหารการทะเบียน มีการให้บริการห้องจัดประชุม มีห้องประชุมทั้งหมด 4 ห้อง ห้องขนาดใหญ่ 2 ห้อง คือ ห้องประชุมบัวฉัตร รองรับผู้เข้าประชุม จำนวน 50 คน และห้องประชุมบัวหลวง รองรับผู้เข้าประชุม 200 คน และห้องขนาดกลางจำนวน 2 ห้อง คือ ห้องประชุมบัวแก้ว รองรับผู้เข้าประชุม 30 คน และห้องประชุมบัวขวัญ รองรับผู้เข้าประชุม 20 คน การเตรียมการประชุมตัวแทนจากหน่วยงานจะมาจองห้องประชุม โดยใช้แบบฟอร์มขอใช้ห้องประชุมที่เป็นเอกสารในการจองห้องประชุม ซึ่งเกิดปัญหา เช่น เอกสารการจองห้องประชุมสูญหาย การจองห้องประชุมพร้อมกัน กรณียกเลิกการจองหรือไม่มีการใช้ห้องประชุมไม่ได้แจ้งยกเลิกการใช้ห้อง โต๊ะและเก้าอี้ในห้องประชุมอาจไม่เพียงพอการจัดประชุม การใช้อุปกรณ์เพิ่มเติม เช่น ไมโครโฟน เครื่องคอมพิวเตอร์ ไม่มีการแจ้งล่วงหน้า ซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาล่าช้าในการจัดประชุม

ดังนั้น เพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาและสนับสนุนการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการการดำเนินงานในองค์กรของสำนักบริหารการทะเบียน ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบการจองห้องประชุมออนไลน์ของสำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย การพัฒนาระบบได้ทำการศึกษาจากสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นจริง เพื่อจัดเก็บข้อมูลเป็นระบบตรวจสอบข้อมูลการจองห้องประชุมได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว สามารถจัดห้องประชุมตามกิจกรรมได้ เช่น การประชุม การอบรม การจัดสัมมนา เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน [2] เป็นการนำเทคโนโลยีดิจิทัลเข้ามาใช้เพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการ เพิ่มผลงานโดยใช้เวลาน้อยลง ผู้ดูแลระบบสามารถเข้าสู่ระบบ จัดการข้อมูลเจ้าหน้าที่ ข้อมูลห้องประชุม พิมพ์รายงานการจองห้องประชุม ทำให้ระบบมีความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

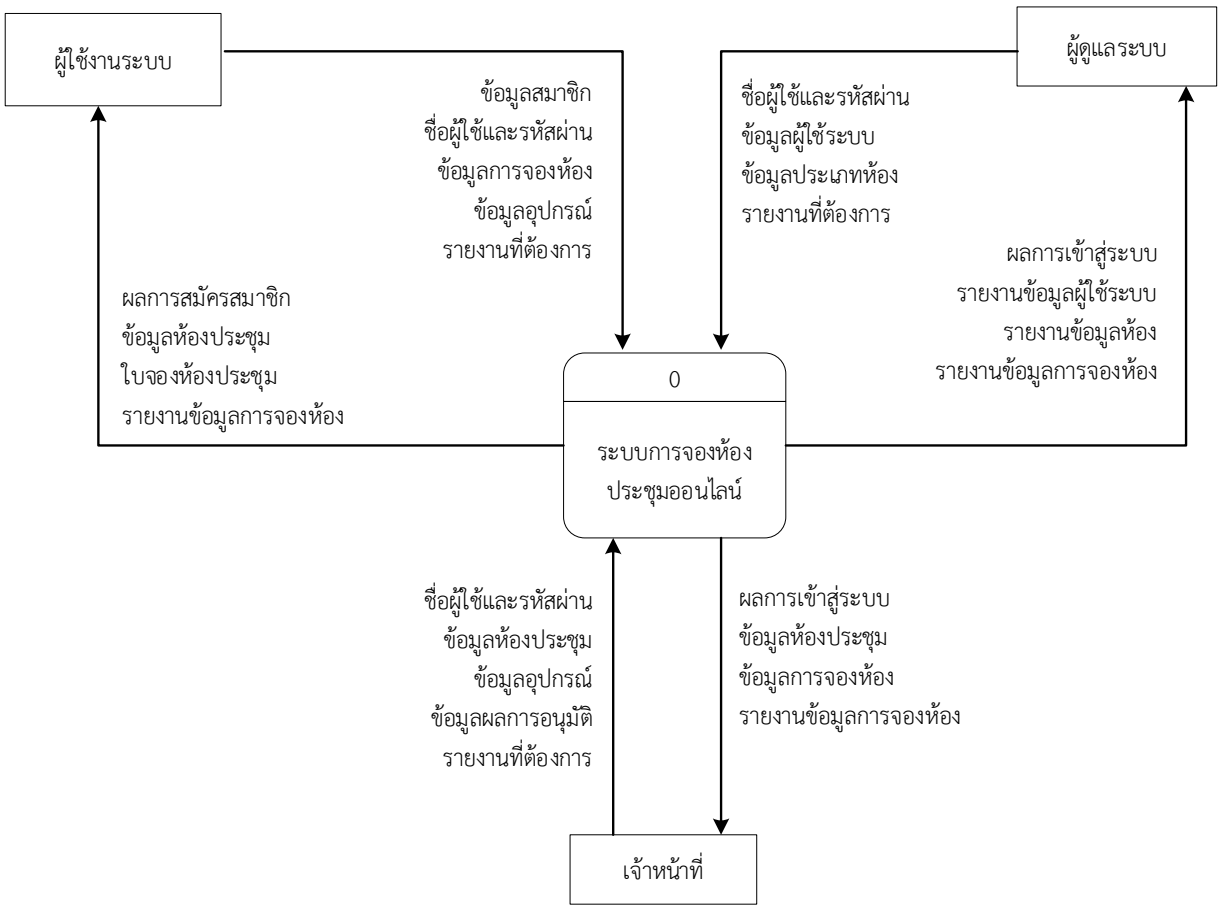
วิธีดำเนินการวิจัย

ในการพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการจองห้องประชุมออนไลน์ กรณีศึกษา สำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) โดยใช้หลักวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle : SDLC) เพื่อพัฒนาระบบและตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ มีการวางแผนและออกแบบขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

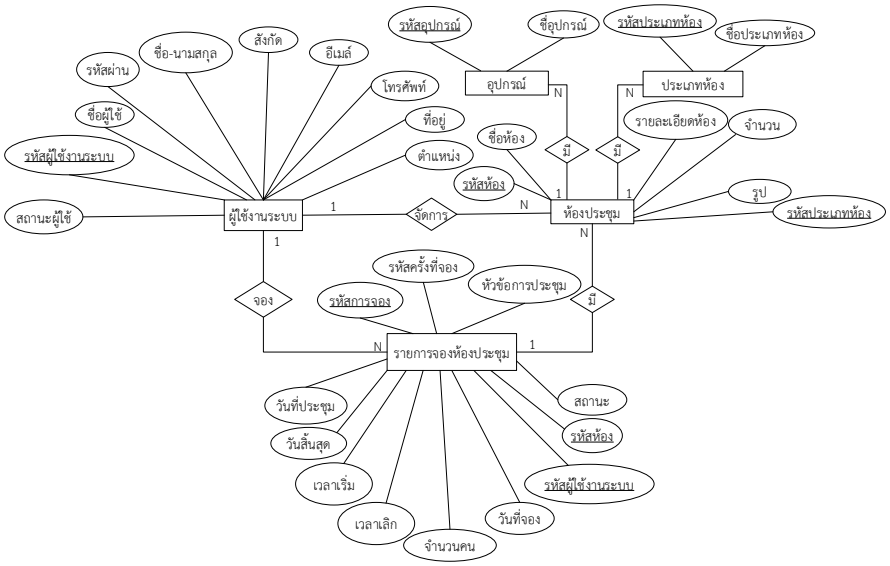
1. การศึกษาปัญหาและเก็บรวบรวมข้อมูลของระบบ โดยวิธีการสังเกตการณ์ การสัมภาษณ์ และศึกษาจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง [3] ในการให้บริการห้องประชุม การใช้อุปกรณ์ในห้องประชุม การจองห้องประชุมผู้จองต้องกรอกข้อมูลลงในแบบฟอร์มจองห้องประชุม ยื่นแบบฟอร์มให้เจ้าหน้าที่ เจ้าหน้าที่จะทำการตรวจสอบจากตารางการใช้ห้องและปฏิทิน

ประจำวัน จากนั้นจะทำการแจ้งให้ผู้จองทราบว่าสามารถใช้ห้องในการประชุมได้หรือไม่ ในการเก็บแบบฟอร์มอาจมีการสูญหายหรือการทำงานไม่ต่อเนื่อง

2. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ ศึกษารายละเอียดจากกระบวนการทำงานของระบบงานปัจจุบัน โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เครื่องมือที่ใช้ใชการวิเคราะห์ระบบ ได้แก่ แผนภาพบริบท (Context Diagram) แผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram) สามารถนำไปใช้ในการออกแบบโครงสร้างของโปรแกรม แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล (E-R Diagram) นำไปใช้ในการออกแบบฐานข้อมูล การออกแบบส่วนข้อมูลนำเข้า (Input Design) การออกแบบส่วนแสดงผลข้อมูล (Output Design) และการออกแบบหน้าจอหลักของระบบ



ภาพที่ 1 แผนภาพบริบท (Context Diagram) ระบบสารสนเทศสำหรับการจองห้องประชุมออนไลน์



ภาพที่ 2 แบบจำลองข้อมูลระบบสารสนเทศสำหรับการจองห้องประชุมออนไลน์

3. การพัฒนาระบบ เป็นการพัฒนาระบบที่ได้จากการวิเคราะห์และออกแบบ ประยุกต์ใช้ความรู้ร่วมกับการจัดการฐานข้อมูล โดยใช้ Xampp ในการจัดการฐานข้อมูล ใช้ภาษา PHP ในการพัฒนาระบบ และ Bootstrap ในการออกแบบหน้าจอให้สวยงามและใช้งานได้ง่าย พัฒนาในรูปแบบของเว็บแอพพลิเคชัน

4. การทดสอบระบบ เพื่อทำการทดสอบการทำงานของระบบกับข้อมูลทดสอบ การทดสอบสิทธิ์การเข้าใช้งานระบบ ทดสอบการทำงานแต่ละส่วนของโปรแกรมเพื่อประเมินหาข้อผิดพลาด ทดสอบการแสดงผลลัพธ์ของระบบ และดำเนินการปรับปรุงแก้ไข ผลการทดสอบระบบพบว่าระบบสามารถทำงานได้ถูกต้องตรงตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ

5. การประเมินประสิทธิภาพของระบบ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 5 คน เจ้าหน้าที่และผู้ใช้งานระบบ จำนวน 15 คน ผู้เกี่ยวข้องทำการทดลองใช้ระบบเป็นเวลา 1 เดือน เครื่องมือที่ใช้การเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการพัฒนาระบบเป็นแบบสอบถามเพื่อการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบ [4] เกณฑ์การประเมินคุณภาพ 5 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านความสามารถของระบบตรงกับความต้องการ 2) ด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน 3) ด้านความเร็วในการใช้งานระบบ 4) ด้านความถูกต้องของระบบ และ 5) ด้านประโยชน์ของระบบ โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน กำหนดเกณฑ์การประเมินคุณภาพของระบบ และความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) เกณฑ์ที่ใช้ในการแปลความหมายข้อมูลใช้ตามวิธีของลิเคิร์ท (Likert) แบบจำแนกแต่ละช่วงย่อยต่างกันแบ่งระดับคะแนนเป็น 5 ระดับ เพื่อใช้ในการปรับปรุงระบบให้มีประสิทธิภาพต่อการนำไปใช้งาน ใช้วิธีการทดสอบแบบ Black-box เพื่อประเมินคุณภาพการทำงานของโปรแกรมให้สอดคล้องกับข้อกำหนดในการพัฒนาระบบงาน [5]

เกณฑ์การแปลความหมายเพื่อจัดระดับคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจของผู้ใช้ในการทดลองใช้ระบบ โดยใช้เกณฑ์แบ่งเป็นช่วง และมีเกณฑ์การแปลผล [6] ดังนี้

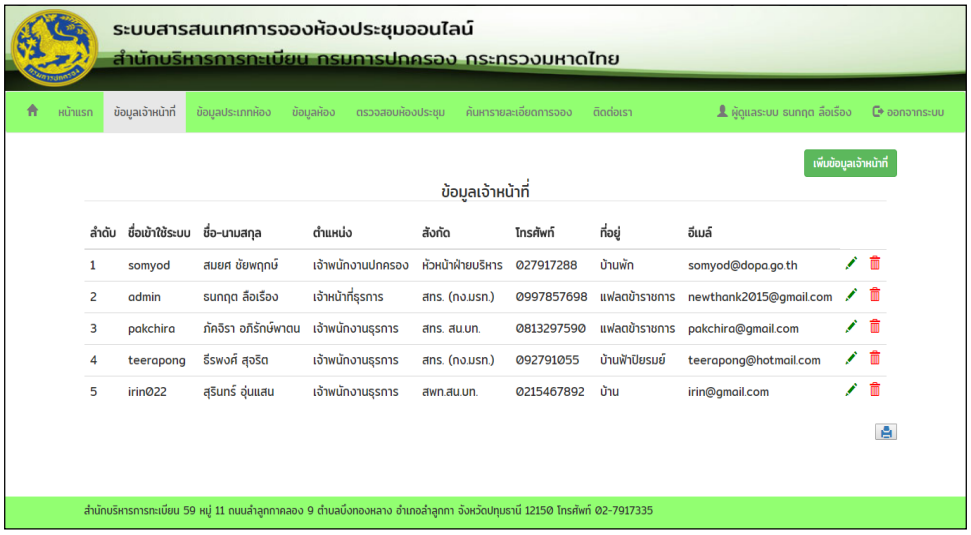
ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 หมายถึง ระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 หมายถึง ระดับมาก
ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 หมายถึง ระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 หมายถึง ระดับน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 หมายถึง ระดับน้อยที่สุด

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

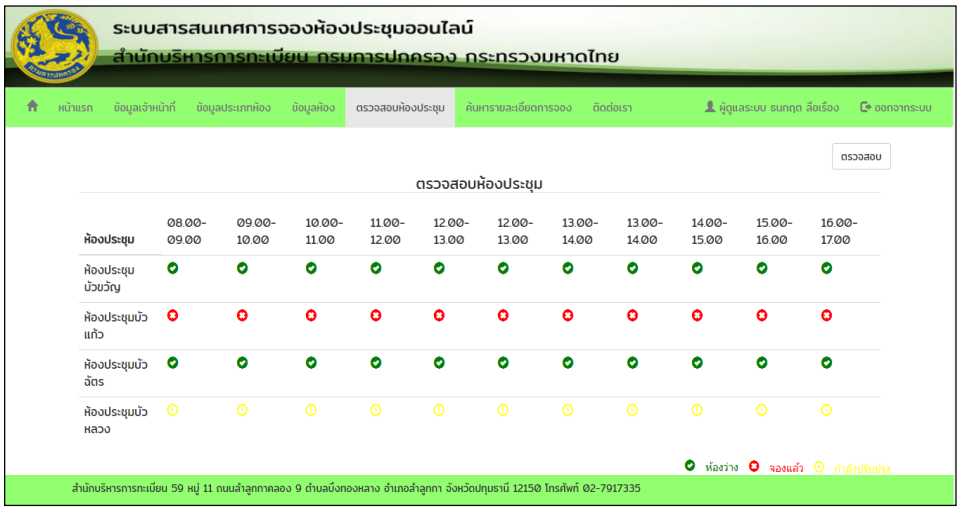
1. ผลการพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการจองห้องประชุมออนไลน์

ในการพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการจองห้องประชุมออนไลน์ แบ่งการใช้งานเป็น 3 ส่วน คือ 1) ส่วนของผู้ดูแลระบบ 2) ส่วนของเจ้าหน้าที่ และ 3) ส่วนของผู้ใช้งานระบบ

1).ส่วนของผู้ดูแลระบบ เข้าสู่ระบบจัดการข้อมูลเจ้าหน้าที่ ข้อมูลประเภทห้อง ข้อมูลห้อง ตรวจสอบตารางการจองห้องประชุม พิมพ์รายงานข้อมูลผู้ใช้ระบบ รายงานข้อมูลห้อง รายงานข้อมูลการใช้ห้องประชุมประจำเดือน และรายงานยกเลิกการจอง

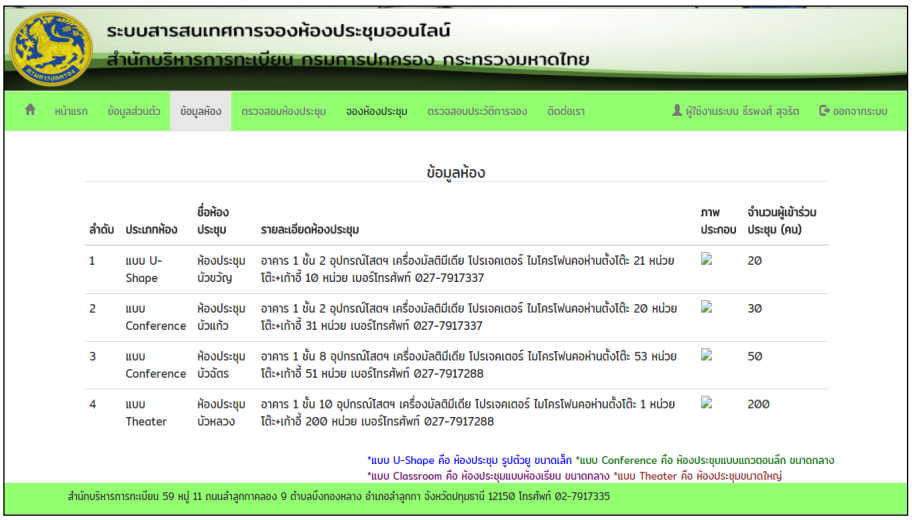


ภาพที่ 3 หน้าจอแสดงข้อมูลเจ้าหน้าที่

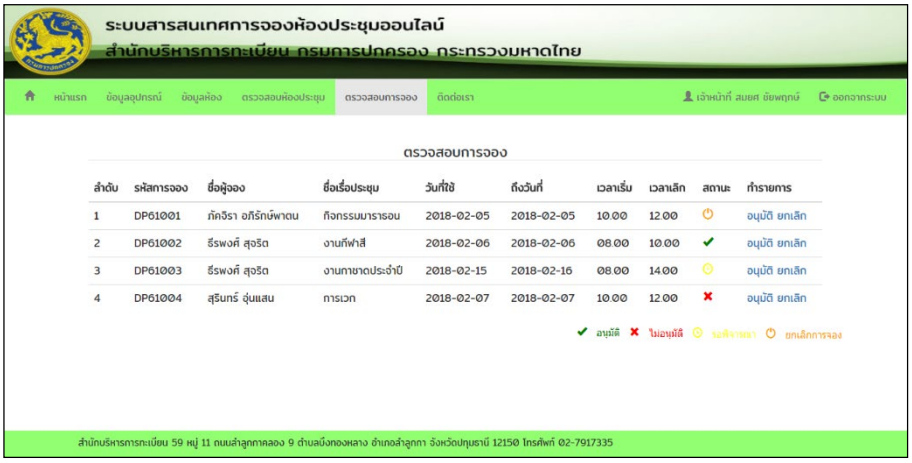


ภาพที่ 4 หน้าจอการตรวจสอบตารางการจองห้องประชุม

2) ส่วนของเจ้าหน้าที่ เข้าสู่ระบบด้วยชื่อผู้ใช้งาน และรหัสผ่าน จัดการข้อมูลข้อมูลอุปกรณ์ตรวจสอบตารางการจองห้องประชุม อนุมัติการจอง/ยกเลิกการจอง พิมพ์รายงานการอนุมัติ รายงานการใช้ห้อง/การยกเลิก

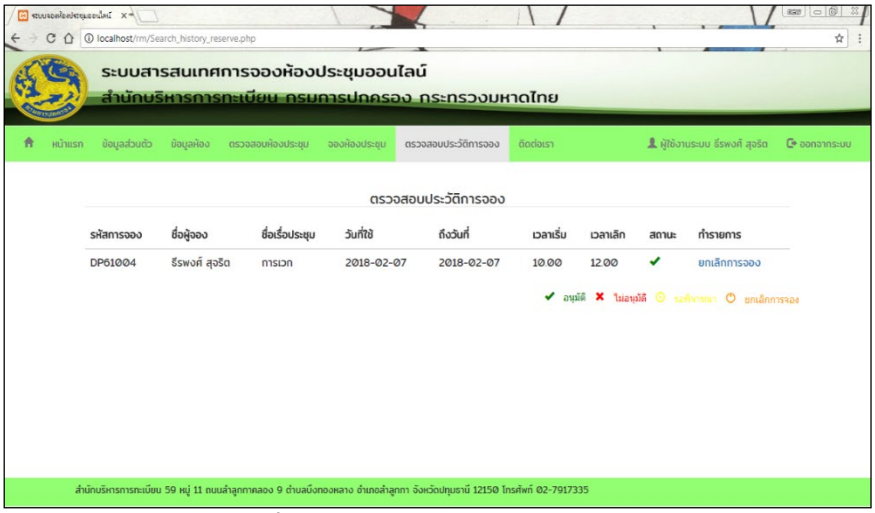


ภาพที่ 5 หน้าจอแสดงข้อมูลและรายละเอียดห้องประชุม



ภาพที่ 6 หน้าจอการตรวจสอบการจองห้องประชุม

3) ส่วนของผู้ใช้งานระบบ ต้องสมัครสมาชิก เข้าสู่ระบบด้วยชื่อผู้ใช้งาน และรหัสผ่าน จัดการข้อมูล ข้อมูลส่วนตัว ตรวจสอบการจองห้องประชุม จองห้องประชุม กำหนดอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในห้องประชุม และพิมพ์ใบจองห้องประชุม ค้นหารายละเอียดการจองห้องและอุปกรณ์ตรวจสอบประวัติการจอง และพิมพ์รายงานการจองห้องประชุม



ภาพที่ 7 ข้อมูลประวัติการจองห้องประชุม

1) ผลการประเมินประสิทธิภาพและความเหมาะสมของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ

ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 5 คน ผลของการประเมินประสิทธิภาพของระบบ 5 ด้าน ดังนี้

ตารางที่ 1 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพของผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ

รายการประเมิน	ประสิทธิภาพ		
	ค่าเฉลี่ย $\overline{X}$	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D.	ความหมาย
1. ด้านความสามารถของระบบตรงกับความต้องการ	4.40	0.55	มาก
2. ด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน	4.40	0.55	มาก
3. ด้านความเร็วในการใช้งานระบบ	3.80	0.45	มาก
4. ด้านความถูกต้องของระบบ	4.60	0.55	มากที่สุด
5. ด้านประโยชน์ของระบบ	4.60	0.55	มากที่สุด
สรุปผลการประเมิน	**4.36**	**0.53**	**มาก**

จากตารางที่ 1 พบว่าประสิทธิภาพจากการประเมินรระบบของผู้เชี่ยวชาญในภาพรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.36 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.53 อยู่ในระดับมาก

2) ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบสารสนเทศสำหรับการจองห้องประชุมออนไลน์

จากการทดสอบและติดตั้งระบบ ให้ผู้ใช้ระบบทำการทดลองใช้ระบบ 1 เดือน และทำการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบสารสนเทศ จำนวน 15 คน โดยนำแบบสอบถามจัดหมวดหมู่ หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยแสดงในตาราง ดังนี้

ตารางที่ 2 สรุปผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบสารสนเทศสำหรับการจองห้องประชุมออนไลน์

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
	ค่าเฉลี่ย $\overline{X}$	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D.	ความหมาย
ด้านความเหมาะสมการทำงานของระบบ			
1. รูปแบบการนำเสนอเว็บไซต์	4.33	0.49	มาก
2. ความสวยงามของระบบ	4.40	0.51	มาก
3. ข้อความมีความถูกต้อง	4.40	0.51	มาก
4. ความน่าเชื่อถือของระบบ	4.47	0.52	มาก
5. ความเป็นมาตรฐานเดียวกันในการออกแบบหน้าจอ	4.53	0.52	มากที่สุด
ด้านความถูกต้องในการทำงานของระบบ			
1. ความถูกต้องในการเชื่อมโยงหน้าเว็บเพจ	4.47	0.52	มาก
2. ความถูกต้องในการค้นหาข้อมูล	4.40	0.74	มาก
3. ความถูกต้องในการปรับปรุงข้อมูล	4.40	0.51	มาก
4. ความถูกต้องในการประมวลผลข้อมูล	4.60	0.51	มากที่สุด

ตารางที่ 2 สรุปผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบสารสนเทศสำหรับการจองห้องประชุมออนไลน์ (ต่อ)

ด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน			
1. ขั้นตอนการใช้งานง่ายและสะดวก	4.53	0.64	มากที่สุด
2. ความเหมาะสมในการโต้ตอบกับผู้ใช้	4.60	0.63	มากที่สุด
3. ความเหมาะสมในการออกแบบ	4.40	0.63	มาก
ด้านความเร็วในการทำงานของระบบ			
1. การแสดงผลรวดเร็ว	4.20	0.56	มาก
2. ความรวดเร็วในการประมวลผล	4.20	0.68	มาก
3. ความเร็วในการบันทึก/แก้ไข/จัดเก็บข้อมูล	4.07	0.46	มาก
สรุปผลการประเมิน	**4.40**	**0.56**	**มาก**

จากตารางที่ 2 พบว่าความพึงพอใจของเจ้าหน้าที่และผู้ใช้ระบบสารสนเทศสำหรับการจองห้องประชุมออนไลน์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.56 อยู่ในระดับมาก

สรุป

ผลการวิจัยการพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการจองห้องประชุมออนไลน์ กรณีศึกษา สำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย สรุปผลการพัฒนาระบบ ดังนี้

1. การพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการจองห้องประชุมออนไลน์ ใช้ MySQL และภาษา PHP เป็นเครื่องมือในการพัฒนารูปแบบของเว็บแอพพลิเคชัน การทำงานเป็นไปตามลำดับขั้นตอนและสามารถนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยแต่ละส่วนมีการกำหนดสิทธิ์การเข้าใช้งานระบบเพื่อรักษาความปลอดภัยของข้อมูลด้วยการเข้าสู่ระบบโดยชื่อผู้ใช้และรหัสผ่าน ในการพัฒนาระบบ แบ่งการใช้งานเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนของผู้ดูแลระบบ สามารถจัดการข้อมูล เพิ่ม แก้ไข ปรับปรุงข้อมูลห้องประชุมและอุปกรณ์ จัดการสิทธิ์การใช้งานของเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง ตรวจสอบการจองห้องประชุม พิมพ์รายงานข้อมูลผู้ใช้งาน รายงานข้อมูลการจองห้องประชุมได้ ส่วนของเจ้าหน้าที่ สามารถจัดการข้อมูล จัดการข้อมูลข้อมูลอุปกรณ์ตรวจสอบตารางการจองห้องประชุม อนุมัติการจอง/ยกเลิกการจอง พิมพ์รายงานการใช้ห้องประชุมได้ และส่วนของผู้ใช้งานระบบ จัดการข้อมูลส่วนตัว ตรวจสอบการจองห้องประชุม จองห้องประชุม กำหนดอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในห้องประชุม และพิมพ์ใบจองห้องประชุม ค้นหารายละเอียดการจองห้องและอุปกรณ์ตรวจสอบประวัติการจอง และพิมพ์รายงานการจองห้องประชุม ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษา นิตยา เปล่งเจริญศิริชัย และคณะ [7] การพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการจัดการห้องเรียนและห้องประชุมของมหาวิทยาลัยเอกชนแห่งหนึ่ง พบว่าการพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการจัดการห้องเรียนและห้องประชุม 7 ขั้นตอนของ SDLC สามารถดำเนินการจองห้อง ยกเลิกการจองห้อง โดยผ่านกระบวนการแต่ละส่วนงานโดยใช้ระบบออนไลน์ ซึ่งไม่จำเป็นต้องเขียนเอกสารขอจองห้อง สามารถดำเนินการผ่านออนไลน์ได้ตลอดเวลา เช่นเดียวกับสุทรรศน์ สุคำภา [8] พบว่าการพัฒนาระบบการจองห้องประชุมตามขั้นตอนข้างต้น ทำให้ได้โปรแกรมที่มีประสิทธิภาพ สามารถทำงานได้ตรงกับความต้องการ นอกจากนี้ระบบยังสามารถตอบสนองในการทำงานได้อย่างรวดเร็ว ได้แสดงผลลัพธ์ที่ถูกต้องตรงตามข้อกำหนด

2. การประเมินประสิทธิภาพของระบบ จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ 5 ท่าน พบว่าระบบมีประสิทธิภาพ ด้านความสามารถของระบบตรงกับความต้องการ ด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน ด้านความเร็วในการใช้งานระบบ ด้านความถูกต้องของระบบ และด้านประโยชน์ของระบบ ค่าเฉลี่ย 4.36 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.53 สรุปได้ว่าระบบสารสนเทศสำหรับการจองห้องประชุมออนไลน์ สำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย มีประสิทธิภาพมาก

3. การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบสารสนเทศสำหรับการจองห้องประชุมออนไลน์ ผู้ใช้ระบบ จำนวน 15 คน ทำการประเมินผลการใช้งานในแต่ละด้านพบว่าผลการประเมินความพึงพอใจ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.56 แปลความหมายได้ว่าความพึงใจในการใช้งานระบบสารสนเทศสำหรับการจองห้องประชุมออนไลน์อยู่ในระดับมาก โดยพิจารณารายข้อพบว่า ความถูกต้องในการประมวลผลข้อมูล และความเหมาะสมในการโต้ตอบกับผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.60 แปลความหมายได้ว่าความพึงใจอยู่ในระดับมากที่สุด สอดคล้องกับไพรินทร์ มีศรีและไพรัช อุดม [(9)] ที่ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อประเมินราคาการตัดเย็บผ้าม่าน กรณีศึกษา ร้านพีอาร์ผ้าม่าน อำเภอเมืองอ่างทอง จังหวัดอ่างทอง พบว่าระบบการจัดสารสนเทศแบบออนไลน์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะบุคลากรของสำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการพัฒนาระบบสารสนเทศ ทดสอบการใช้งานระบบและประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบ ให้สำเร็จและลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. สำนักงานวิจัยและพัฒนาระบบงานบุคคล. สำนักงาน ก.พ. ระบบราชการไทยในบริบทไทยแลนด์ 4.0. 2560. [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 20 มีนาคม 2561]. เข้าถึงได้จาก : https://www.ocsc.go.th/sites/default/files/attachment/article/4._rabbraachkaaraithyainbribthaithyaelnd40.pdf.
2. พันรักเวิร์ค. รูปแบบการจัดห้องประชุมในงานอบรม สัมมนา และกิจกรรมกลุ่ม (เบื้องต้น). 2557. [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 7 เมษายน 2560]. เข้าถึงได้จาก : www.phanrakwork.com/content-รูปแบบการจัดห้องประชุมในงานอบรมสัมมนาและกิจกรรมกลุ่ม (เบื้องต้น)-4-3463-43930-1.html.
3. อรยา ปรีชาพานิช. คู่มือเรียนการวิเคราะห์และออกแบบระบบ (System Analysis and Design) (ฉบับสมบูรณ์). นนทบุรี: ไอดีซี; 2557.
4. ไพรินทร์ มีศรี และพีรพงษ์ ศุภสมภพ. การพัฒนาระบบจำหน่ายวัสดุก่อสร้างและอุปกรณ์ช่างออนไลน์ กรณีศึกษาร้านเอี๊ยบยิดหลี. ใน: เอกสารประกอบการประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 6 วันที่ 6 มิถุนายน 2561. มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ. สมุทรปราการ; 2561 หน้า IT195-204.
5. น้ำฝน อัศวเมฆิน. หลักการพื้นฐานของวิศวกรรมซอฟต์แวร์ (Fundamentals of Software Engineering). กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น; 2558
6. Best, John W. Research in Education. 5th ed. New Jersey: Prentice Hall, Inc; 1986.
7. นิตยา เปล่งเจริญศิริชัย และคณะ. การพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการจัดการห้องเรียนและห้องประชุมของมหาวิทยาลัยเอกชนแห่งหนึ่ง. วารสารมหาวิทยาลัยคริสเตียน ปีที่ 24 ฉบับที่ 3 (กรกฎาคม – กันยายน) 2561.
8. สุทรรศน์ สุคำภา. การพัฒนาระบบบริหารจัดการห้องประชุม วิทยาลัยนครราชสีมา. ใน: เอกสารประกอบการประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ “สร้างสรรค์และพัฒนา เพื่อก้าวหน้าสู่ประชาคมอาเซียน” ครั้งที่ 2 วันที่ 18-19 มิถุนายน 2558. วิทยาลัยนครราชสีมา นครราชสีมา; 2558 หน้า 166-72.
9. ไพรินทร์ มีศรี และไพรัช อุดม. การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อประเมินราคาการตัดเย็บผ้าม่าน กรณีศึกษา ร้านพีอาร์ผ้าม่าน อำเภอเมืองอ่างทอง จังหวัดอ่างทอง. ใน: เอกสารประกอบการประชุมวิชาการระดับชาติรำไพพรรณี ครั้งที่ 11 และงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏกลุ่มศรีอยุธยา ครั้งที่ 8 วันที่ 19-20 ธันวาคม 2560. มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี. จันทบุรี; 2560 หน้า IT493-500.

[IT-P34] การพัฒนาระบบบริหารการจัดการที่จอดรถ
A Development of Car Park Management System

สรศักดิ์ ขวัญทอง และ วิศรุต ขวัญคุ้ม*
Sorasak Khwanthong and Wisrut Kwankhoom*
หลักสูตรวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: wisrut@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาปัญหาและพัฒนาระบบการทำงานของระบบบริหารการจัดการที่จอดรถภายในโรงงานในพื้นที่เขตอุตสาหกรรมนวนคร ปทุมธานี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ระบบบริหารการจัดการที่จอดรถที่ใช้งานบนระบบสารสนเทศแบบเครือข่าย (Online) และสำรวจความพึงพอผู้ใช้งานที่มีต่อระบบ โดยระบบระบบบริหารการจัดการที่จอดรถสามารถตรวจสอบและรายงานปริมาณรถยนต์ที่จอดอยู่ในลาดจอดรถในแต่ละวัน และพัฒนาระบบบริหารการจัดการที่จอดโดยการใช้อุปกรณ์ Microcontroller เป็นตัวสั่งการการทำงานของระบบบัตรทึกเวลาด้วยบัตร RFID เพื่อส่งข้อมูลไปบันทึกและแสดงผลบนหน้าเว็บไซต์ จากผลการทดลองจากใช้งานพบว่าระบบสามารถอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้งานในเรื่องการจัดการข้อมูลต่าง ๆ การสั่งพิมพ์รายงาน มีความถูกต้องของการบันทึกเวลารถยนต์ที่เข้า-ออก และมีการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ของระบบมีระดับคะแนนความพึงพอใจเท่ากับ 4.25 ด้านการออกแบบมีระดับคะแนนความพึงพอใจเท่ากับ 4.00 และมีคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจโดยภาพรวมในทุกมิติของการประเมินเท่ากับ 4.13 (ดี)
คำสำคัญ: *ระบบการจัดการที่จอดรถ, การพัฒนาระบบ, ไมโครคอนโทรลเลอร์*

Abstract

This research studied problems and developed the system of car park management system for the factory in Navanakorn Industrial Area, Pathumthani province. It aimed to develop a parking management system that can be used over the network (Online). The system can check the number of cars parked in the parking lot on a daily basis, and developed the parking management system by using the microcontroller device in order to record the time of vehicles entry-exit with RFID card to send data to display on the website. From the results of the experiment, it found that the system could facilitate the users and handle various information. The report printing about the time of entry-exit vehicles was accurate. There were assessments of user satisfaction in various aspects; efficiency and benefits of the system with a score of 4.25, design with a score of 4.00, and an average score of the overall system with a score of 4.13 (Good).
Keywords: *car park management system, system development, microcontroller*

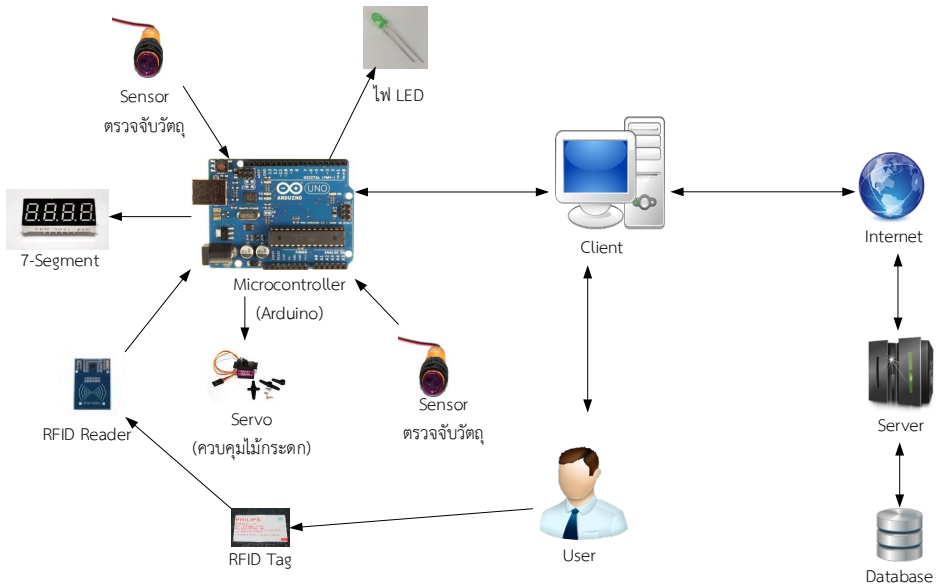
บทนำ

ปัจจุบันระบบสารสนเทศได้เข้ามามีบทบาทต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์เรามากขึ้น รวมทั้งยังอำนวยความสะดวกต่อการทำงาน ไม่ว่าจะเป็นการบันทึกจัดเก็บข้อมูลที่แม่นยำ รวดเร็ว และง่ายต่อการใช้ จึงทำให้ในหลายองค์กรได้มีการพัฒนาระบบการทำงานโดยให้มีระบบสารสนเทศเข้ามามีส่วนช่วยในการดำเนินการต่าง ๆ อาทิ สื่อการนำเสนอผลงาน การบันทึกประมวลผล หรือช่วยการตัดสินใจในหน้าที่การงานบางงานที่ระบบสามารถดำเนินการแทนได้ เป็นต้น ดังนั้นหากนำระบบสารสนเทศมาช่วยทำงาน

ในระบบงานบางอย่างที่สามารถนำมาใช้ทดแทนหรือพัฒนากับระบบงานเดิมที่ใช้งานอยู่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพต่อระบบงานให้ดียิ่งขึ้นก็จะทำให้ธุรกิจสามารถมีต้นทุนในการบริหารจัดการที่ต่ำลงและประกอบธุรกิจอยู่ในตลาดการแข่งขันได้ดียิ่งขึ้น

พื้นที่เขตอุตสาหกรรมนวนคร ปทุมธานี เป็นเขตอุตสาหกรรมแห่งแรกของประเทศไทย มีพื้นที่กว่า 6,485 ไร่ ตั้งอยู่บนทำเลยุทธศาสตร์บนถนนพหลโยธินและมีโรงงานของบริษัทชั้นนำที่ให้ความไว้วางใจกว่า 203 บริษัท ในแต่ละโรงงานมีการใช้ระบบการบันทึกเวลารถยนต์เข้า-ออกโรงงาน เพื่อบันทึกและตรวจเช็คข้อมูลรถที่เข้า-ออกภายในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งการบันทึกข้อมูลจะเป็นการบันทึกข้อมูลแล้วจัดเก็บข้อมูลลงไว้ที่คอมพิวเตอร์เพียงเครื่องเดียวที่ทำการบันทึก และเมื่อต้องการจะตรวจสอบข้อมูลหรือขอเรียกดูรายงานการบันทึก ผู้ที่จะใช้ข้อมูลจะต้องมาขอข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ที่บันทึก ซึ่งก็ถือเป็นความลำบากอย่างหนึ่ง เนื่องจากโรงงานอุตสาหกรรมแห่งนี้มีพื้นที่ค่อนข้างใหญ่ จึงทำให้เกิดปัญหาต่าง ๆ เช่น ความล่าช้าต่อการได้รับข้อมูล เสียเวลาต่อการเดินทางไปยังคอมพิวเตอร์ที่บันทึก เป็นต้น [1] ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงเห็นว่าปัญหาเหล่านี้สามารถแก้ไขได้ด้วยการนำระบบสารสนเทศแบบเครือข่าย (Online) มาใช้ในการบริหารจัดการและจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบของเว็บเว็บแอพพลิเคชัน นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้นำอุปกรณ์Microcontroller มาใช้พัฒนาระบบเพื่อการบันทึกเวลาเข้า-ออกของรถยนต์ โดยการบันทึกเวลาผ่านระบบบัตร RFID ซึ่งทางผู้พัฒนาและออกแบบระบบเห็นว่าผู้ใช้งานจะมีความสะดวกต่อการใช้งานระบบนี้ เช่น มีความปลอดภัยและความถูกต้องของข้อมูลในการบันทึกเวลาเข้า-ออกที่จอดรถ สามารถเข้าใช้งานระบบได้กับคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องในโรงงานอุตสาหกรรม มีความสะดวกต่อการใช้งานและเรียกดูรายงานต่าง ๆ ของระบบ [2] เป็นต้น

ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะทำการนำระบบคอมพิวเตอร์มาใช้ในระบบบริหารการจัดการที่จอดรถ ซึ่งระบบจะเป็นระบบแบบอินเทอร์เน็ต (internet) ที่ใช้ในลานจอดรถยนต์ ซึ่งจะเชื่อมต่อกับเครือข่ายแม่ (server) และในระบบนี้ได้ออกแบบให้มีการนำไมโครคอนโทรลเลอร์ (microcontroller) ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมอุปกรณ์ภายนอกต่าง ๆ เช่น เซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุ Servo ควบคุมระบบไม้กระดก หลอดไฟ LED บอกสถานะ RFID Reader สำหรับอ่านบัตรบันทึกเวลาด้วยคลื่นวิทยุ เข้ามาใช้ในการพัฒนาระบบ ซึ่งจากที่ระบบเป็นระบบแบบอินเทอร์เน็ตก็จะช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้งาน โดยผู้ใช้งานสามารถเข้าใช้งานระบบได้จากคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นภายในโรงงานได้ อำนวยความสะดวกต่อการจัดการข้อมูลต่าง ๆ การเรียกดูหรือพิมพ์รายงาน สะดวกต่อการเข้าจอดรถได้เช่น สามารถรู้สถานะที่จอดรถได้จากจอแสดงผล 7-Segment สามารถบันทึกเวลาเข้าออกลานจอดรถด้วยการทาบบัตรบันทึกเวลาที่เครื่องบันทึกเวลาเป็นต้น เพื่อช่วยให้โรงงานหรือองค์กรที่มีพื้นที่จอดรถขนาดใหญ่สามารถตรวจสอบและบริหารจัดการข้อมูลการเข้า-ออกของรถยนต์ภายในโรงงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผังของระบบการทำงานระหว่างคอมพิวเตอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังภาพ



ภาพที่ 1 แสดงภาพรวมของระบบ

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาระบบบริหารการจัดการที่จอดรถได้นำหลักการวงจรการพัฒนาระบบ SDLC (System Development Life Cycle) [3] มาใช้ในการพัฒนาระบบซึ่งเป็นกระบวนการทางความคิด (logical process) พัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อแก้ปัญหาทางธุรกิจและตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ ดังนี้

1. การกำหนดปัญหา (Problem definition)

ขั้นตอนแรกของการวิจัย คือกำหนดขอบเขตของปัญหา ศึกษาความเป็นไปได้ของระบบ โดยกำหนดขอบเขตของโรงงานในพื้นที่เขตอุตสาหกรรมนวนคร ปทุมธานี ซึ่งมีโรงงานตั้งอยู่หลายแห่ง ในแต่ละโรงงานมีการใช้ระบบการบันทึกเวลารถยนต์เข้า-ออกโรงงานที่แตกต่างกันไป เช่น บันทึกเวลาโดยจดใส่กระดาษหรือเครื่องแสตมป์เวลา ซึ่งทำให้ยากแก่ตรวจสอบข้อมูลย้อนหลัง รวมไปถึงการสรุปและวิเคราะห์ข้อมูลก็เป็นไปได้ยากอีกด้วย

2. การวิเคราะห์ระบบ (Analysis)

เมื่อศึกษาข้อมูลและเก็บรวบรวมข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปก็จะเป็นขั้นตอนของการวิเคราะห์ระบบ เพื่อให้ได้ระบบใหม่ที่มีความสะดวกสบายและง่ายต่อการใช้งาน โดยวิจัยได้นำเสนอการจัดเก็บข้อมูลโดยใช้เทคโนโลยีเข้ามาเกี่ยวข้อง เพื่อความเป็นระเบียบและง่ายต่อการค้นหาข้อมูล ประหยัดเวลาและทรัพยากร และยังทำให้การจัดเก็บข้อมูลมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยการวิเคราะห์ขั้นตอนการดำเนินงานจะแสดงภาพรวมของระบบงาน (Data Flow Diagram : DFD) ไว้ดังภาพที่ 2

โดยระบบบริหารการจัดการที่จอดรถได้แบ่งส่วนผู้ใช้งานระบบเป็น 4 ส่วน คือ ผู้ดูแลระบบ (Admin) พนักงานแผนกการบุคคล (Super User) เจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัย (User) และพนักงานทั่วไป (Guest) จากการวิเคราะห์ระบบบริหารการจัดการที่จอดรถ สามารถอธิบายถึงผู้ที่เกี่ยวข้องกับระบบงาน ข้อมูลนำเข้า และข้อมูลนำออก ดังนี้

1.) พนักงานทั่วไป พนักงานทั่วไปจะสามารถใช้งานระบบได้ 2 ส่วนคือ

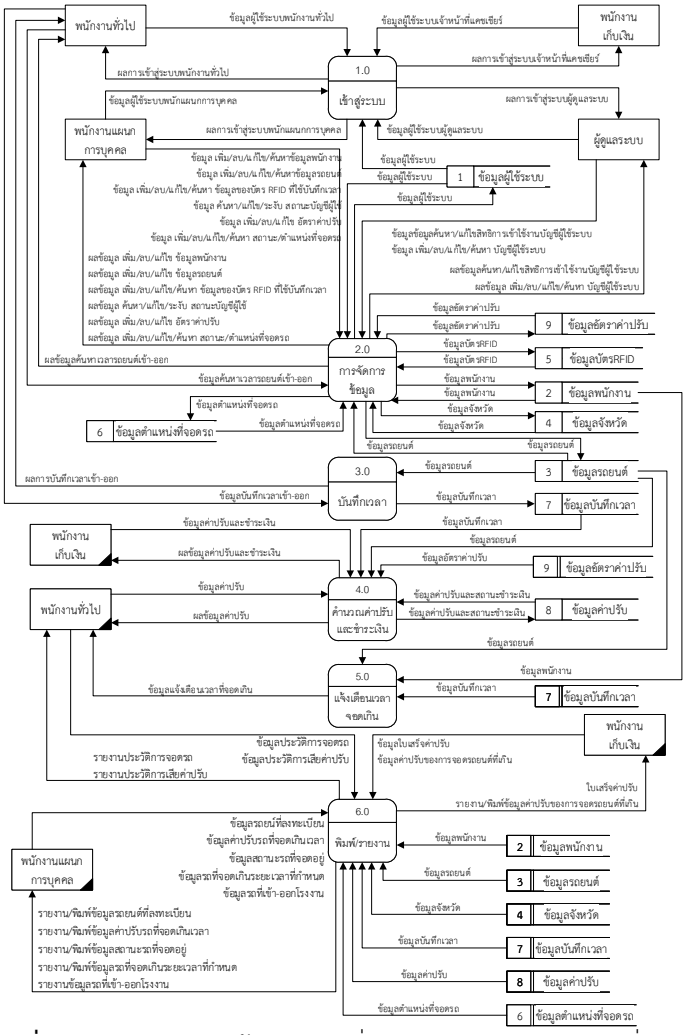
1.1 การบันทึกเวลารถเข้า-ออก ในกระบวนการนี้พนักงานทั่วไปจะสามารถบันทึกเวลาการนำรถเข้าออกลานจอดรถได้ด้วยตนเอง กล่าวคือ เมื่อต้องการเข้าจอดรถในลานจอดรถ ก็สามารถใช้บัตรบันทึกเวลาอาร์เอฟไอดีของตนทาบที่เครื่องบันทึกเวลาฝั่งทางเข้าลานจอดรถ ระบบก็จะทำการบันทึกเวลาการเข้าลานจอดรถ และเมื่อต้องการออกจากลานจอดรถ ก็ให้ทำการบันทึกเวลาออก โดยการใช้บัตรบันทึกเวลาอาร์เอฟไอดีของตนทาบที่เครื่องบันทึกเวลาฝั่งทางออกลานจอด ระบบก็จะทำการบันทึกเวลาออก

1.2 ในกระบวนการนี้พนักงานทั่วไปจะยังไม่สามารถเข้าใช้งานระบบได้ ต้องทำการกรอกชื่อผู้ใช้และรหัสผ่าน เพื่อทำการเข้าสู่ระบบ และเมื่อทำการเข้าสู่ระบบเสร็จเรียบร้อยแล้ว พนักงานทั่วไปก็จะสามารถเรียกดูข้อมูลได้ดังนี้ ข้อมูลเวลาเข้า-ออกลานจอดรถ ข้อมูลเวลาที่จะต้องนำรถออก ข้อมูลรายงานประวัติการจอดรถยนต์ ข้อมูลรายงานประวัติการเสียค่าปรับของตนได้

2.) ผู้ดูแลระบบ ในกระบวนการนี้ผู้ดูแลระบบจะยังไม่สามารถเข้าใช้งานระบบได้ ต้องทำการกรอกชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านเพื่อทำการเข้าสู่ระบบ และเมื่อทำการเข้าสู่ระบบเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้ดูแลระบบก็จะสามารถใช้งานระบบได้ดังนี้ เพิ่ม/ลบ/แก้ไขข้อมูลบัญชีผู้ใช้งานระบบ และกำหนดสิทธิการเข้าถึงของผู้ใช้ระบบได้

3.) พนักงานแผนกการบุคคล ในกระบวนการนี้พนักงานแผนกการบุคคลจะยังไม่สามารถเข้าใช้งานระบบได้ ต้องทำการกรอกชื่อผู้ใช้และรหัสผ่าน เพื่อทำการเข้าสู่ระบบ และเมื่อทำการเข้าสู่ระบบเสร็จเรียบร้อยแล้ว พนักงานแผนกการบุคคลก็จะสามารถเรียกดูข้อมูล หรือสามารถทำการเพิ่ม ลบ แก้ไข้ ค้นหาข้อมูลต่าง ๆ ได้ดังนี้ เพิ่ม/ลบ/แก้ไข ค้นหาข้อมูลพนักงานที่ลงทะเบียน เพิ่ม/ลบ/แก้ไข ค้นหาข้อมูลของรถยนต์ที่ลงทะเบียน เพิ่ม/ลบ/แก้ไข ค้นหาข้อมูลของบัตร RFID ที่ใช้ในการบันทึกเวลาข้อมูลรถยนต์ที่ลงทะเบียน เปลี่ยนสถานะระงับการใช้งานของรหัสผู้ใช้งาน กำหนด/แก้ไขอัตราค่าปรับ ข้อมูลค่าปรับรถที่จอดเกินระยะเวลา ข้อมูลรถที่จอด ข้อมูลรถที่จอดเกินระยะเวลา ข้อมูลรถที่เข้า-ออก ข้อมูลการกำหนดตำแหน่งที่จอดรถยนต์ ข้อมูลสถานะและตำแหน่งของที่จอดรถยนต์

4.) พนักงานเก็บเงิน ในกระบวนการนี้พนักงานเก็บเงินจะยังไม่สามารถเข้าใช้งานระบบได้ ต้องทำการกรอกชื่อผู้ใช้และรหัสผ่าน เพื่อทำการเข้าสู่ระบบ และเมื่อทำการเข้าสู่ระบบเสร็จเรียบร้อยแล้ว พนักงานเก็บเงินจะสามารถใช้งานระบบได้ดังนี้ คำนวณค่าปรับ ข้อมูลการชำระค่าปรับ และพิมพ์ใบเสร็จ



ภาพที่ 2 แผนภาพกระแสข้อมูลระดับที่ 1 ระบบบริหารการจัดการที่จอดรถ

จากแผนภาพกระแสข้อมูลระดับที่ 1 (Data Flow Diagram level 1) แบ่งการทำงานของระบบออกเป็น 6 กระบวนการดังนี้

กระบวนการที่ 1.0 เป็นกระบวนการเข้าสู่ระบบ ผู้ใช้ทุกสถานะจะต้องทำการกรอกชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านเพื่อทำการเข้าสู่ระบบ

กระบวนการที่ 2.0 เป็นกระบวนการจัดการข้อมูล ผู้ใช้งานระบบสามารถใช้งานระบบได้ดังนี้ พนักงานทั่วไปสามารถค้นหาข้อมูลเวลาการเข้า-ออกที่จอดรถยนต์ ผู้ดูแลระบบสามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลบัญชีผู้ใช้งานระบบ และกำหนดสิทธิการเข้าถึงของผู้ใช้ระบบได้ พนักงานแผนกการบุคคลสามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข้ ค้นหา ข้อมูลพนักงาน ข้อมูลรถยนต์ ข้อมูลของบัตร RFID ข้อมูลสถานะบัญชีผู้ใช้ ข้อมูลอัตราค่าปรับ ข้อมูลตำแหน่งที่จอดรถ

กระบวนการที่ 3.0 เป็นกระบวนการบันทึกเวลา พนักงานทั่วไปจะสามารถบันทึกเวลาได้โดยตรงโดยไม่ต้องทำการเข้าสู่ระบบก่อน ซึ่งระบบบันทึกเวลาจะบันทึกเวลาโดยบัตรบันทึกเวลา RFID

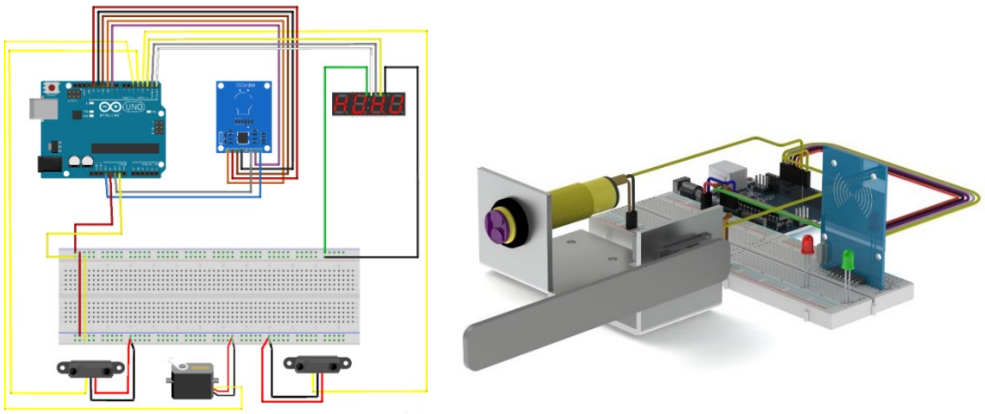
กระบวนการที่ 4.0 เป็นกระบวนการคำนวณค่าปรับและชำระเงิน ผู้ใช้งานกระบวนการนี้มีดังนี้ พนักงานเก็บเงิน คำนวณค่าปรับเพื่อรับชำระค่าปรับจากผู้ต้องชำระค่าปรับ และพนักงานทั่วไปคำนวณค่าปรับเพื่อใช้ตรวจสอบยอดค่าปรับของตน ณ ช่วงเวลานั้น ๆ

กระบวนการที่ 5.0 เป็นกระบวนการแจ้งเตือนเวลาจอดเกิน โดยระบบคำนวณเวลาเมื่อรถจอดเกินระยะเวลาที่กำหนดก็จะมีการแจ้งเตือนไปยังผู้ที่จอดรถเกินระยะเวลาที่กำหนด

กระบวนการที่ 6.0 เป็นกระบวนการพิมพ์และรายงาน ผู้ใช้งานสามารถเรียกดูรายงานและสั่งพิมพ์จากกระบวนการนี้ ผู้ใช้งานกระบวนการนี้มีดังนี้ พนักงานทั่วไปเรียกดูรายงานข้อมูลประวัติการจอดและประวัติการเสียค่าปรับ พนักงานเก็บเงินสั่งพิมพ์ใบเสร็จและรายงานข้อมูลค่าปรับของการจอดรถยนต์ที่เกินกำหนด พนักงานแผนกการบุคคลเรียกดูรายงานหรือสั่งพิมพ์ข้อมูลรถยนต์ที่ทะเบียน ข้อมูลค่าปรับรถที่จอดเกินเวลา ข้อมูลสถานะรถที่จอดอยู่ ข้อมูลรถที่จอดเกินระยะเวลาที่กำหนด ข้อมูลรถที่เข้าออกโรงงาน

3. การออกแบบระบบ (Design)

ขั้นตอนการออกแบบระบบเป็นขั้นตอนการนำสิ่งที่ผู้วิจัยได้วิเคราะห์มาออกแบบระบบงาน โดยจะอธิบายความสัมพันธ์ของการทำงานของระบบโดยใช้แผนภาพแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล (E-R Diagram) การออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface) และการออกแบบแผนภาพวงจรการควบคุม (Schematic Diagram) ซึ่งระบบนี้จะมีอุปกรณ์ในการต่อด้วยกันหลายชิ้น เช่น วงจรระบบภาครับสัญญาณ RFID Sensor ตรวจจับวัตถุ Servo ในการควบคุมไม้กระดก หลอดไฟ LED เป็นต้น ทั้งนี้ อุปกรณ์ทุกชิ้นจะต้องต่อสายสัญญาณข้อมูลเข้าที่ Microcontroller Arduino UNO R3 ส่วนภาคกระแสไฟนั้น จะมีการใช้กระแสไฟที่ต่างกันคือ วงจรระบบภาครับสัญญาณ RFID จะใช้กระแสไฟฟ้า 3.3V และ Sensor ตรวจจับวัตถุ Servo ในการควบคุมไม้กระดก หลอดไฟ LED จะใช้กระแสไฟฟ้า 5V ซึ่ง Microcontroller Arduino UNO R3 จะมีตัวแปลงกระแสไฟฟ้าที่รับจากทาง USB Port หรือ Adaptor DC 12V ให้เป็นกระแสฟ้า 3.3V และ 5V ซึ่งการต่อวงจรในสวนของระบบบันทึกเวลาด้วยบัตร FRID [4,5] จะมีรายละเอียดดังภาพ



ภาพที่ 3 แผนภาพวงจรการควบคุม

จากภาพเมื่อผู้ใช้งานนำบัตรบันทึกเวลา RFID มาทาบที่ตัวอ่านบัตร RFID (RFID READER) [4] รหัสที่อยู่ภายในบัตรก็จะถูกอ่านและส่งข้อมูลตัวเลขรหัสบัตรมายัง Microcontroller จากนั้น Microcontroller ก็จะส่งรหัสบัตรไปบันทึกผลที่ Client เพื่อทำการบันทึกข้อมูลผ่าน Internet และเมื่อระบบทำการบันทึกเวลาเสร็จแล้วก็จะส่งข้อมูลกลับไปยัง Microcontroller เพื่อให้รู้ว่าสามารถบันทึกเวลาเรียบร้อยแล้ว และเมื่อ Microcontroller รับข้อมูลมาว่าบันทึกข้อมูลเรียบร้อยแล้ว Microcontroller ก็จะทำการสั่งงานให้ Servo หมุนเปิดประตูไม้กระดกขึ้นเพื่อให้รถสามารถผ่านไปได้ และเมื่อรถผ่านประตูไม้กระดกจนผ่าน Sensor ที่ตั้งไว้หลังประตูไม้กระดก Sensor ก็จะส่งค่ากลับไปยัง Microcontroller เพื่อให้ Microcontroller สั่งงานให้ Servo หมุนปิดประตูไม้กระดกลงมา แล้วระบบก็จะกลับไปเริ่มต้นกระบวนการใหม่ตั้งแต่เริ่มบันทึกเวลาด้วยบัตร RFID ใหม่

4. การพัฒนาระบบ (Construction)

ระบบบริหารการจัดการที่จอดรถเป็นระบบการบันทึกข้อมูลรถเข้า-ออกโรงงานมาใช้งานกับระบบสารสนเทศแบบเครือข่าย โดยใช้ภาษา HTML , PHP , JAVA SCRIPT , SQL , C++ , FRAMEWORK LARAVEL , Node Js , JQuery , Ajax เข้ามาใช้ในการพัฒนาและออกแบบระบบ [6] อีกทั้งยังได้นำ Microcontroller มาใช้พัฒนาระบบการบันทึกเวลาด้วย

5. การทดสอบระบบ (Testing)

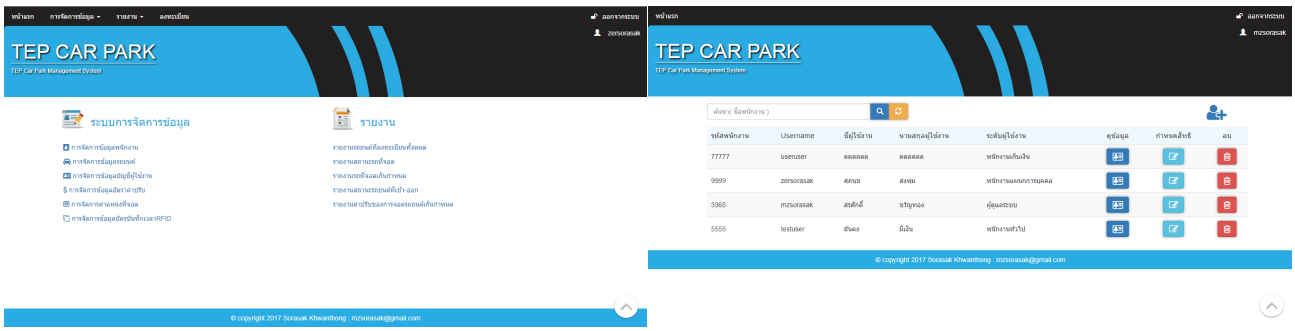
ผู้วิจัยได้ทำการวางแผนในการทดสอบระบบบริหารการจัดการที่จอดรถเพื่อหาจุดบกพร่อง โดยได้ออกแบบสอบถามความพึงพอใจของระบบ จากการประเมินระบบโดยแบบสอบถามจากการสุ่มผู้ใช้งานในบริษัทผลิตภัณฑ์วิศวไทยจำนวน 20 คน โดยการตอบแบบสอบถามจำแนกตามกลุ่มระดับสิทธิ์การเข้าใช้งาน 4 กลุ่ม คือ ผู้ดูแลระบบ พนักงานแผนกการบุคคล พนักงานเก็บเงิน และพนักงานทั่วไป โดยมีประเด็นการประเมิน 2 ด้าน คือ ด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ของระบบ และด้านการออกแบบและความสะดวกในการใช้งาน ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ในการประเมินไว้ดังตารางที่ 1 ดังนี้

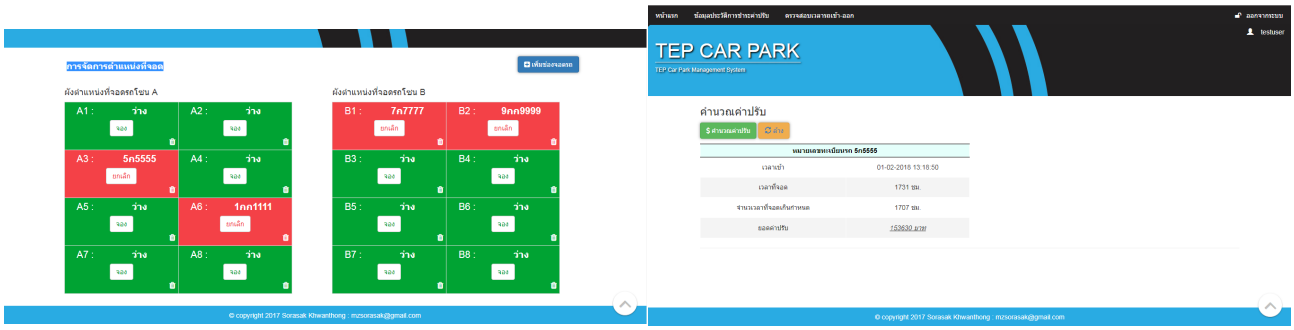
ตารางที่ 1 : เกณฑ์การให้คะแนนของการสรุปผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบ

ระดับเกณฑ์	ความหมาย
5.00 - 4.51	ความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบอยู่ในระดับดีมาก
4.50 - 3.51	ความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบอยู่ในระดับดี
3.50 - 2.51	ความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบอยู่ในระดับพอใช้
2.50 - 1.51	ความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบอยู่ในระดับควรปรับปรุง
1.50 - 1.00	ความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบอยู่ในระดับใช้ไม่ได้

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

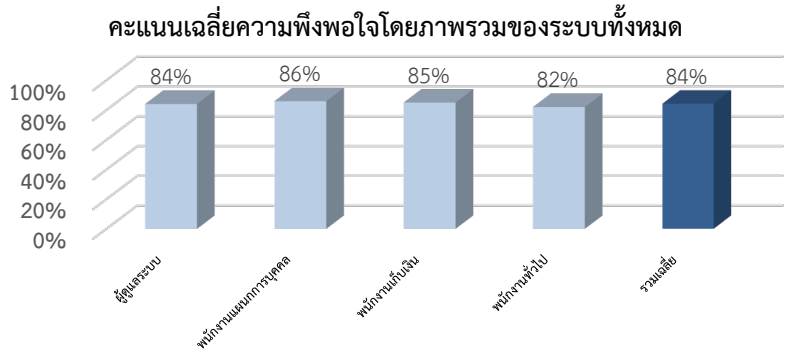
จากการวิเคราะห์ผลการดำเนินการพัฒนาระบบบริหารการจัดการที่จอดรถ ผู้วิจัยสามารถสร้างระบบต้นแบบที่พัฒนามาจากระบบเดิมที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันให้สามารถใช้งานระบบบริหารการจัดการที่จอดบนระบบสารสนเทศแบบเครือข่าย (Online) อีกทั้งยังสามารถตรวจสอบปริมาณรถยนต์ที่จอดอยู่ในโรงงานในแต่ละวันได้ ทั้งนี้ระบบบริหารการจัดการที่จอดรถสามารถใช้งานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ดังที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ โดยมีผู้เชี่ยวชาญด้านระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและผู้ใช้งานที่เกี่ยวข้องของบริษัทผลิตภัณฑ์วิศวไทยเป็นผู้ตรวจสอบความถูกต้องของระบบ ดังแสดงหน้าจอส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User interface) ของระบบในภาพที่ 4





ภาพที่ 4 ตัวอย่างภาพส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ของระบบ (User interface)

ผลความพึงพอใจหลังจากทดลองใช้งานระบบพบว่าระบบบริหารการจัดการที่จอดรถมีภาพรวมระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับดี โดยแบ่งเป็นการประเมินความพึงพอใจด้านประสิทธิภาพและประโยชน์ของระบบ ได้ผลระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับดี (4.25 คะแนน) หัวข้อประเมินที่ได้ระดับคะแนนความพึงพอใจเต็ม 5 คะแนนในด้านนี้ ได้แก่ การจัดการรักษาความปลอดภัยและกำหนดสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูล ความรวดเร็วในการตอบสนองของระบบ การอำนวยความสะดวกในการจัดทำรายผลการดำเนินการต่าง ๆ สำหรับการประเมินความพึงพอใจด้านการออกแบบและความสะดวกในการใช้งาน ได้ผลระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับดี (4.00 คะแนน) หัวข้อประเมินที่ได้ระดับคะแนนความพึงพอใจเต็ม 5 คะแนนในด้านนี้ ได้แก่ การจัดวางและรูปแบบตัวอักษรอ่านได้ง่ายและสวยงาม จากภาพที่ 5 เมื่อสรุปผลการประเมินความพึงพอใจโดยภาพรวมของระบบทั้งหมด คะแนนตอบแบบสอบถามทั้ง 20 คน โดยนำผลคะแนนจากการประเมินทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ยและคำนวณเป็นร้อยละเพื่อหาผลการประเมินระบบทั้งหมด ซึ่งมีคะแนนภาพรวมดังนี้



ภาพที่ 5 แผนภูมิคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจโดยภาพรวมของระบบทั้งหมด

สรุปผล

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบและพัฒนาระบบการทำงานของระบบบริหารการจัดการที่จอดรถภายในโรงงานในพื้นที่เขตอุตสาหกรรมนวนคร จังหวัดปทุมธานี โดยนำระบบบริหารการจัดการที่จอดรถมาใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมในนิคมอุตสาหกรรมสรุปผลได้ว่า ระบบระบบบริหารการจัดการที่จอดรถช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่พนักงานที่ใช้งานระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ กล่าวคือ มีความสะดวกในการบันทึกเวลาด้วยบัตร RFID ระบบมีความถูกต้องแม่นยำในการจัดเก็บข้อมูล สามารถเข้าใช้งานระบบได้จากคอมพิวเตอร์ได้หลายเครื่องที่มีเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และระบบยังสามารถคัดกรองรถยนต์จากบุคคลภายนอก หรือรถที่ยังไม่ได้ทำการลงทะเบียนโดยจะไม่สามารถเข้ามาในเขตโรงงานได้เนื่องจากมีไม้กระดกคอยปิดกั้นไว้ รวมไปถึงการจัดทำเอกสารรายงานต่าง ๆ อีกด้วย สำหรับผลการประเมินความพึงพอใจจากทุกกลุ่มผู้ใช้ระบบโดยภาพรวมพบว่า ผู้ใช้มีความพึงพอใจอยู่ในระดับดีในทุกมิติของการประเมิน

เอกสารอ้างอิง

1. กิตติภูมิ กิตติวังชัย. การศึกษามาตรการจัดการที่จอดรถในย่านศูนย์กลางการพาณิชย์ : กรณีศึกษาศูนย์การค้าสยามสแควร์. วิทยานิพนธ์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร. 2549.
2. Ewing, Reid. Traffic calming. State of the Practice. No. FHWA-RD-99-135. 1999.
3. โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ (ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม). กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น. 2555.
4. สถาบันรหัสสากล สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. เทคโนโลยีสมัยใหม่ EPC/RFID แห่งยุคไร้สัมผัส. มปท. 2549.
5. เอกชัย มะการ. เรียนรู้ เข้าใจ ใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล AVR ด้วย Arduino. กรุงเทพฯ : อีทีที. 2552.
6. โค้ชเอก. Laravel 5 Summarize for Web Developer (e-Book). โค้ชเอก เอกนรินทร์ คำคูณ. 2559.

[IT-P35] การพัฒนาระบบตรวจสอบข้อมูลกล่องจีพีเอส
The Development of GPS Box Data Verification System

นิรชา ด้วงสำรวย*, นฤดี บูรณะจรรยากุล, และณัฐพร นันทจิระพงศ์
Niracha Daungsamruay[1*] ,Naruedee Buranajanyakul, and Nathaphorn Nanthajiranpong
สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล:* tunyhong.smile@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบตรวจสอบข้อมูลกล่องจีพีเอส ในรูปแบบโปรแกรมประยุกต์สำหรับสมาร์ทโฟน ในลักษณะที่เรียกว่า “โปรแกรมประยุกต์ลูกผสม” ซึ่งรองรับการใช้งานบนระบบปฏิบัติการสำหรับสมาร์ทโฟนที่นิยมในปัจจุบัน สามารถนำมาใช้ในการตรวจสอบประสิทธิภาพของการใช้งานกล่องจีพีเอส ผู้ใช้สามารถสืบค้นและตรวจสอบสถานะของกล่องจีพีเอส ข้อมูลการใช้เครื่องบริการของกล่องจีพีเอส และข้อมูลปัจจุบันของที่ตั้งรถ ระบบนี้ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อทดแทนระบบปัจจุบันที่อยู่ในรูปแบบเว็บไซต์ที่ผู้ใช้จำเป็นต้องอาศัยประสบการณ์และความรู้ทางด้านคำศัพท์เชิงเทคนิคในการใช้งาน ระบบตรวจสอบข้อมูลกล่องจีพีเอสพัฒนาขึ้นโดยใช้กรอบการทำงาน Ionic ใช้ Angular ในการพัฒนาส่วนต่อประสานผู้ใช้ และจัดการฐานข้อมูลโดยใช้ MySQL เมื่อนำระบบไปติดตั้งเพื่อทดสอบใช้งานจริง พบว่าระบบสามารถแก้ไขปัญหาการทำงานของผู้ใช้ กล่าวคือ ผู้ใช้เข้าใจข้อมูลที่ปรากฏในโปรแกรมประยุกต์สำหรับสมาร์ทโฟนโดยไม่ต้องทำความเข้าใจคำศัพท์ทางเทคนิคและทำงานสะดวกรวดเร็วมากยิ่งขึ้น จากการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งาน พบว่า อยู่ในระดับดี ระบบใช้งานง่าย ทำงานได้สะดวก และยังช่วยสนับสนุนการทำงานขององค์กรได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: *จีพีเอส, ระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก, โปรแกรมประยุกต์สำหรับสมาร์ทโฟน, โปรแกรมประยุกต์ลูกผสม*

Abstract

This research is about the development of the GPS box data verification system in a mobile application which is known as "Hybrid Application”. This application is support for today both the popular operating system. It can be used for verity the efficiency of GPS box. Users can search and verify the status of GPS box (1), GPS box data usage on the server and current location of vehicles. This system is built to replace the current system which is a web application that user must have both experience and knowledge about the technical term for using it. GPS box data verification system was developed by using an Ionic framework, Angular for User Interface and MySQL for database management. After system implementation and testing, it can solve user problems. It means users can use this application on their smartphone even though they don’t have knowledge about the technical term and they can work very fast. From user survey form, user satisfaction is at a good level, easy to use and work. Besides, it also supports organization working procedures.
Keywords: *GPS, Global Positioning System, mobile application, Hybrid application*

บทนำ

ปัจจุบัน ผู้คนส่วนใหญ่เริ่มให้ความสนใจเทคโนโลยีและมีการใช้งานสมาร์ทโฟนเป็นจำนวนมาก จึงเป็นเหตุทำให้การพัฒนาสมาร์ทโฟนนั้นเติบโตมากยิ่งขึ้นตามไปด้วยทั้งในด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ การเติบโตของเทคโนโลยีส่งผลกระทบในการสร้างเว็บไซต์และแอปพลิเคชันต่าง ๆ เนื่องจากหากพัฒนาเว็บไซต์ขึ้นมาแล้วต้องคำนึงถึงการออกแบบและพัฒนาเพื่อรองรับการทำงานบนสมาร์ทโฟนด้วย เพื่อให้ผู้ใช้งานที่ใช้งานผ่านสมาร์ทโฟนเข้าถึงเว็บไซต์หรือแอปพลิเคชันที่พัฒนาได้สะดวกยิ่งขึ้น

การใช้งานเว็บไซต์ผ่านสมาร์ทโฟนและแท็บเล็ตพีซีนั้นในบางครั้งอาจเกิดปัญหาด้านการแสดงผล เช่น ตัวอักษรทับซ้อนกันหรือใช้งานไม่สัมพันธ์กับการทำงานผ่านสมาร์ทโฟนและแท็บเล็ตพีซี ผู้ใช้ต้องเคยเข้าใช้งานเว็บไซต์มาก่อนจึงจะสามารถเข้าใจการตรวจสอบข้อมูลกล่องจีพีเอสผ่านทางเว็บไซต์ อีกทั้งการพัฒนาเว็บไซต์และทำให้เป็น Responsive website ที่ผู้ใช้งานเกิดความยุ่งยากในการใช้งานเพราะเว็บไซต์เดิมพัฒนามาเพื่อรองรับการใช้งานบนโน้ตบุ๊กคอมพิวเตอร์ ส่งผลให้ประลิทธิภาพการตรวจสอบข้อมูลกล่องจีพีเอสของผู้ใช้งานลดน้อยลง

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้เกิดแนวคิดในการพัฒนาระบบตรวจสอบข้อมูลกล่องจีพีเอส เพื่อให้การสืบค้นข้อมูลของกล่องจีพีเอส การตรวจสอบข้อมูลของกล่องจีพีเอสและข้อมูลการใช้เครื่องบริการของกล่องจีพีเอสผ่านสมาร์ทโฟนและแท็บเล็ตพีซีเป็นไปตามความเหมาะสมสำหรับการใช้งานที่อยู่ในรูปแบบโปรแกรมประยุกต์สำหรับสมาร์ทโฟน นอกจากนี้ ช่างซ่อมสามารถเข้าถึงข้อมูลปัจจุบันของกล่องจีพีเอส และตรวจสอบประสิทธิภาพการส่งข้อมูลปัจจุบันของกล่องจีพีเอสผ่านทางสมาร์ทโฟนและแท็บเล็ตพีซีได้รวดเร็วและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานมากยิ่งขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาระบบควบคุมกำหนดสิทธิ์การเข้าใช้งานโปรแกรม คณะผู้วิจัยอาศัยหลักวงจรชีวิตของการพัฒนาซอฟต์แวร์ (System Development Life Cycle) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) การกำหนดปัญหา และศึกษาความเป็นไปได้ (Problem definition and Feasibility study)

การทำงานนอกสถานที่โดยใช้โน้ตบุ๊กคอมพิวเตอร์ในการตรวจสอบข้อมูลต่าง ๆ นั้นสามารถกระทำได้แต่ต้องคอยระมัดระวังดูแล อีกทั้งขนาดของโน้ตบุ๊กคอมพิวเตอร์ที่ใหญ่เทอะทะและมีน้ำหนักมากเป็นภาระในการเดินทางของช่างซ่อมหรือผู้ที่ต้องออกไปดูงานนอกสถานที่ คณะผู้วิจัยเห็นถึงความสำคัญของปัญหานี้จึงปรับเปลี่ยนการเข้าถึงการใช้งานเว็บไซต์และโปรแกรมต่าง ๆ นอกสถานที่ จากที่ต้องใช้โน้ตบุ๊กคอมพิวเตอร์เพื่อเข้าถึงเว็บไซต์ของบริษัทฯ เพื่อตรวจสอบข้อมูลของกล่องจีพีเอส (GPS Tracker) เป็นการเข้าถึงผ่านสมาร์ทโฟนและแท็บเล็ตพีซี ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้ทำให้ต้องพัฒนาแอปพลิเคชันที่รองรับการเข้าถึงผ่านสมาร์ทโฟนและแท็บเล็ตพีซีเพื่อให้เกิดความสะดวกสบายในการเดินทางไปทำงานนอกสถานที่และลดภาระการดูแลโน้ตบุ๊กคอมพิวเตอร์

แอปพลิเคชันตรวจสอบข้อมูลกล่องจีพีเอสดังกล่าวจะต้องมีการตรวจสอบสถานะของกล่องจีพีเอส เครื่องบริการที่ใช้ในการติดตั้ง และข้อมูลปัจจุบันของที่ตั้ง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องบริการ [3] โดยอาศัย GPS tracking system [1] ซึ่งมีส่วนประกอบหลัก 2 ส่วน คือ กล่องจีพีเอส และระบบบริการที่ทำการรับข้อมูลจากกล่อง หลักการทำงานคือ กล่องจีพีเอสรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอส คำนวณพิกัดละติจูด ลองจิจูด โดยจัดเก็บข้อมูลทุก ๆ การเคลื่อนที่ จากนั้นส่งพิกัดที่คำนวณแล้วกลับไปที่เครื่องบริการผ่านเครือข่าย 3G หรือ 4G โดยเครื่องบริการบันทึกข้อมูลที่ได้รับจากกล่องจีพีเอสลงฐานข้อมูลและกำหนดจุดบนแผนที่ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปแสดงผลบนแอปพลิเคชัน ซึ่งทำให้ต้องพัฒนาแอปพลิเคชันในรูปแบบ Hybrid app ที่รองรับการเข้าถึงผ่านสมาร์ทโฟนและแท็บเล็ตพีซีในทุกระบบปฏิบัติการเพื่อให้เกิดความสะดวกสบายในการเดินทางไปทำงานนอกสถานที่และลดภาระการดูแลโน้ตบุ๊กคอมพิวเตอร์

2) การวิเคราะห์และออกแบบระบบ (System analysis and design)

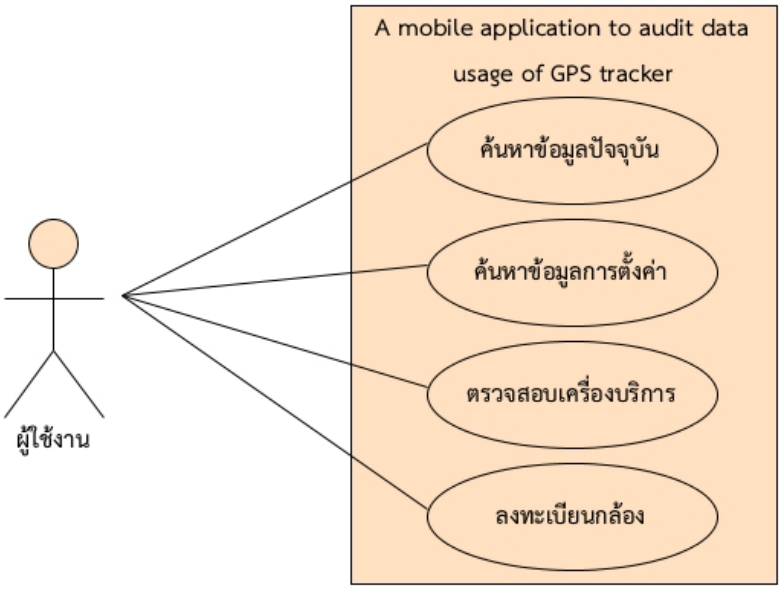
คณะผู้วิจัยได้รวบรวมความต้องการของผู้ใช้ มาวิเคราะห์และออกแบบระบบ ออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ เพื่อให้การพัฒนาระบบมีประสิทธิภาพและครอบคลุมความต้องการของผู้ใช้ โดยมีรายละเอียดดังนี้ ผู้ใช้กรอกข้อมูลลงในแอปพลิเคชัน แอปพลิเคชันจะส่งข้อมูลที่ได้จาก

ผู้ใช้ไปยัง Service ที่มีคำสั่งในการเรียกใช้ฐานข้อมูล เมื่อ Service ได้รับข้อมูลที่ถูกส่งมาจากผู้ใช้แล้ว จะทำการประมวลผลข้อมูลที่ได้รับจากฐานข้อมูลและส่งข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลดังกล่าวไปยังแอปพลิเคชันเพื่อแสดงผลต่อผู้ใช้ จากรายละเอียดการใช้งานระบบที่กล่าวมาข้างต้น สามารถแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานในรูปแบบแผนภาพการออกแบบสถาปัตยกรรมระบบ (System architecture) ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนภาพการออกแบบสถาปัตยกรรมระบบของระบบตรวจสอบข้อมูลกล่องจีพีเอส

จากภาพที่ 1 สามารถอธิบายถึงกระบวนการทำงานต่าง ๆ ของระบบตรวจสอบข้อมูลกล่องจีพีเอส เพื่อแสดงโครงสร้างความสัมพันธ์ของระบบกับผู้ใช้งานได้ในรูปแบบ Use Case Diagram ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 Use Case Diagram ของระบบตรวจสอบข้อมูลกล่องจีพีเอส

จากภาพที่ 2 แสดงกิจกรรมการทำงานของระบบที่มีต่อการทำงานของผู้ที่เกี่ยวข้องโดยแบ่ง Use Case ได้ 4 ส่วน ดังนี้

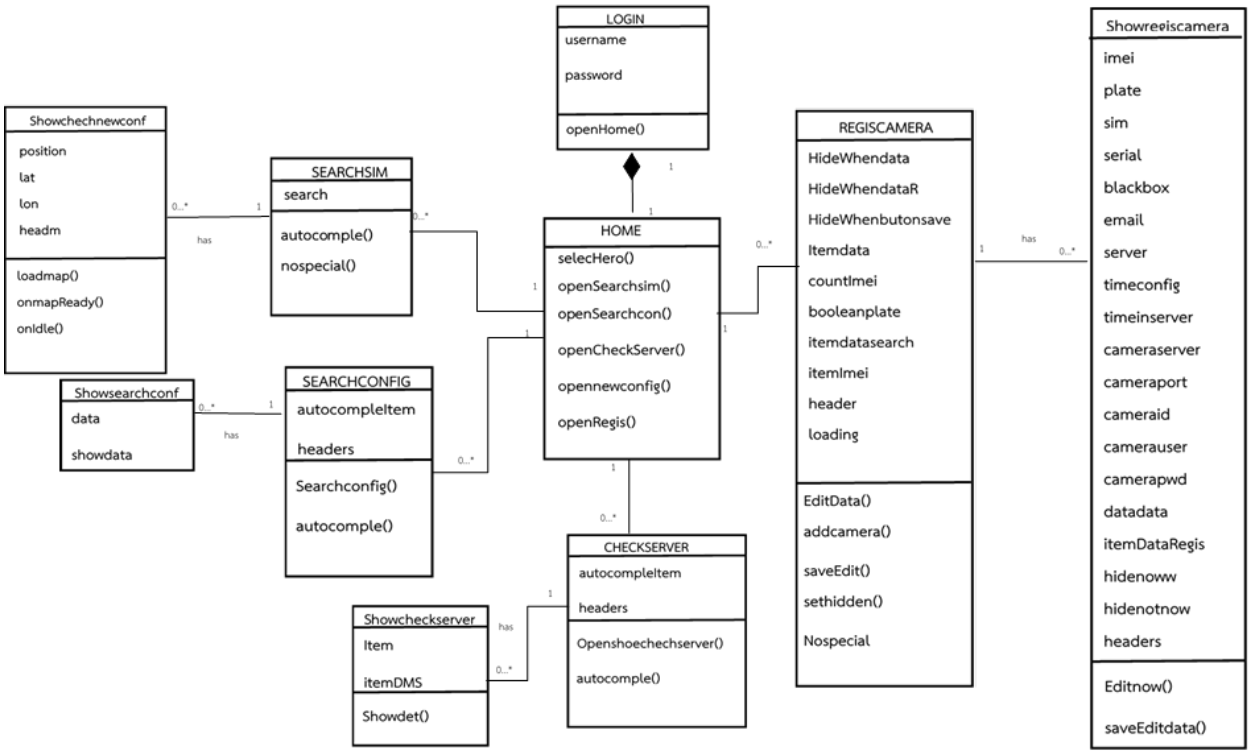
1) **ค้นหาตำแหน่งปัจจุบัน** ตรวจสอบสถานการณ์ส่งสัญญาณของกล่องจีพีเอส ตำแหน่งปัจจุบันของกล่องจีพีเอส และสถานะการส่งข้อมูลรถ

2) **ค้นหาข้อมูลการตั้งค่า** ค้นหาและแสดงข้อมูลการตั้งค่าระหว่างกล่องจีพีเอสกับเครื่องบริการ

3) **ตรวจสอบเครื่องบริการ** ค้นหาและแสดงข้อมูลของเครื่องบริการและหมายเลขการตั้งค่า

4) **ลงทะเบียนกล้อง** แสดงข้อมูลกล้อง แก้ไขและบันทึกข้อมูลกล้องใหม่

โดยส่วนของการออกแบบฐานข้อมูลของระบบตรวจสอบข้อมูลกล่องจีพีเอส นำเสนอด้วย Class Diagram แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 Class Diagram ของระบบตรวจสอบข้อมูลกล่องจีพีเอส

จากภาพที่ 3 Class Diagram ของระบบตรวจสอบข้อมูลกล่องจีพีเอส สามารถอธิบายได้ดังนี้

1) คลาส LOGIN เป็นคลาสที่เก็บข้อมูลของผู้ใช้งานโดยมีความเกี่ยวข้องกับ Entity Class 2 คลาส ได้แก่ username และ password

2) คลาส HOME เป็นคลาสที่ใช้สำหรับเรียกใช้หน้าเมนูของแอปพลิเคชัน โดยมีความเกี่ยวข้องกับคลาสอื่นๆ เช่น CHECKSERVER, REGISCAMERA, SEARCHSIM, SEARCHCONFIG และ LOGIN

3) คลาส CHECKSERVER เป็นคลาสที่ใช้ในการค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเครื่องบริการ

4) คลาส showcheckserver เป็นคลาสที่แสดงข้อมูลของเครื่องบริการ โดยมีความเกี่ยวข้องกับ Entity Class 2 คลาส ได้แก่ Item และ ItemDMS

5) คลาส REGISCAMERA เป็นคลาสที่ใช้ในการจัดการข้อมูลกล้อง โดยมีความเกี่ยวข้องกับ Entity Class 7 คลาส ได้แก่ HideWhenData, HideWhenData, HideWhenbutonsave, Itemdata, itemdatasearch, hearder และ loading

6) คลาส showregiscamera เป็นคลาสที่ใช้ในการแสดงข้อมูลกล้องที่ลงทะเบียนแล้ว

7) คลาส SEARCHSIM เป็นคลาสที่ใช้ในการค้นหาตำแหน่งปัจจุบันของกล่องจีพีเอส

8) คลาส showchecknewconfig เป็นคลาสที่แสดงตำแหน่งของกล่องจีพีเอสในรูปแบบของแผนที่

9) คลาส SEARCHCONFIG เป็นคลาสที่ใช้ในการค้นหาข้อมูลการตั้งค่าระหว่างเครื่องบริการและกล่องจีพีเอส

10) คลาส showsearchconfig เป็นคลาสที่ใช้ในการแสดงผลการค้นหาข้อมูลการตั้งค่าระหว่างเครื่องบริการและกล่องจีพีเอส

2. การพัฒนาระบบ (System construction)

คณะผู้วิจัยได้เลือกใช้ [2] Ionic framework เป็นกรอบการพัฒนาระบบ โปรแกรม MySQL เป็นระบบจัดการฐานข้อมูล ใช้ Angular สำหรับออกแบบและพัฒนาส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ ใช้ Visual studio code ในการพัฒนาระบบ โดยใช้ TypeScript

ควบคุมการทำงานของระบบ ใช้ Node JS สำหรับติดตั้งเครื่องมือที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาระบบ และใช้ Cordova เพื่อให้สามารถใช้งานในรูปแบบของเนทีฟแอปพลิเคชันได้ ซึ่งโปรแกรมดังกล่าวสามารถทำงานร่วมกันได้เป็นอย่างดี อีกทั้งรองรับการทำงานบนระบบปฏิบัติการของสมาร์ทโฟนที่นิยมในปัจจุบันอีกด้วย

3. การทดสอบและประเมินโปรแกรม (System implementation)

เพื่อทดสอบความถูกต้องของระบบก่อนนำไปใช้งานจริง และประเมินระบบเพื่อหาประสิทธิผลของการทำงาน คณะผู้วิจัยได้ทดสอบการใช้งานระบบกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อนำผลการทดสอบไปใช้เพื่อแก้ไขและปรับปรุงระบบให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยได้จัดทำแบบสอบถามความพึงพอใจการใช้งานระบบ สอบถามจากผู้ใช้งาน รวมทั้งสิ้น 5 คน แล้วจึงนำผลการประเมินมาวิเคราะห์โดยใช้หลักการสถิติโดยใช้การหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต และการวัดการกระจายของข้อมูลโดยใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการพัฒนาระบบ

ผลการพัฒนาระบบตรวจสอบข้อมูลกล่องจีพีเอส ระบบทำงานในรูปแบบของแอปพลิเคชันที่ผู้ใช้งานสามารถใช้งานผ่านทางสมาร์ทโฟนและแท็บเล็ตพีซี ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจสอบข้อมูลกล่องจีพีเอสและข้อมูลเครื่องบริการของกล่องจีพีเอส ในส่วนของการแสดงผลข้อมูลแอปพลิเคชันสามารถแสดงข้อมูลได้ถูกต้องครบถ้วนและรวดเร็ว โดยผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องรู้ศัพท์ทางด้านเทคนิคในการเข้าใช้งานแอปพลิเคชัน และสามารถทำงานในส่วนต่าง ๆ ต่อไปนี้ ได้ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 หน้าจอหลักของระบบตรวจสอบข้อมูลกล่องจีพีเอส

หน้าจอหลักของระบบตรวจสอบข้อมูลกล่องจีพีเอส แบ่งออกเป็น 5 ส่วน มีการทำงานดังนี้

1) **หน้าตรวจสอบตำแหน่งปัจจุบัน** เป็นหน้าค้นหาตำแหน่งปัจจุบัน ตำแหน่งของรถและสถานะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกล่องจีพีเอส

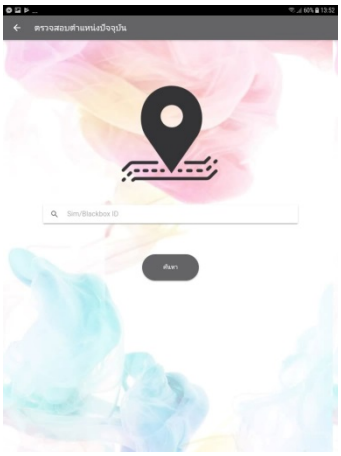
2) **หน้าค้นหาคอนฟิก** เป็นหน้าค้นหาข้อมูลการตั้งค่าของแอปพลิเคชัน โดยผู้ใช้งานสามารถกรอกข้อมูลเพื่อค้นหา

3) **หน้าตรวจสอบเซิร์ฟเวอร์** เป็นหน้าตรวจสอบข้อมูลเครื่องบริการของแอปพลิเคชัน โดยผู้ใช้งานสามารถกรอกข้อมูลเพื่อค้นหาและตรวจสอบข้อมูลเครื่องบริการ

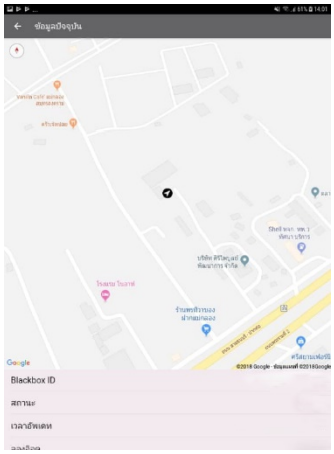
4) **หน้าลงทะเบียนกล้อง** เป็นหน้าที่ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบหมายเลขกล้อง ข้อมูลเกี่ยวกับกล้อง แก้ไขข้อมูลกล้องและสามารถเพิ่มหมายเลขกล้องและอุปกรณ์ได้

5) **ออกจากระบบ** เป็นปุ่มออกจากการใช้งานระบบ หรือยกเลิกการเข้าสู่ระบบ

ผู้ใช้งานระบบสามารถตรวจสอบตำแหน่งปัจจุบันของรถ โดยระบบจะแสดงสถานะต่าง ๆ เกี่ยวกับกล่องจีพีเอส และตำแหน่งปัจจุบันของกล่องจีพีเอสที่แสดงในรูปแบบของแผนที่ ดังภาพที่ 5 และ 6 ตามลำดับ

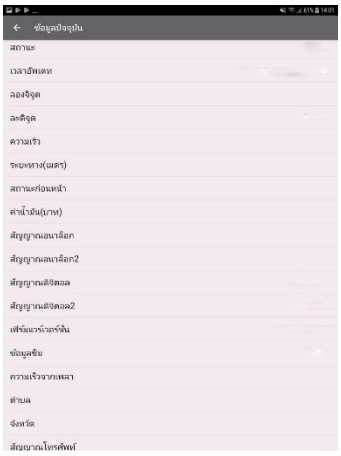


ภาพที่ 5 หน้าจอค้นหาตำแหน่งปัจจุบัน



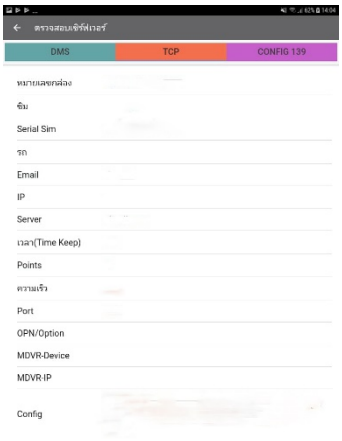
ภาพที่ 6 หน้าจอแสดงข้อมูลและตำแหน่งปัจจุบัน

ผู้ใช้งานระบบสามารถตรวจสอบข้อมูลการตั้งค่าของกล่องจีพีเอส ดังภาพที่ 7



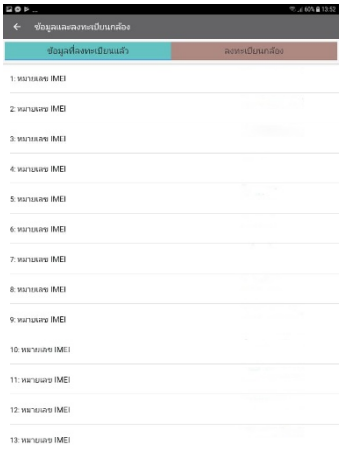
ภาพที่ 7 หน้าจอแสดงข้อมูลการตั้งค่ากล่องจีพีเอส

ผู้ใช้งานระบบสามารถตรวจสอบข้อมูลของเครื่องบริการได้ โดยระบบจะแสดงผลการค้นหาจากหน้าตรวจสอบเครื่องบริการ ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 หน้าจอแสดงข้อมูลเครื่องบริการ

ผู้ใช้งานระบบสามารถตรวจสอบหมายเลขกล้อง ข้อมูลเกี่ยวกับกล้อง แก้ไขข้อมูลกล้อง และสามารถเพิ่มหมายเลขกล้องและอุปกรณ์ได้ ดังภาพที่ 9



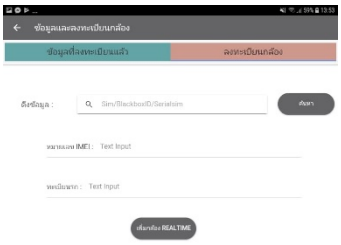
ภาพที่ 9 หน้าจอหน้าลงทะเบียนกล้อง

ผู้ใช้งานระบบสามารถตรวจสอบข้อมูลการลงทะเบียนกล้อง และสามารถแก้ไขข้อมูลการลงทะเบียนกล้องโดยกดปุ่ม Edit ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 หน้าจอแสดงข้อมูลการลงทะเบียนกล้อง

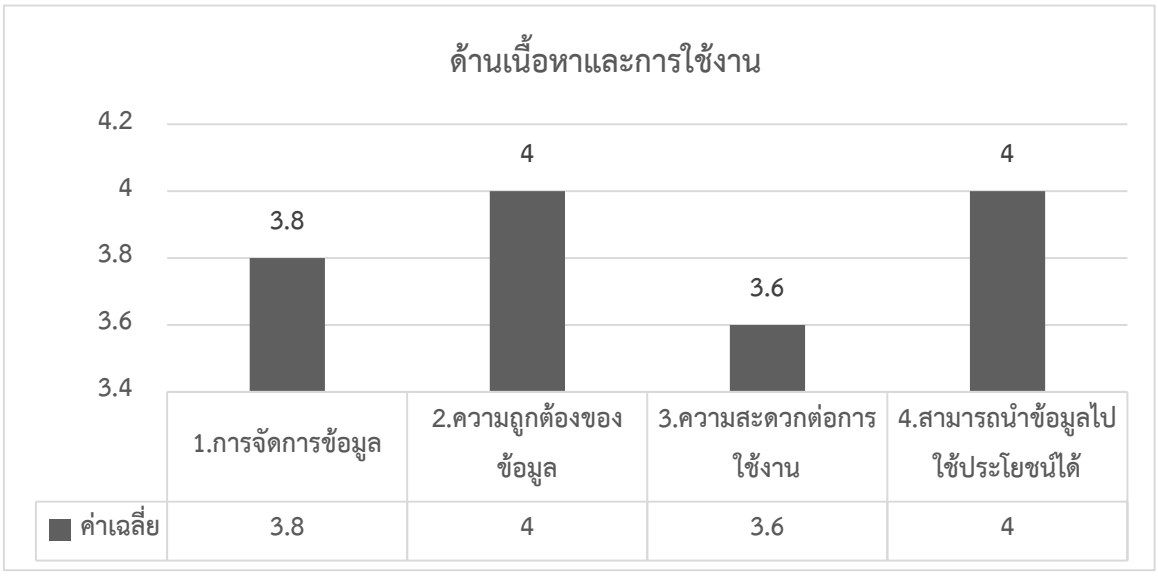
ผู้ใช้งานระบบสามารถเพิ่มการลงทะเบียนกล้องได้ โดยกรอกข้อมูลในการค้นหาข้อมูลการตั้งค่าของกล้องที่มีอยู่ในฐานข้อมูลเพื่อสะดวกต่อการกรอกข้อมูลการลงทะเบียนกล้อง ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 หน้าจอเพิ่มการลงทะเบียนกล้อง

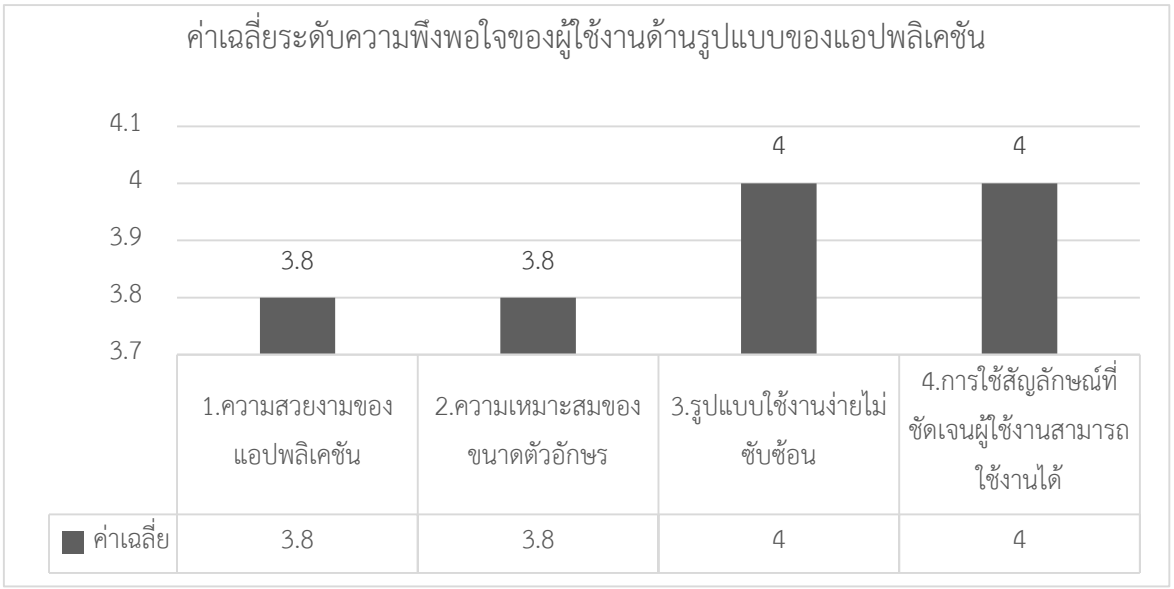
2. ผลการประเมินความพึงพอใจต่อระบบ

การประเมินระบบพิจารณาจากความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้แบบประเมินประสิทธิภาพของระบบ กำหนดเกณฑ์ประกอบด้วยมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) เชิงคุณภาพ 5 ระดับ คิดเป็นค่าเฉลี่ยความพึงพอใจด้านเนื้อหาและการใช้งาน 3.85 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดี สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังภาพที่ 12



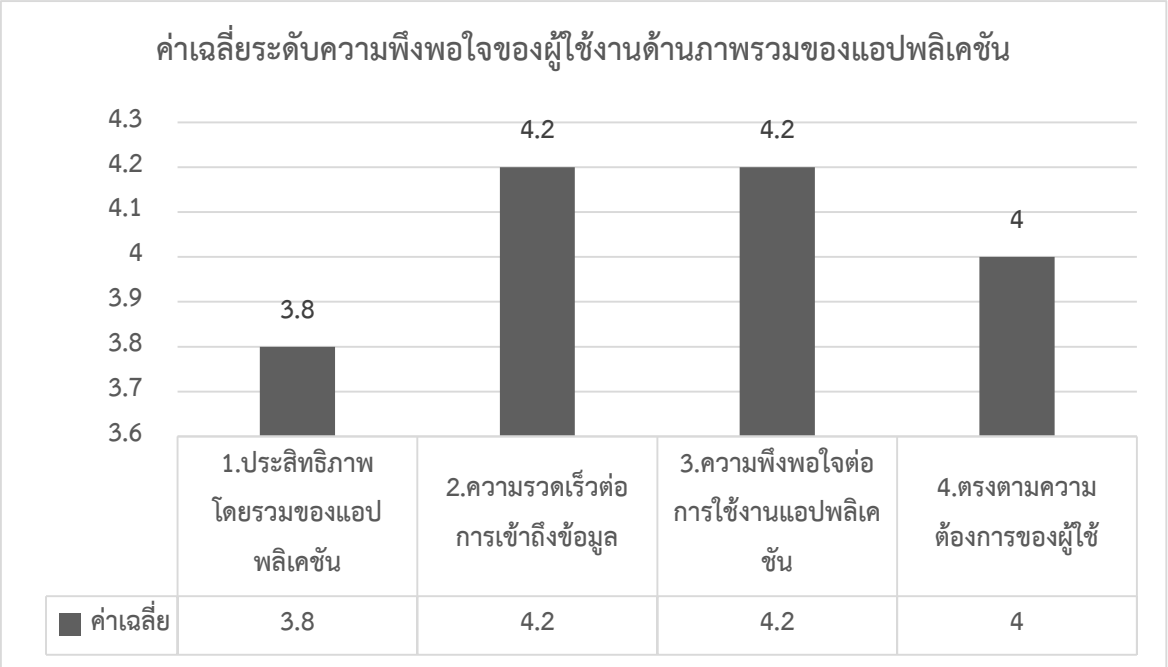
ภาพที่ 12 ผลการประเมินความพึงพอใจด้านเนื้อหาและการใช้งาน

ผลการประเมินความพึงพอใจด้านรูปแบบของแอปพลิเคชันอยู่ในระดับดี คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.9 สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 ผลการประเมินความพึงพอใจด้านรูปแบบของแอปพลิเคชัน

ผลการประเมินความพึงพอใจด้านภาพรวมของแอปพลิเคชันอยู่ในระดับดี คิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.05 สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 ผลการประเมินความพึงพอใจด้านภาพรวมของแอปพลิเคชัน

ผลจากการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อตรวจสอบข้อมูลกล่องจีพีเอสผ่านระเบียบวิธีการทางสถิติเพื่อทำการหาค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมดพบว่า ค่าเฉลี่ยที่ได้เท่ากับ 3.93 ในค่าสเกล 5 ระดับ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.57 แสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีความพึงพอใจของผู้ใช้โดยรวมอยู่ในระดับดี ส่วนข้อเสนอแนะที่ได้สามารถสรุปได้คือ ควรเพิ่มส่วนช่วยค้นหา (Auto complete) เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถสืบค้นหมายเลขที่ต้องการได้มากยิ่งขึ้น

สรุป

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบตรวจสอบข้อมูลกล่องจีพีเอส สามารถนำไปใช้งานได้จริงผ่านสมาร์ทโฟนและแท็บเล็ตพีซี ได้เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของช่างผู้ทำงานนอกสถานที่ สามารถตรวจสอบข้อมูลได้รวดเร็วและง่ายต่อการใช้งาน โดยระบบสามารถทำงานทดแทนการทำงานของระบบเดิมที่ทำงานผ่านเว็บไซต์ได้ ผู้ใช้งานสามารถสืบค้นข้อมูลกล่องจีพีเอส ตรวจสอบข้อมูลกล่องจีพีเอส ลงทะเบียนกล้องและแก้ไขข้อมูลการลงทะเบียนกล้อง โดยข้อมูลทั้งหมดสามารถจัดเก็บลงฐานข้อมูลได้จริง และแสดงข้อมูลในการทำงานได้ถูกต้องครบถ้วน

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณอย่างสูงต่อบริษัท ดี.ที.ซี. เอ็นเตอร์ไพรส์ จำกัด ที่สนับสนุนและเอื้อเฟื้อสถานที่ในการปฏิบัติงาน และขอขอบคุณ นายอดิธัช ติรสุวรรณวาสี ที่ให้คำแนะนำและเป็นที่ปรึกษาดูแลตลอดการปฏิบัติงาน

เอกสารอ้างอิง

1. ชัยพร เขมะภาตะพันธ์. ระบบติดตามตรวจสอบตำแหน่งและเส้นทางรถยนต์ด้วยดาวเทียม. [อินเทอร์เน็ต]. 2555. [เข้าถึงเมื่อ 14 พฤศจิกายน 2561]. เข้าถึงได้จาก: http://libdoc.dpu.ac.th/research/146491.pdf

2. ภาณุพงศ์ ศุภะรัชฎเดช. Ionic Framework คืออะไร [อินเทอร์เน็ต]. 2557. [เข้าถึงเมื่อ 7 ธันวาคม 2561]. เข้าถึงได้จาก: https://www.imwritingrich.com/what-is-ionic-framework/
3. มหาวิทยาลัยนเรศวร.ประเภทของ GPS. [อินเทอร์เน็ต]. (ม.ป.ป.). [เข้าถึงเมื่อ 8 ธันวาคม 2561]. เข้าถึงได้จาก: https://sites.google.com/a/email.nu.ac.th/life-privacy-gps/prapheth-khxng-gps
4. สุทธิพงศ์ สุวรรณเดชากุล. การพัฒนาแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนสำหรับสนับสนุนการปฏิบัติงานของช่างไฟฟ้า การประปาส่วนภูมิภาค เขต 5. [อินเทอร์เน็ต]. 2559. [เข้าถึงเมื่อ 7 ธันวาคม 2561]. เข้าถึงได้จาก: http://kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2016/11024/1/5810121009%20
5. สำนักงานราชบัญฑิตยสภา. ศัพท์บัญญัติวิชาการ. [อินเทอร์เน็ต]. 2558. [เข้าถึงเมื่อ 12 ธันวาคม 2561]. เข้าถึงได้จาก: http://rirs3.royin.go.th/coinages/webcoinage.php
6. อภิศักดิ์ เกตุขาว. การพัฒนาแอนดรอยด์แอปพลิเคชันตรวจสอบค่าโดยสารแท็กซี่มิเตอร์และเส้นทางบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์. [อินเทอร์เน็ต]. 2558. [เข้าถึงเมื่อ 14 พฤศจิกายน 2561]. เข้าถึงได้จาก: http://apheit.bu.ac.th/jounal/science-Vol4No2JulyDec2015/07_formatted.pdf
7. อรพิมพ์ มงคลเคหา. Global Positioning System (GPS) สู่โลกกว้างนวัตกรรมในยุค IT. [อินเทอร์เน็ต]. 2550. [เข้าถึงเมื่อ 9 ธันวาคม 2561]. เข้าถึงได้จาก: http://sci.bsru.ac.th/sciweb/ emagazine/72/chapter2.pdf?fbclid=IwAR3b8YAZhXPgylMsTjHAnQbe_iG0N1JLvrG81RtNegCB-tPSnUUB-K-JtA
8. Matt Raible.Build an Ionic App with User Authentication. [อินเทอร์เน็ต]. 2557. [เข้าถึงเมื่อ 10 ธันวาคม 2561]. เข้าถึงได้จาก: https://scotch.io/tutorials/build-an-ionic-app-with-user-authenticatio

[IT-P36] การออกแบบระบบการจองบ้านพักฟาร์มสเตย์

The Design of Farm Stay House Booking System

สุริยวัฒน์ สุดลาภา* และ สุนี ปัญจะเทวคุปต์
Suriyawat soodlapa* and Sunee Punjataewakupt
หลักสูตรวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลอลงกรณ์ ในพระบรมราชูถัมป์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: suriyawatsudlapa@gmail.com, sunee@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบระบบการจองบ้านพักฟาร์มสเตย์ กรณีศึกษาโครงการฟาร์มสเตย์ชุมชนธรรมเกษตร เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาระบบการจองบ้านพักฟาร์มสเตย์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นและตอบสนองความพึงพอใจของผู้ใช้ โดยลูกค้าสามารถตรวจสอบข้อมูลรายละเอียดของบ้านพักฟาร์มสเตย์และจองได้สะดวกมากยิ่งขึ้น เจ้าของบ้านพักสามารถตรวจสอบข้อมูลของลูกค้าและข้อมูลการจองบ้านพักฟาร์มสเตย์ของลูกค้าได้ ซึ่งการออกแบบระบบได้นำหลักการแบบ SDLC (System Development Life Cycle) มาใช้ในการออกแบบระบบ เมื่อระบบถูกออกแบบอย่างสมบูรณ์แล้วได้มีการให้ผู้เกี่ยวข้องประเมินความพึงพอใจในการออกแบบระบบจำนวน 20 คน พบว่ามีความพึงพอใจในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.64 ซึ่งการออกแบบระบบจะช่วยให้การพัฒนาระบบในอนาคตสามารถจัดการได้อย่างสะดวกและมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: *ระบบการจองบ้านพักม การออกแบบระบบงานการจองบ้านพักฟาร์มสเตย์*

Abstract

The objective of this research project is to design for a farm stay House Booking System. Case study of the project farm stay of Dharmakaset community. this design will be used for further development of farm stay house booking system which will be more efficient and meet the satisfaction of user customer can check the detail of farm stay and reserve more conveniently. Farm stay owner checks the detail of customers and their reservation. Reseacher use SDLC (System Development Life Cycle) to design System and ask all shareholders to evaluate system design and found that the level of satisfaction if the good (meen= 4.00 S.D.=0.64). this system design will help system development more efficiently in the future.

Keywords: House reservation system Development of reservation systems for farm stay houses

บทนำ

ฟาร์มสเตย์ คือ ที่พักที่มีไว้เพื่อใช้ในการรองรับนักท่องเที่ยว โดยชุมชนเป็นผู้จัดการนำที่พักของชาวบ้านในชุมชนมาจัดการเป็นบ้านพักให้แก่ผู้มาเยือนด้วยความยินยอมและเต็มใจของเจ้าของบ้าน ซึ่งบ้านพักที่ให้บริการต้องมีห้องพักหรือพื้นที่และสิ่งอำนวยความสะดวกที่สามารถรองรับและให้บริการแก่ผู้มาเยือนได้ การพักร่วมกับชาวบ้านก่อให้เกิดกระบวนการเรียนรู้และแลกเปลี่ยนประสบการณ์ (learning process) ร่วมกันระหว่างชุมชนกับนักท่องเที่ยว เป็นการสร้างความรู้ความเข้าใจ ได้รับความประทับใจ และความพึงพอใจในวิถีชีวิตชุมชน ซึ่งก่อให้เกิดทัศนคติที่ดีต่อชุมชนและแหล่งท่องเที่ยวในชุมชน ซึ่งปัจจุบันที่พักฟาร์มสเตย์ได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นในหมู่นักท่องเที่ยว

ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะทำการออกแบบระบบการจองบ้านพักฟาร์มสเตย์ จัดทำขึ้นเพื่อจัดทำเพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบการจองบ้านพักฟาร์มสเตย์ เพื่อนำมาใช้งานด้านการจัดการ การจองบ้านพักให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นและเพื่อตอบสนองความพึงพอใจของผู้ใช้ โดยลูกค้าสามารถตรวจสอบข้อมูลรายละเอียดของบ้านพักฟาร์มสเตย์และจองได้สะดวกมากยิ่งขึ้น เจ้าของบ้านพักสามารถตรวจสอบข้อมูลของลูกค้าและข้อมูลการจองบ้านพักฟาร์มสเตย์ของลูกค้าได้ ซึ่งระบบที่พัฒนาขึ้นนั้นทำงานในลักษณะโปรแกรมประยุกต์ เพื่อตอบสนองความต้องการของชุมชน โดยเลือกศึกษาจากแนวการจัดการโครงการฟาร์มสเตย์ชุมชนธรรมเกษตรที่ระบบเป็นของชุมชนเองไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการโปรโมทและทำให้ชุมชนมีรายได้เพิ่มมากขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการออกแบบระบบการจองบ้านพักฟาร์มสเตย์ กรณีศึกษา ฟาร์มสเตย์ชุมชนธรรมเกษตร นั้น ผู้วิจัยได้ยึดวิธีการในการออกแบบพัฒนาระบบแบบ SDLC (System Development Life Cycle) มาใช้ในการออกแบบระบบ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. วิเคราะห์ปัญหาและความต้องการ

จากการสอบถามข้อมูลจากผู้ประกอบการฟาร์มสเตย์ชุมชนธรรมเกษตร พบว่าในการจัดการข้อมูลของลูกค้า ข้อมูลการเข้าพัก-ออกพัก และข้อมูลการโอนเงินเพื่อมัดจำ นั้นไม่มีการบันทึกข้อมูลลงเอกสาร ไม่สามารถดูย้อนหลังได้ ทำให้เกิดปัญหาในการที่จะตรวจสอบข้อมูลต่าง ๆได้ ผู้จัดทำจึงได้ทำการออกแบบเพื่อพัฒนาระบบการจองบ้านพักฟาร์มสเตย์ชุมชนธรรมเกษตรขึ้น

2. ค้นคว้า ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาระบบการจองฟาร์มสเตย์ต่าง ๆ ที่มีการทำเว็บแอปพลิเคชันขึ้นเพื่อที่จะทราบถึงความสามารถของ เว็บแอปพลิเคชันที่มีอยู่ในปัจจุบัน เพื่อเตรียมความพร้อมในการพัฒนาระบบต่อไป

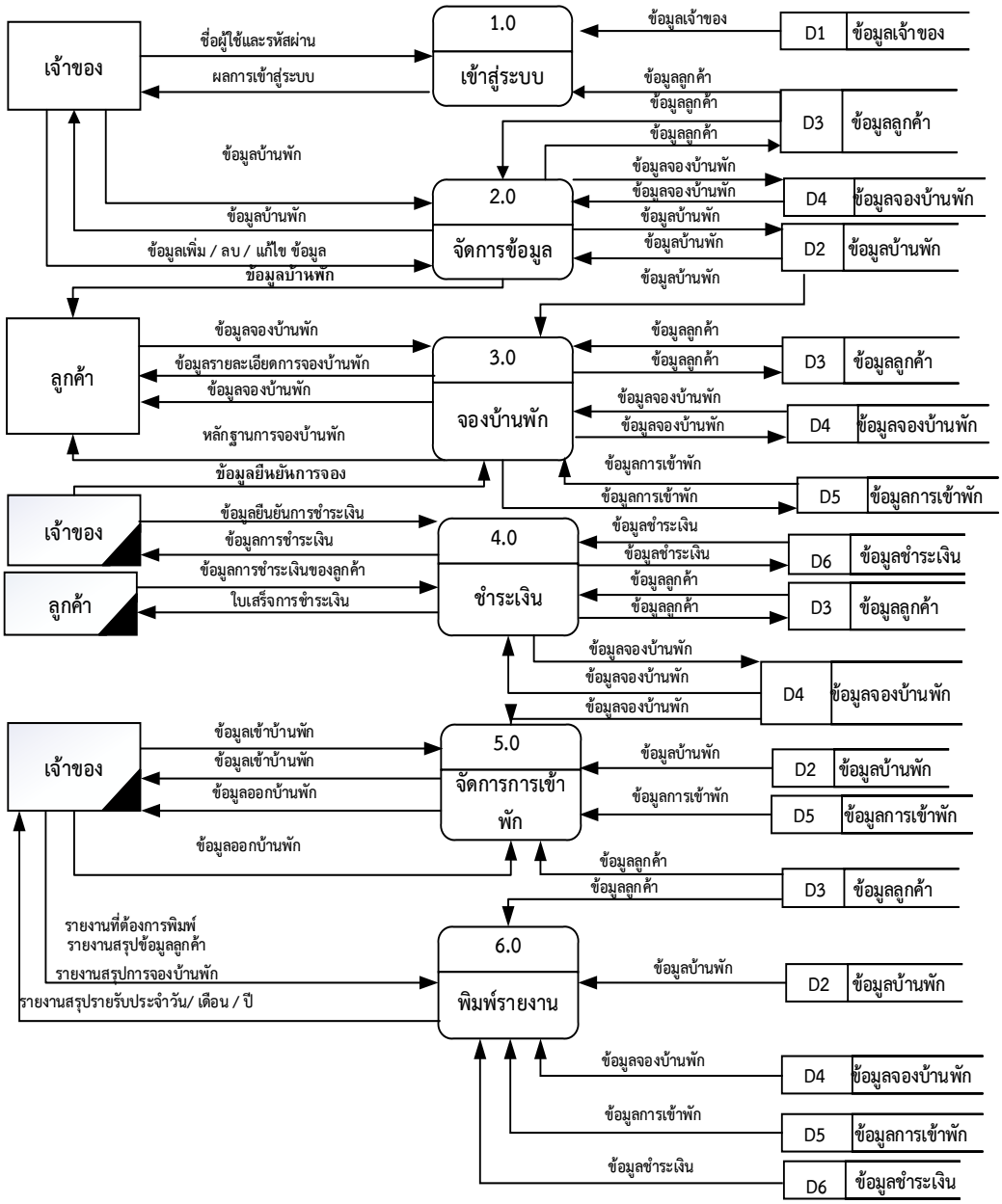
3. ศึกษาข้อมูลและวิธีการใช้งานเครื่องมือต่าง ๆ ที่จะใช้ในการวิจัย

ศึกษาข้อมูลและวิธีการใช้งานเครื่องมือต่าง ๆ ที่จะใช้ในการวิจัย เพื่อนำมาพัฒนาระบบการจองบ้านพักฟาร์มสเตย์ โดยมีเครื่องมือที่จะนำมาใช้ออกแบบเพื่อพัฒนาระบบ ได้แก่ Microsoft Visio และเครื่องมือในการพัฒนาระบบ Visual Studio Code Laravel Frameworks PHP Html CSS SQL

4. วิเคราะห์และออกแบบระบบ

จากการวิเคราะห์จากความต้องการ ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และวิธีการใช้เครื่องมือต่างๆ ผู้วิจัยได้ออกแบบระบบดังนี้

4.1 ภาพรวมของระบบการจองบ้านพักฟาร์มสเตย์ ซึ่งประกอบด้วย ผู้ใช้งาน 2 ประเภทคือเจ้าของ และลูกค้า ขั้นตอนการดำเนินงานจะแสดงภาพรวมของระบบงาน (Data Flow Diagram : DFD) ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภาพกระแสข้อมูลระดับที่ 1 (Data Flow Diagram Level 1)

จากรูปที่ 1 แผนภาพกระแสข้อมูลระดับที่ 1 (Data Flow Diagram Level 1) แบ่งการทำงานออกเป็น 6 กระบวนการดังนี้

กระบวนการที่ 1.0 เข้าสู่ระบบ เป็นกระบวนการที่ผู้ดูแลระบบและลูกค้า ป้อนข้อมูลชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านของตัวเองเพื่อ

เข้าสู่ระบบจากนั้นระบบจะทำการตรวจสอบข้อมูลที่ป้อนเข้าว่าถูกต้องหรือไม่ โดยจะแสดงผลการเข้าใช้ระบบให้ผู้ใช้งานรับทราบเมื่อเข้าสู่ระบบได้แล้ว

กระบวนการที่ 2.0 จัดการข้อมูล เป็นกระบวนการที่ผู้ดูแลระบบจัดการเพิ่ม ลบ แก้ไข ค้นหา ข้อมูลต่าง ๆ เช่น ข้อมูลลูกค้า ข้อมูลบ้านพัก ข้อมูลจองบ้านพัก

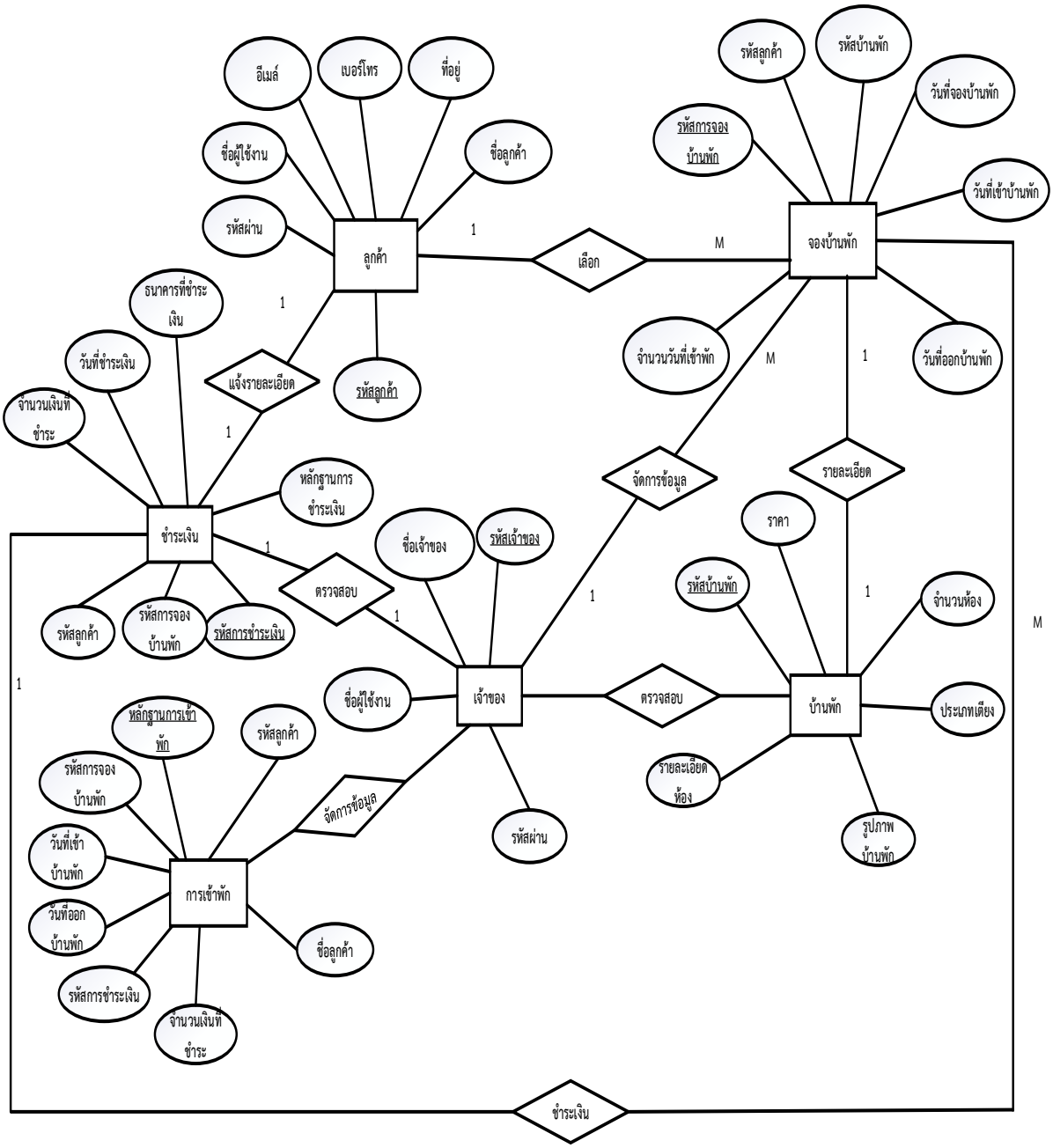
กระบวนการที่ 3.0 จองบ้านพัก เมื่อลูกค้าต้องการจองบ้านพัก ลูกค้าจะต้องกรอกข้อมูลเพื่อจองที่พัก ซึ่งในการกรอกข้อมูลลูกค้าจะต้องกรอกข้อมูลส่วนตัว ชื่อผู้ใช้งาน รหัสผ่าน เพื่อยืนยันในการจองที่พัก

กระบวนการที่ 4.0 ชำระเงิน เป็นกระบวนการที่ลูกค้าทำการแจ้งชำระเงิน เมื่อลูกค้าได้ทำการจองบ้านพักเสร็จเรียบร้อยแล้ว ลูกค้าจะต้องกรอกข้อมูลเพื่อแจ้งการชำระเงินไปยังผู้ดูแลระบบเพื่อทำการตรวจสอบการชำระเงิน เมื่อผู้ดูแลระบบตรวจสอบถ้ามีการแจ้งชำระเงินของลูกค้า ผู้ดูแลระบบก็จะทำการอนุมัติการจองบ้านพักให้ลูกค้าและลูกค้าก็สามารถพิมพ์ใบหลักฐานการจองบ้านพัก

กระบวนการที่ 5.0 จัดการการเข้าพัก เป็นกระบวนการที่ผู้ดูแลระบบยืนยันการเข้าพักของลูกค้า โดยลูกค้าที่เข้ามาพักจะต้องมีข้อมูลการจองบ้านพักเพื่อยืนยันว่าตนเองนั้นได้จองและชำระเงินเรียบร้อยแล้ว

กระบวนการที่ 6.0 พิมพ์รายงาน ในกระบวนการนี้ผู้ดูแลระบบจะสั่งพิมพ์รายงาน เช่น รายงานสรุปรายรับประจำเดือน/ปี และรายงานสรุปจองบ้านพัก

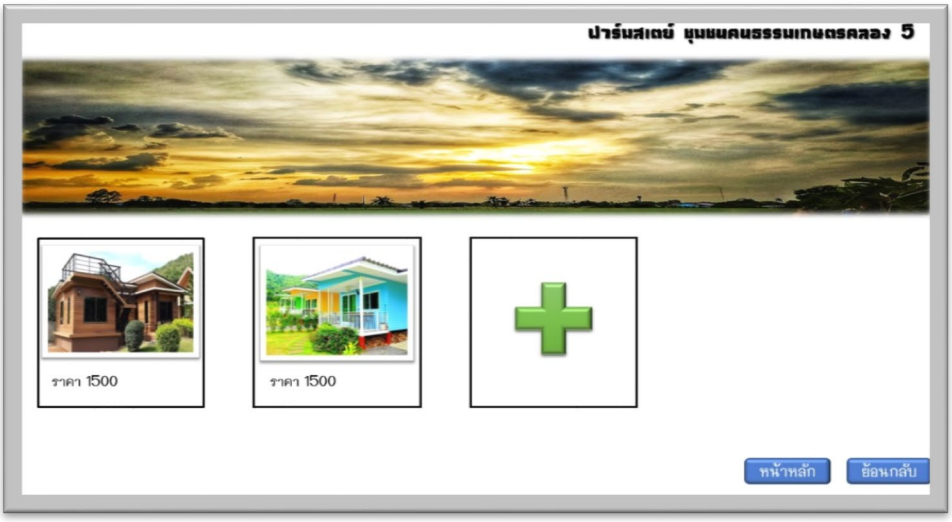
การออกแบบข้อมูล ได้ออกแบบโดยใช้แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล (Entity Relationship Diagram) ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล (Entity Relationship Diagram)

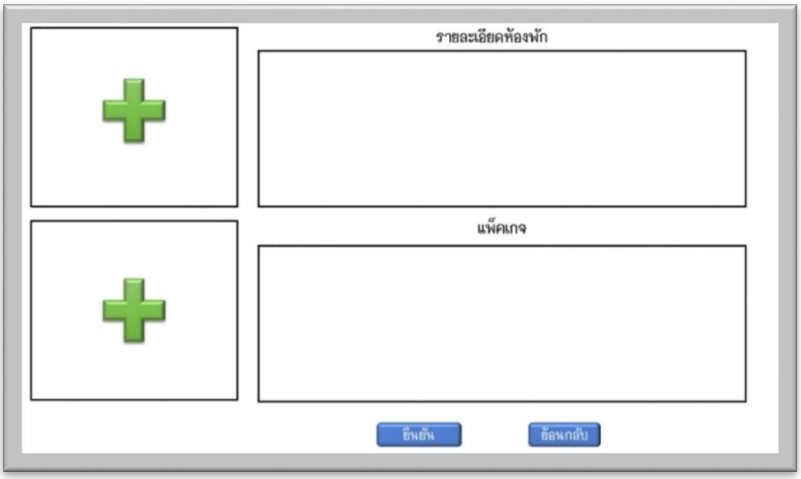
4.2 การออกแบบสิ่งนำเข้า (input) ได้ออกแบบหน้าจอสิ่งนำเข้า ดังนี้

4.2.1 หน้าจอสำหรับเจ้าของใช้ในการ เพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลบ้านพัก ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงหน้าจอ เพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลบ้านพัก

4.2.2 เมื่อคลิกเครื่องหมายบวกจะปรากฏหน้าจอสำหรับ เพิ่ม ข้อมูลห้องพักและแพ็คเกจ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงหน้าจอรายละเอียด เพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลบ้านพัก

4.3 การออกแบบสิ่งนำออก(output) ได้ออกแบบหน้าจอสิ่งนำออก ดังนี้

4.3.1 หน้าจอสำหรับแสดงผลการเลือกบ้านพักที่ต้องการพัก ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 หน้าจอแสดงผลการเลือกบ้านพักที่ต้องการพัก

4.3.2 เมื่อเลือกบ้านพักจะแสดงข้อมูลและรายละเอียดบ้านพักและแพ็คเกจ ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 หน้าจอแสดงข้อมูลและแพ็คเกจ

5. ทดสอบการออกแบบระบบ

หลังจากออกแบบระบบเสร็จสิ้น ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบระบบที่ทำสำเร็จว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ตามขอบเขตที่วาง ไว้หรือไม่ และทดสอบว่าผู้ใช้งานเห็นว่าใช้งานได้จริงไม่มีข้อผิดพลาด เพื่อนำไปแก้ไขต่อไป โดยการให้ผู้ใช้งานและผู้เชี่ยวชาญประเมินความพึงพอใจในการออกแบบระบบ โดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแสดงระดับความพึงพอใจ โดยแบบสอบถามใช้มาตรา ส่วนประมาณค่า 5 ระดับคือ ดีมาก ดี ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด และการแปลผลคะแนนสามารถสรุปเป็นระดับของ ความพึงพอใจ โดยใช้เกณฑ์ดังนี้ ระดับดีมาก มีคะแนนเฉลี่ย 4.50–5.00 ระดับดี มีคะแนนเฉลี่ย 3.50–4.40 ระดับปานกลาง มีคะแนน เฉลี่ย 2.50–3.49 ระดับน้อย มีคะแนนเฉลี่ย 1.50–2.49 และระดับน้อยที่สุดมีคะแนนเฉลี่ย 0.00–1.40 ผลการประเมินใน แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระดับความพึงพอใจต่อการออกแบบระบบ

หัวข้อแต่ละด้าน	จำนวนคน	$\bar{X}$	SD	ระดับ
ด้านแผนภาพบริบท	20	4	1	ดี
ด้านแผนภาพกระแสข้อมูล	20	3.66	0.41	ดี
ด้านผังงานกระบวนการ	20	3.85	0.51	ดี
ด้านการออกแบบสิ่งนำออก	20	4	1	ดี
ด้านการออกแบบสิ่งนำเข้า	20	4	1	ดี
ด้านการออกแบบฐานข้อมูล	20	3.95	0.72	ดี
รวม	20	4	0.64	ดี

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากตารางพบว่า ผู้ประเมินการออกแบบระบบการจองบ้านพักฟาร์มสเตย์ชุมชนธรรมเกษตร จำนวน 20 คน โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 5 คน ผู้ใช้งาน 15 คน มีระดับความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับดี (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.64) และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ทุกด้านอยู่ในระดับมาก โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4 มี 3 ด้าน ได้แก่ ด้านแผนภาพและบริบท ถัดมา ได้แก่ ด้านการการออกแบบสิ่งนำออก ด้านการออกแบบสิ่งนำเข้า รองลงมา ได้แก่ ด้านการออกแบบฐานข้อมูล เท่ากับ 0.72 ด้านผังงานกระบวนการ เท่ากับ 0.51 และด้านที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ได้แก่ ด้านแผนภาพกระแสข้อมูล เท่ากับ 0.41

สรุป

การออกแบบระบบการจองบ้านพักฟาร์มสเตย์ กรณีศึกษากรณีศึกษาโครงการฟาร์มสเตย์ชุมชนธรรมเกษตร มีระดับความพึงพอใจของผู้ที่เกี่ยวข้องต่อการออกแบบระบบในด้านต่าง ๆ อยู่ในระดับดี ผู้วิจัยจะได้นำการออกแบบไปใช้ในการพัฒนาระบบจัดการฟฟาร์มสเตย์เพื่อใช้งานกับโครงการฟาร์มสเตย์ชุมชนธรรมเกษตร โดยจะพัฒนาระบบไห้อยู่ในรูปแบบเว็บแอพพลิเคชั่น โดยระบบสามารถจัดการข้อมูลลูกค้า ข้อมูลการจอง ข้อมูลการโอนเงินและสามารถสรุปรายงานประเภทต่างๆที่จำเป็นได้ เพื่อช่วยในการตัดสินใจทางธุรกิจของผู้ประกอบการและเพิ่มกระบวนการหรือวิธีการทำงานใหม่ที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. ธนานนท์ ธรรมวรรณา. **การศึกษาความเป็นไปได้โครงการฟาร์มสเตย์ บ้านแพ้ว สมุทรสาคร**[วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. ปทุมธานี:มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2560.
2. เพ็ญนภา ทวีชัย. แผนธุรกิจบ้านพักในฟาร์ม ‘‘ **บ้านแม่ยีนฟาร์มสเตย์** ’’[วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยกรุงเทพ; 2560.
3. วิทวัฒน์ พัฒนา. **การวิเคราะห์และออกแบบระบบ** [อินเทอร์เน็ต]. 2556. [เข้าถึงเมื่อ 1 ธันวาคม 2561] เข้าถึงได้จาก: http://th49.ilovetranslation.com/jnmVsPLE4nL=d/

นวัตกรรม

Innovation (INNO)

[INNO-001] การพัฒนาผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาวสำหรับผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะสุดท้าย

Development of Egg Whites Donut for Chronic kidney Disease Patients

พิชิตชัย ไม่สะพร่าว, ปิยมาศ บุญสมปอง, อภิชาติ ทองวงษ์เจริญ และ เลอลักษณ์ เสถียรรัตน์*
Pichitchai Meisaprow, Piyamart Boonsompong, Apichart Thongwongcharoen and Lerluck Steinrut*
สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: Lsteinrut@yahoo.com*

บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาวสำหรับผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะสุดท้าย มีจุดประสงค์เพื่อเป็นทางเลือกให้กับผู้ป่วยที่ต้องโปรตีนจากไข่ขาว จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นโดยรวม ลักษณะปรากฏ ความนุ่ม รสชาติ และความชอบโดยรวม พบว่า โดนัทสูตรพื้นฐานที่ผู้บริโภคให้การยอมรับสำหรับนำไปใช้ผลิตโดนัทไข่ขาว ประกอบด้วย แป้งเค้กร้อยละ 27.35 น้ำตาลทรายร้อยละ 18.23 ไข่ไก่ร้อยละ 32.82 นมข้นจืดร้อยละ 10.02 เกลือร้อยละ 0.18 ผงฟูร้อยละ 1.37 เนยละลายร้อยละ 9.12 และกลิ่นวานิลลาร้อยละ 0.91 สำหรับการผลิตโดนัทไข่ขาวจะทำการศึกษาในอัตราส่วนของระหว่างแป้งเค้ก : ไข่ขาวที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ โดยแปรปริมาณเป็น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 20 : 40, 30 : 30 และ 40 : 20 ผลการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาวที่มีปริมาณแป้งเค้ก : ไข่ขาว ในอัตราส่วน 20 : 40 มากที่สุด ($P < 0.05$) การวิเคราะห์ค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาว พบว่า โดนัทไข่ขาวอัตราส่วนระหว่างแป้งเค้ก : ไข่ขาว ร้อยละ 20 : 40 มีค่าคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยด้านความแข็ง และความยืดหยุ่นน้อยที่สุด คือ 0.44±0.14 และ 7.77±0.38 ตามลำดับ และค่าคุณภาพทางเคมี ได้แก่ มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด คือ ร้อยละ 6.75±0.08 มีปริมาณไขมัน และคาร์โบไฮเดรตน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 16.71±0.40 และ 33.35±0.38 ตามลำดับ และการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความสนใจที่จะซื้อผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาว คิดเป็นร้อยละ 70 มีเหตุผลที่ซื้อผลิตภัณฑ์ เพราะเป็นอาหารทางเลือกในการรับประทาน

คำสำคัญ: โดนัท, ไข่ขาว, โรคไตเรื้อรังระยะสุดท้าย

Abstract

The objective of this study was to developed egg white donut for chronic kidney disease patients. The sensory evaluation criteria composed of flavor, appearance, softness, taste and overall acceptance. The study exhibited the basic donut recipe that have highest score of acceptable consist of 27.35% cake flour, 18.23% sugar, 32.82% eggs, 10.02% condensed milk salt, 0.18% salt, 1.37% baking powder, 9.12% melted butter and 0.91% vanilla flavor. The egg white donut product was prepared by 3 level of cake flour: egg white 20:40, 30:30 and 40:20 w/w. The study showed the egg white donut product with difference ratio of cake flour: egg white has significant difference in all term of sensory attributes ($P < 0.05$). The sensory evaluation result showed the cake flour: egg white 20:40 donut product was accepted by consumers with highest score. Analysis of the quality of egg white donut products showed that egg white donut, cake flour: egg white ratio 20: 40 percent had physical quality values least hardness and flexibility by 0.44 ± 0.14 and 7.77 ± 0.38 respectively. And the chemical quality values exhibited highest percentage of protein content 6.75 ± 0.08, least fat and carbohydrate content 16.71 ± 0.40 and 33.35 ± 0.38 respectively. The consumer acceptance

study showed 70% of consumers are interested in purchasing egg white donut product by the reason it's an alternative food for health.

Keywords: *donut, egg white, chronic kidney disease*

บทนำ

โรคไตเรื้อรังเป็นกลุ่มโรคไม่ติดต่อที่มีความสำคัญ และมีจำนวนผู้ป่วยเพิ่มขึ้นในแต่ละปี ข้อมูลกระทรวงสาธารณสุขปี พ.ศ. 2558 พบว่าคนไทยป่วยด้วยโรคไตเรื้อรังร้อยละ 17.6 ของประชากร หรือประมาณ 8 ล้านคน เมื่อการทำงานของไตลดลงจนอัตราการกรองของไต (eGFR) น้อยกว่า 15 มิลลิลิตรต่อนาทีต่อ 1.73 ตารางเมตร จัดเป็นโรคไตวายเรื้อรังระยะสุดท้าย ผู้ป่วยจำเป็นต้องได้รับการบำบัดทดแทนไต ได้แก่ การฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม การล้างไตทางหน้าท้อง หรือการผ่าตัดปลูกถ่ายไต [(1)] ผู้ป่วยในโรงพยาบาลที่เข้ามาทำการรักษาส่วนใหญ่เป็นโรคไตเรื้อรังระยะสุดท้ายที่ต้องได้รับการบำบัดทดแทนไต ซึ่งแต่ละวิธีล้วนทำให้เกิดการสูญเสียสารอาหารประเภทโปรตีน และเกลือแร่ต่างๆ ภายในเลือดระหว่างการรักษา เมื่อโปรตีนในเลือดต่ำจะส่งผลให้ผู้ป่วยเกิดอาการบวม และภาวะแทรกซ้อนอื่นๆ ได้ง่าย [(2)] แพทย์และนักโภชนาการจึงมักแนะนำให้ผู้ป่วยรับประทานอาหารประเภทโปรตีนจากไข่ขาว [(3)] เนื่องจากเป็นวัตถุดิบที่ให้สารอาหารจำพวกโปรตีนสมบูรณ์ ไม่มีไขมัน คอเลสเตอรอล และเกลือแร่บางชนิดที่ผู้ป่วยต้องหลีกเลี่ยง [(4)] ซึ่งการให้ไข่ขาวกับผู้ป่วยเพียงอย่างเดียวนั้นมักทำให้เกิดปัญหา คือ ผู้ป่วยไม่สามารถที่จะรับประทานไข่ขาวได้หมด เนื่องจากเกิดความจำเจในการรับประทาน และไม่มีรสชาติ ทำให้ผู้ป่วยเกิดความรู้สึกเบื่อ คณะผู้จัดทำจึงคิดตำรับอาหารที่เสริมไข่ขาวเพื่อความหลากหลายในการรับประทาน จึงศึกษาวิจัยถึงความเป็นไปได้ในการพัฒนาไข่ขาวเป็นอาหารประเภทต่างๆ

โดนัทเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย ที่มีแป้งเค้กเป็นส่วนผสมหลัก เพื่อให้แป้งที่ผสมออกมามีความเหลวพอที่จะนำไปหยอดได้ ส่วนผสมที่ผสมแล้วต้องมีลักษณะเป็นของไหล ข้นหนืด ขึ้นฟูด้วยสารเสริม มีส่วนผสมของไข่ เนย และน้ำตาล [(5)] ซึ่งหากเป็นสูตรโดนัททั่วไปตามท้องตลาดนั้นผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะสุดท้ายไม่สามารถรับประทานได้ เนื่องจากมีส่วนผสมของผงฟู เนย ที่เป็นวัตถุดิบพึงหลีกเลี่ยงสำหรับผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะสุดท้าย [(6)] จึงดัดแปลงไข่ขาวเป็นผลิตภัณฑ์โดนัท เนื่องจากไข่ขาวเป็นวัตถุดิบที่ให้สารอาหารจำพวกโปรตีนสมบูรณ์ ไม่มีไขมัน คอเลสเตอรอล และเกลือแร่บางชนิดที่ผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะสุดท้ายต้องหลีกเลี่ยง อีกทั้งยังเป็นทางเลือกให้ผู้ป่วยหรือบุคคลที่ต้องการอาหารโปรตีนสูง ที่ไม่ชอบรับประทานไข่ขาวมาเป็นผลิตภัณฑ์ขนมเพื่อง่ายและสะดวกในการรับประทาน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาว

คัดเลือกสูตรโดนัทพื้นฐานจากจำนวน 3 สูตร ดังแสดงในตารางที่ 1 ด้วยการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ซึ่งวางแผนการทดลองแบบ CRD ดำเนินการผลิตตามขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 1 ทดสอบการยอมด้วยการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (Hedonic 9 Points Scale Test) กับผู้บริโภคจำนวน 30 คน โดยการศึกษาคุณลักษณะด้านกลิ่นโดยรวม ลักษณะปรากฏ ความนุ่ม รสชาติ และความชอบโดยรวม นำผลการทดสอบที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และทดสอบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test เพื่อคัดเลือกสูตรพื้นฐานเหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาว โดยพิจารณาจากสูตรที่ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบมากที่สุด แล้วไปทำการศึกษาในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 1 ส่วนผสมของโดนัทสูตรพื้นฐาน

ส่วนผสม	สูตรที่ 1		สูตรที่ 2		สูตรที่ 3	
	น้ำหนัก (กรัม)	ร้อยละ	น้ำหนัก (กรัม)	ร้อยละ	น้ำหนัก (กรัม)	ร้อยละ
แป้งเค้ก	200	30.67	200	27.17	300	27.35
น้ำตาลทราย	140	21.47	100	13.59	200	18.23
ไข่ไก่	120	18.40	180	24.46	360	32.82
นมสดรสจืด	125	19.17	85	11.55	-	-
นมข้นจืด	-	-	50	6.79	110	10.02
เนยละลาย	50	7.67	100	13.58	100	9.12
กลิ่นวานิลลา	5	0.77	10	1.36	10	0.91
ผงฟู	10	1.53	8	1.09	15	1.37
เกลือ	2	0.32	3	0.41	2	0.18
รวม	**652**	**100**	**736**	**100**	**1,097**	**100**

หมายเหตุ ไข่ไก่ (เบอร์ 2) มีน้ำหนักประมาณ 60 กรัม/ฟอง

2. การศึกษาปริมาณไข่ขาวในอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาว

นำสูตรโดนัทพื้นฐานที่คัดเลือกได้มาดัดแปลงส่วนผสมให้เหมาะสมกับข้อจำกัดของผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะสุดท้าย และศึกษาปริมาณไข่ขาวในอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาว ด้วยการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส โดยปัจจัยที่ทำการศึกษา คือ อัตราส่วนระหว่างแป้งเค้ก : ไข่ขาว ซึ่งแปรเป็น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 20 : 40, 30 : 30 และ 40 : 20 โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD ได้ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 3 สูตรดังแสดงในตารางที่ 2 แล้วผลิตตามกระบวนการผลิตดังแสดงในรูปที่ 2 เมื่อได้ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตร ทำการศึกษาการยอมรับในผู้บริโภคจำนวน 30 คน ด้วยแบบประเมินการยอมรับแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Points Hedonic Scale Test) นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และทดสอบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan’s Multiple Range Test เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากสูตรที่ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบมากที่สุด

ตารางที่ 2 ส่วนผสมของโดนัทไข่ขาว

ส่วนผสม	สูตรที่ 1		สูตรที่ 2		สูตรที่ 3	
	น้ำหนัก (กรัม)	ร้อยละ	น้ำหนัก (กรัม)	ร้อยละ	น้ำหนัก (กรัม)	ร้อยละ
แป้งเค้ก	**210**	**40.00**	**315**	**30.00**	**430**	**20.00**
น้ำตาลทราย	200	19.05	200	19.05	200	19.05
ไข่ไก่ (ไข่ขาว)	**430**	**20.00**	**315**	**30.00**	**210**	**40.00**
นมขาดมันเนย	110	10.48	110	10.48	110	10.48
น้ำมันรำข้าว	100	9.52	100	9.52	100	9.52
กลิ่นวานิลลา	10	0.95	10	0.95	10	0.95
รวม	**1,050**	**100**	**1,050**	**100**	**1,050**	**100**

ร่อนแป้ง และผงฟูเข้าด้วยกัน

↓

ตีไข่ น้ำตาล กลิ่นวานิลลา และเกลือเข้าด้วยกัน
จนส่วนผสมมีลักษณะฟูขาวข้น (ใช้เวลาประมาณ 5 นาที)

↓

แบ่งส่วนผสมแป้งออกเป็น 3 ส่วน และนมออกเป็น 2 ส่วน

↓

เติมส่วนผสมของแป้งลงไปสลับกับนม โดยเริ่มจากแป้ง และ
จบด้วยแป้งตีจนส่วนผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน

↓

เติมเนยละลาย ตะล่อมให้ส่วนผสมเข้ากัน

↓

หยอดส่วนผสมปริมาณ 1 ช้อนโต๊ะ ลงในเครื่องทำโดนัท
อบนาน 2 นาที (หยอดส่วนผสมขณะเครื่องร้อน)

ภาพที่ 1 แผนภูมิขั้นตอนการผลิตโดนัทสูตรพื้นฐาน

แบ่งไข่ขาวออกเป็น 3 ส่วน และแบ่งน้ำตาลออกเป็น 2 ส่วน

↓

ผสมไข่ขาว 1 ส่วน น้ำตาลทราย 1 ส่วน น้ำมัน กลิ่นวานิลลา
และนมให้เข้ากัน

↓

ร่อนแป้งลงไปในส่วนผสม คนให้พอเข้ากัน

↓

ตีไข่ขาว และน้ำตาลส่วนที่เหลือด้วยตะกร้อมือด้วยความเร็ว
จนกระทั่งไข่ขาวมีลักษณะฟูตั้งยอด (ใช้เวลาประมาณ 3 นาที)

↓

แบ่งส่วนผสมของไข่ขาวออกเป็น 2 ส่วน ตักส่วนแรกใส่
ส่วนผสมของแป้ง ตะล่อมให้ส่วนผสมเข้ากัน
จึงค่อยตักส่วนที่เหลือลงไปผสมอีกครั้ง

↓

หยอดส่วนผสมปริมาณ 1 ช้อนโต๊ะ ลงในเครื่องทำโดนัท
อบนาน 2 นาที (หยอดส่วนผสมขณะเครื่องร้อน)

ภาพที่ 2 แผนภูมิขั้นตอนการผลิตโดนัทไข่ขาว

3. การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาว

นำผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาวทั้ง 3 สูตร มาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD เพื่อศึกษาความแตกต่างด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาวในแต่ละสูตร ดังนี้

3.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่

3.1.1 วิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส ในคุณลักษณะความนุ่ม ความเหนียว และความแน่นเนื้อ โดยใช้เครื่อง Texture analyser ยี่ห้อ Pemetrometer รุ่น K 95500

3.1.2 วิเคราะห์ค่าสี (L* a* b*) โดยใช้เครื่องวัดสี ยี่ห้อ Minolta รุ่น CR-10 เปิดเครื่องแล้วกดปุ่มเพื่อเลือกรูปแบบการแสดงผลค่าความแตกต่างของสี จากนั้นวางหัวอ่านค่าสีลงบริเวณด้านบนของผลิตภัณฑ์ให้ใกล้มากที่สุด กดปุ่ม Target เพื่อวัดค่าสี ซึ่งหน้าจอของเครื่องจะแสดงผลออกมาเป็นตัวเลขทันทีหลังจากวัดค่า

3.1.3 วิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) โดยใช้เครื่องวัดค่า Water Activity รุ่น Aqua lab LITE เตรียมตัวอย่างด้วยการบดให้ละเอียด ใส่ตัวอย่างที่บดแล้วลงไปในถ้วยสำหรับใส่ตัวอย่าง เปิดเครื่อง เปิดช่องใส่ตัวอย่างโดยเลื่อนปุ่มด้านหน้าเครื่องไปทางขวา ฝาด้านบนของเครื่องจะเปิดออก วางถ้วยตัวอย่างโดนัทไข่ขาวลงไปในช่องสำหรับวางถ้วยตัวอย่าง กดฝาด้านบนของเครื่องลงปิดให้สนิท กดปุ่มกลางใน 3 ปุ่ม เพื่อเริ่มปฏิบัติการวัดค่าปริมาณน้ำอิสระที่มีตัวอย่าง อ่านค่า a_w ที่ได้จากเครื่องวัด จะมีค่าตั้งแต่ 0-1

3.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

3.2.1 วิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยวิธี Drying Method (AOAC 2003)

3.2.2 วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน โดยวิธี Kjaldahl Method (AOAC 2000)

3.2.3 วิเคราะห์ปริมาณไขมัน โดยวิธี Soxhlet (AOAC 2000)

3.2.4 วิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต โดยวิธี By Difference (AOAC 1990)

3.2.5 วิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมด โดยวิธี Based on AOAC Method (AOAC 2000)

3.2.6 วิเคราะห์ปริมาณเถ้า โดยวิธี Dry Ash Method (AOAC 2000)

4. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาว

ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาว โดยนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาวที่ได้จากการศึกษาความเหมาะสมให้ผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายทำการประเมิน คนละ 1 ตัวอย่าง พร้อมกับแบบสอบถาม ด้วยวิธี CLT (Central Location Test) โดยให้คะแนนความชอบแบบ 9 ระดับ (9 Points Hedonic Scale Test) กับผู้บริโภคในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และโรงพยาบาลนพรัตนราชธานี จำนวน 50 คน รวบรวมแบบสอบถามทั้งหมดที่ได้จากผู้ประเมิน ตรวจสอบความถูกต้องและทำการประมวลผลทางสถิติ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาว

จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดนัทสูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร พบว่า คะแนนเฉลี่ยความชอบในทุกคุณลักษณะที่ทำการประเมินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยทางสถิติ ($p<0.05$) โดยโดนัทสูตรพื้นฐานสูตรที่ 3 ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด เนื่องจากมีคะแนนเฉลี่ยความชอบในคุณลักษณะด้านกลิ่นโดยรวม ลักษณะปรากฏ ความนุ่ม รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงที่สุด คือ 7.27±0.94, 7.83±0.91, 7.33±0.82±, 7.20±0.89 และ 8.00±0.70 คะแนน ตามลำดับ ทั้งนี้เกิดจากโดนัทสูตรดังกล่าวมีส่วนผสมของไข่ และไขมันมากกว่าสูตรอื่นๆ ส่งผลให้โดนัทมีคุณลักษณะที่นุ่ม ชุ่มฉ่ำ มีกลิ่นหอม และสีสันสวยกว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่จึงให้คะแนนความชอบสูง ดังนั้นจึงคัดเลือกสูตรโดนัทพื้นฐานสูตรที่ 3 ไปเป็นพื้นฐานในการศึกษาต่อไป ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของโดนัทสูตรพื้นฐาน

คุณลักษณะ	โดนัทสูตรพื้นฐาน		
	สูตร 1	**สูตร** 2	**สูตร** 3
กลิ่นโดยรวม	5.97±1.13^{b}	6.43±1.07^{b}	7.27±0.94^{a}
ลักษณะปรากฏ	5.50±1.14^{c}	6.37±1.03^{b}	7.83±0.91^{a}
ความนุ่ม	5.47±1.47^{c}	6.20±1.30^{b}	7.33±0.82^{a}
รสชาติ	6.27±1.34^{b}	6.47±1.04^{b}	7.20±0.89^{a}
ความชอบโดยรวม	5.80±1.10^{c}	6.70±0.95^{b}	8.00±0.70^{a}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

2. ผลการศึกษาปริมาณไข่ขาวในอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาว

จากการศึกษาอัตราส่วนระหว่างแป้งเค้ก : ไข่ขาว ที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาว โดยแปรปริมาณเป็น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 20 : 40, 30 : 30 และ 40 : 20 ผลการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส พบว่า โดนัทไข่ขาวทั้ง 3 สูตร มีคะแนนเฉลี่ยความชอบในทุกคุณลักษณะที่ทำการประเมิน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยทางสถิติ ($p<0.05$) โดยผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาวที่มีปริมาณแป้งเค้ก : ไข่ขาว ในอัตราส่วนร้อยละ 20 : 40 มากที่สุด เนื่องจากมีคะแนนเฉลี่ยด้านความนุ่ม รสชาติ และความชอบโดยรวมมากที่สุด คือ 7.83±0.70, 8.00±0.83 และ 7.97±0.89 คะแนน ตามลำดับ เพราะโดนัทสูตรนี้มีไข่ขาวปริมาณมาก และมีแป้งเค้กในปริมาณน้อยกว่าสูตรอื่น ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีเนื้อสัมผัสที่นุ่ม ซึ่งสัมพันธ์กับลักษณะของโดนัทเค้ก ซึ่งมีลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่มเบา ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาว

คุณลักษณะ	ร้อยละอัตราส่วนระหว่างแป้งเค้ก : ไข่ขาว		
	20 : 40	30 : 30	40 : 20
กลิ่นโดยรวม	6.57±1.01[b]	7.57±1.01[a]	7.37±1.07[a]
ลักษณะปรากฏ	6.23±1.14[b]	7.27±0.83[a]	7.60±1.40[a]
ความนุ่ม	7.83±0.70[a]	6.57±1.14[b]	5.53±1.18[c]
รสชาติ	8.00±0.83[a]	7.17±1.15[b]	5.83±0.75[c]
ความชอบโดยรวม	7.97±0.89[a]	7.30±0.95[b]	6.07±1.08[c]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)



ผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาวสูตร 20 : 40 ผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาวสูตร 30 : 30 ผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาวสูตร 40 : 20

รูปที่ 3 ผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาวสำหรับผู้ป่วยโรคไตระยะสุดท้าย

3. ผลการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาว

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาว พบว่า ค่าเนื้อสัมผัส ได้แก่ ค่า Hardness และ ค่า Springiness มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยทางสถิติ ($p<0.05$) ยกเว้นค่า Cohesiveness ส่วนปริมาณน้ำอิสระ (a_w) และค่าสี L* a* b* ผลที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เช่นเดียวกัน โดยผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาวที่มีปริมาณส่วนผสมแป้งเค้ก : ไข่ขาว ในอัตราส่วนร้อยละ 20 : 40 ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด มีค่าเนื้อสัมผัส ได้แก่ ค่าความแข็ง และค่าความยืดหยุ่นน้อยที่สุด คือ 0.44±0.14 และ 7.77±0.03 ตามลำดับ แสดงว่าผลิตภัณฑ์สูตรดังกล่าวมีความนุ่มมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการประเมินทางด้านประสาทสัมผัส มีปริมาณน้ำอิสระมากที่สุด คือ 0.75±0.01 เนื่องจากมีส่วนของไข่ขาวมากกว่าสูตรอื่น ทั้งนี้องค์ประกอบของไข่ขาวประกอบด้วยน้ำถึงร้อยละ 89 [7] และมีค่าสี ได้แก่ L* a* และ b* คือ 33.20±0.36, 4.83±0.25 และ 22.50±0.70 ตามลำดับ ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาว

ค่าคุณภาพทางกายภาพ	ร้อยละอัตราส่วนระหว่างแป้งเค้ก : ไข่ขาว		
	20 : 40	30 : 30	40 : 20
Hardness	0.44±0.14 [c]	1.01±0.07[b]	1.41±0.09[a]
Cohesiveness	0.38±0.03	0.36±0.04	0.32±0.04
Springiness	7.77±0.38[a]	8.89±0.12[b]	9.72±0.79[b]
a_w	0.75±0.01[a]	0.69±0.01[b]	0.63±0.01[c]
L*	33.20±0.36[c]	37.63±0.25[b]	44.57±1.02[a]
a*	4.83±0.25[a]	3.67±0.40[b]	2.82±0.25[c]
b*	22.50±0.70[a]	15.43±0.21[b]	15.41±0.28[b]

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี พบว่า ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ปริมาณกากใย และปริมาณเถ้า ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เนื่องจากอัตราส่วนของส่วนผสมหลัก คือ แป้งเค้ก และไข่ขาว มีปริมาณแตกต่างกัน ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีของส่วนผสมเหล่านี้ล้วนมีความแตกต่างกันจึงส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันตามไปด้วย [8] โดยผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาวที่มีปริมาณแป้งเค้ก : ไข่ขาว ในอัตราส่วนร้อยละ 20 : 40 ที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด มีปริมาณความชื้น โปรตีน และเถ้า สูงที่สุด คือ ร้อยละ 41.95±0.08, 6.75±0.08 และ 0.54±0.01 ตามลำดับ และมีปริมาณไขมัน คาร์โบไฮเดรต และกากใย น้อยที่สุด คือ ร้อยละ 16.71±0.40, 33.35±0.38 และ 0.69±0.02 ตามลำดับ ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาว

ค่าคุณภาพทางเคมี (ร้อยละ)	ร้อยละอัตราส่วนระหว่างแป้งเค้ก : ไข่ขาว		
	20 : 40	30 : 30	40 : 20
ความชื้น	41.95±0.08^{a}	33.53±0.25^{b}	26.98±0.17^{c}
โปรตีน	6.75±0.08^{a}	5.27±0.24^{b}	4.07±0.27^{c}
ไขมัน	16.71±0.40^{c}	18.91±0.44^{b}	20.00±0.18^{a}
คาร์โบไฮเดรต	33.35±0.38^{c}	40.58±0.54^{b}	47.37±0.21^{a}
กากใย	0.69±0.02^{c}	0.99±0.06^{b}	1.23±0.13^{a}
เถ้า	0.54±0.01^{a}	0.40±0.01^{b}	0.34±0.01^{c}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4. ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาว

จากการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาว ในผู้บริโภคจำนวน 50 คน พบว่า ในด้านประชากรศาสตร์ ส่วนใหญ่ผู้บริโภคเป็นเพศหญิง มีช่วงอายุ 21-30 ปี มีอาชีพเป็นพนักงานรัฐวิสาหกิจ/ข้าราชการ การศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรี และมีรายได้อยู่ในช่วง 10,000 - 19,999 บาท/เดือน จากการประเมินทางประสาทสัมผัส พบว่า คุณลักษณะด้านความความชอบโดยรวมมีคะแนนเฉลี่ยความชอบมากที่สุด คือ 8.59±0.60 คะแนน คุณลักษณะที่มีคะแนนเฉลี่ยความชอบรองลงมา ได้แก่ ความนุ่น รสชาติ และกลิ่นโดยรวม คือ 8.06±1.07, 7.63±1.09 และ 7.55±1.17 คะแนน ตามลำดับ และในส่วนลักษณะปรากฏ มีคะแนนเฉี่ยความชอบน้อยที่สุด คือ 7.45±1.10 คะแนน ผลแสดงดังในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการยอมรับของผู้บริโภคทางประสาทสัมผัสต่อผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาว

คุณลักษณะ	คะแนนค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)
กลิ่นโดยรวม	7.55±1.17
ลักษณะปรากฏ	7.45±1.10
ความนุ่ม	8.06±1.07
รสชาติ	7.63±1.09
ความชอบโดยรวม	8.59±0.60

ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาว ด้วยการสอบถามการยอมรับในการซื้อผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาว พบว่า มีผู้บริโภคซื้อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 70 ไม่แน่ใจร้อยละ 22 และไม่ซื้อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 8 และเมื่อสอบถามถึงเหตุผลที่

ผู้บริโภคยอมรับในการซื้อผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาว พบว่า ผู้บริโภคให้เหตุผลในการซื้อมากที่สุด คือ เป็นทางเลือกในการรับประทาน ร้อยละ 48.57 รองลงมา คือ เป็นอาหารเพื่อสุขภาพร้อยละ 28.57 และมีความแปลกใหม่ร้อยละ 14.29 ผลแสดงดังในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาว

เกณฑ์การทดสอบ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. การยอมรับในการซื้อในผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาวของผู้บริโภค		
- ซื้อผลิตภัณฑ์	35	70
- ไม่แน่ใจ	11	22
- ไม่ซื้อผลิตภัณฑ์	4	8
2. เหตุผลที่ผู้บริโภคยอมรับในการซื้อผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาว		
- เป็นอาหารเพื่อสุขภาพ	10	28.57
- เป็นทางเลือกในการรับประทาน	17	48.57
- รสชาติ	2	5.71
- ความแปลกใหม่	5	14.29
- รับประทานแทนมื้อว่าง	1	2.86

สรุป

จากการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาวสำหรับผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะสุดท้าย ปัจจัยที่ทำการศึกษา คือ ร้อยละอัตราส่วนระหว่างแป้งเค้ก : ไข่ขาว โดยแปรเป็น 3 ระดับ คือ 20 : 40, 30 : 30 และ 40 : 20 คัดเลือกสูตรที่เหมาะสมโดยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสกับกลุ่มผู้บริโภคจำนวน 30 คน พบว่า ผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาวที่มีปริมาณแป้งเค้ก : ไข่ขาว ในอัตราส่วนร้อยละ 20 : 40 มีคะแนนเฉลี่ยความชอบจากผู้บริโภคมากที่สุดในคุณลักษณะด้านความนุ่ม รสชาติ และความชอบโดยรวม คือ 7.83±0.70, 8.00±0.83 และ 7.97±0.89 คะแนน ตามลำดับ และมีความแตกต่างทางด้านสถิติ ($P < 0.05$) จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ การวัดค่าเนื้อสัมผัส การค่าวัดสี และการวัดปริมาณน้ำอิสระ (a_w) และการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ปริมาณกากใย และปริมาณเถ้า พบว่าผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาวทั้ง 3 สูตร มีค่าคุณภาพทางกายภาพ คือ Hardness, Springiness, ค่าสี, ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) และค่าคุณภาพทางเคมี มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งนี้เกิดจากองค์ประกอบทางเคมีของส่วนผสมที่มีปริมาณแตกต่างกัน และจากการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 50 คน ต่อผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาว พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนเฉลี่ยในด้านกลิ่นโดยรวม ลักษณะปรากฏ ความนุ่ม รสชาติ และความชอบโดยรวม คือ 7.55±1.17, 7.45±1.10, 8.06±1.07, 7.63±1.09 และ 8.59±1.60 คะแนน ตามลำดับ และจากการสอบถามผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความสนใจที่จะซื้อผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาว คิดเป็นร้อยละ 70 และเหตุผลที่ผู้บริโภคสนใจซื้อผลิตภัณฑ์โดนัทไข่ขาวมากที่สุด เพราะเป็นอาหารทางเลือกในการรับประทาน

เอกสารอ้างอิง

1. กระทรวงสาธารณสุข กรมควบคุมโรค สำนักโรคไม่ติดต่อ. คู่มือปฏิบัติการเพื่อดำเนินงานลดโรคไตเรื้อรัง (CKD) ในผู้ป่วยเบาหวานและความดันโลหิตสูง. กรุงเทพฯ: สำนักงานกิจการโรงพิมพ์ องค์กรสงเคราะห์ทหารผ่านศึก ในพระบรมราชูปถัมภ์. 2559.
2. ประเสริฐ ธนกิจจารุ. ภาวะทุพโภชนาการในผู้ป่วยล้างไต. ขอนแก่น: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2546.

3. สมาคมโรคไตแห่งประเทศไทย. แนวทางเวชปฏิบัติสำหรับโรคไตเรื้อรังก่อนการบำบัดทดแทนไต พ.ศ. 2552. กรุงเทพฯ: หจก. สำนักพิมพ์เบอริงเกอร์อินเกลไฮม. 2552.
4. พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. ส่วนประกอบของไข่ขาว. [อินเตอร์เน็ท]. 2551. [เข้าถึงเมื่อ 30 กันยายน 2561]. เข้าถึงได้จาก: https://plus.posttoday.com /health/4334/.
5. จารุวรรณ แท่งใหญ่. โดนัทเค้ก. [อินเตอร์เน็ท]. 2556. [เข้าถึงเมื่อ 20 กันยายน 2561]. เข้าถึงได้จาก: http://donutmachinelover /2016/12/.html.
6. ธัญญารัตน์ ธีรพรเลิศรัฐ. ความรู้เรื่องโรคไตสำหรับประชาชน. พิมพ์ครั้งที่ 2. นนทบุรี: เฮลธ์ เวิร์ค. 2557.
7. พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. ส่วนประกอบของไข่ขาว. [อินเตอร์เน็ท]. 2551. [เข้าถึงเมื่อ 30 กันยายน 2561]. เข้าถึงได้จาก: https:// 40plus.posttoday.com/health/4334/.
8. อรอนงค์ นัยวิกุล. ข้าวสาลี: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2532.

[INNO-002] การพัฒนาไอศกรีมจากดอกเก๊กฮวย

The Development of Chrysanthemum (*Chrysanthemum indicum* L.) Ice-cream

สุภางค์ เรืองฉาย[1] และ สิรินาถ ตัณฑเกษม[2]
Supang Ruangchai[1] and Sirinard Tantakasem[2]
[1]สาขาวิชานวัตกรรมอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
[2]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: supang_rua@utcc.ac.th*

บทคัดย่อ

การพัฒนาไอศกรีมผสมจากเก๊กฮวย โดยศึกษาปริมาณดอกเก๊กฮวย 0 5 10 15 และ 20 %w/w นำมาตรวจสอบคุณภาพทางเคมีกายภาพพบว่า เมื่อมีการใช้ปริมาณดอกเก๊กฮวยเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ไอศกรีมมีสีเหลืองเข้มขึ้น ส่วนค่า %Overrun อัตราการละลาย($p\leq0.05$) ปริมาณ crude fat (%dry basis) และค่าความเป็นกรดด่างจะลดลง ซึ่งแปรผกผันกับปริมาณดอกเก๊กฮวยที่ใช้ ($p\leq0.05$) สำหรับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าไอศกรีมสูตรที่ผสมดอกเก๊กฮวย 10 %w/w ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด ทางด้านสี กลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวม แต่ด้านเนื้อสัมผัสได้รับการยอมรับน้อยกว่าสูตรควบคุม ($p\leq0.05$) ส่วนการตรวจสอบทางจุลินทรีย์ พบว่าการใช้ดอกเก๊กฮวยเป็นส่วนผสมในไอศกรีมจะช่วยลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดให้น้อยลง รวมถึงไม่พบเชื้อ Coliform, *Escherichia* coli และ *Staphylococcus* aureus และไอศกรีมผสมดอกเก๊กฮวย 10% w/w ได้รับการยอมรับและการตัดสินใจซื้อจากผู้บริโภคมากถึง 92%

คำสำคัญ: *เก๊กฮวย, ไอศกรีม, โคลิฟอร์ม, สแตป์ไฟโลคอกคัส ออเลียส*

Abstract

Investigation on the quality development of Chrysanthemum (*Chrysanthemum indicum* L.) ice-cream which varying in added Chrysanthemum (0, 5, 10 15 and 20 %w/w) was evaluated by physicochemical revealed the fact that increased of Chrysanthemum, influence ice cream had more yellow. In addition, %overrun and melting down had lowest ($p\leq0.05$), crude fat (%dry basis) and pH was decrease, that inversed with volume of Chrysanthemum. Sensory evaluation, the results revealed that 10%w/w of Chrysanthemum provided the highest scores for color, flavour, taste and overall acceptance. But texture was acceptable less than control formula ($p\leq0.05$). Investigated of Micrology, Chrysanthemum ice cream was decrease Total plate count and no contamination of Coliform, *Escherichia* coli and *Staphylococcus* aureus. However, consumer accepted and dicision to ice-cream with 10%w/w chrysanthemum for 92%.

Keywords: *Chrysanthemum, ice-cream, Coliform, Staphylococcus aureus.*

บทนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคหันมาสนใจด้านสุขภาพมากขึ้น ภาวะโรคอ้วนก็เป็นปัญหาหนึ่งที่ต้องแก้ไข หลายท่านชอบรับประทานไอศกรีมนม แต่ในน้ำนมมีไขมันนมถึง 3.9% [(2)] ผู้วิจัยจึงมีความคิดที่จะลดปริมาณไขมันในไอศกรีม โดยการนำดอกเก๊กฮวยมาผสมในไอศกรีมนม เพื่อพัฒนาสูตรหาปริมาณดอกเก๊กฮวยที่เหมาะสมต่อการยอมรับของผู้บริโภค รวมทั้งศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพประสาทสัมผัส และจุลินทรีย์ เนื่องจากดอกเก๊กฮวยมีกรดไขมันชนิดอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว 1.2% และ 1.0% ตามลำดับ [(8)] อีกทั้งดอกเก๊กฮวยมีน้ำมันหอมระเหยช่วยต้านเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค [(12)] นอกจากนี้ยังมีสารประกอบฟีนอลิก ได้แก่ แรมโนซิโดกลูโค

ไซด์ (rhamnosidoglucoside) แลคโตน (lactone) และ ไครแซนฮีมิน (chrysanhemin) เป็นต้น สารฟลาโวนอยด์ (flavonoid) ที่พบในดอกเก๊กฮวยมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเพิ่มจำนวนของเซลล์ [7]

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมดอกเก็กฮวย โดยใช้ดอกเก็กฮวยแห้ง ตราเสือ® (ร้านสมุนไพรหงวนชุน) นำมาปั่นจนละเอียดด้วยความเร็วปานกลาง เป็นเวลา 1 นาที

2. การทำไอศกรีม โดยใช้ส่วนผสมดังตารางที่ 1 ชั่งนมสด (รสจืด ตราเมจิ) ต้มกับดอกเก๊กฮวยแห้ง (ที่ปั่นจนละเอียด ด้วยความเร็วปานกลาง เป็นเวลา 1 นาที) จนได้อุณหภูมิ 70°ซ เติมน้ำตาลทรายขาว (ตรามิตรผล) เกลือป่น (ตรามือ) วิปปิงครีม คนให้เข้ากัน ละลายเจลาตินผง (ตรา McGarrett) ด้วยนมสดที่อุณหภูมิ 30 °ซ ผสมลงไป ยกขึ้นตั้งไฟ จนได้อุณหภูมิ 80°ซ หรือจนสามารถวัดค่า Total soluble solid ของไอศกรีมได้ที่ 28 °Brix ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น นำไปปั่นในเครื่องทำไอศกรีม เทใส่แม่พิมพ์ นำไปแช่ใน Air blast (อุณหภูมิ -35 องศาเซลเซียส) ประมาณ 1 ชั่วโมง เก็บรักษาใน Freezer (อุณหภูมิ -19 ถึง -22 °ซ) [3] นำมาตรวจสอบคุณภาพดังนี้

การวิเคราะห์ทางเคมีกายภาพ

-การทดสอบค่าสี ด้วยเครื่อง Hunter Lab colorimeter (Colorflex®) บริษัท คัลเลอร์ โกลโบล จำกัด ประเทศสหรัฐอเมริกา

-การหา % Overrun โดยตักตัวอย่างไอศกรีม 100 กรัมใส่ลงในกระบอกตวงบันทึกปริมาตรที่อ่านได้ เทไอศกรีมใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร คนด้วยแท่งแก้วจนกระทั่งไอศกรีมละลายและปราศจากฟองอากาศ ตวงปริมาตรไอศกรีม(ใช้กระบอกตวงเดิม) บันทึกปริมาตรที่อ่านได้ คำนวณหาค่า % Overrun [5]

$$\% \text{ Overrun} = \frac{\text{ปริมาตรไอศกรีมที่มีอากาศ} - \text{ปริมาตรไอศกรีมที่ไม่มีอากาศ}}{\text{ปริมาตรไอศกรีมที่ไม่มีอากาศ}} \times 100$$

- การหาอัตราการละลาย โดยตักตัวอย่างไอศกรีม 80 กรัม หลอมละลายที่ 24 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที จับเวลาที่ได้ไอศกรีมหยดแรก ชั่งน้ำหนักของไอศกรีมที่ละลายแล้วทุกๆ 10 นาที

- วัดค่าความเป็นกรดด่าง โดยใช้เครื่อง pH-meter รุ่น PH211 บริษัท HANNA Instrument ประเทศอิตาลี

- หาค่า Crude fat (%dry basis) [5]

oการประเมินทางประสาทสัมผัส และการยอมรับของผู้บริโภค

- การประเมินทางประสาทสัมผัสในการพัฒนาสูตรทั้ง 4 สูตร โดยตักตัวอย่างไอศกรีมใส่ถ้วยพลาสติก ขนาดบรรจุ 100 กรัม ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 40 คน จำนวน 3 ซ้ำและใช้แบบทดสอบ 9-Point hedonic scale (1=ไม่ชอบมากที่สุด, 9=ชอบมากที่สุด) ประเมินคุณภาพของไอศกรีมดอกเก็กฮวยด้านความชอบในด้าน สี กลิ่นรส รสชาติ การละลาย เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม คัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดไปทำการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อไป

- การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค โดยนำไอศกรีมดอกเก็กฮวยไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคซึ่งเป็นบุคคลทั่วไปในมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย จำนวน 100 คน เป็นการสุ่มแบบบังเอิญ โดยกำหนดตำแหน่งของการเก็บข้อมูล 10 ตำแหน่งๆ ละ 10 คน ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 5-Point hedonic scale (1=ไม่ชอบมากที่สุด, 5=ชอบมากที่สุด) รวมถึงสอบถามในด้านการยอมรับและการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์

การทดสอบทางจุลินทรีย์ [6] ได้แก่

-Total plate count ด้วยวิธี standard plate count

-Coliform และ *Escherichia* coli ด้วยวิธี Most probable number

-*Staphylococcus* aureus ด้วยวิธี Direct plating technique แบบpour plate

การวิเคราะห์ทางสถิติ

- ทางเคมีกายภาพวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Complete Randomized Design (CRD) โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์ตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

- สำหรับการประเมินผลทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์ตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 1 ส่วนผสมของไอศกรีมผสมดอกเก็กฮวยในปริมาณต่างๆ (0, 5, 10, 15 และ 20% w/w)

วัตถุดิบ	**ปริมาณที่ใช้**				
ดอกเก็กฮวย(g/%)*	0 (0%)	70.6 (5%)	149.1 (10%)	236.8 (15%)	335.5 (20%)
นมสด (g)	950	950	950	950	950
วิปปิงครีม (g)	250	250	250	250	250
น้ำตาลทรายขาว (g)	130	130	130	130	130
เจลาติน (g)**	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5
เกลือป่น (g)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

*ดอกเก็กฮวยแห้ง ต้องนำมาปั่นจนละเอียดด้วยความเร็วปานกลาง เป็นเวลา 1 นาที ก่อนนำไปใช้

**เจลาติน ให้ใช้นมสดที่อุณหภูมิ 30 °ซ ทำการละลายก่อนนำไปใช้

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากตารางที่ 2 พบว่า การใช้ปริมาณดอกเก๊กฮวยที่เพิ่มขึ้น ทำให้สีของไอศกรีมผสมดอกเก๊กฮวยมีความคล้ำมากขึ้น (L* ลดลง) แต่มีสีเขียว (a*) และสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม เพราะในดอกเก๊กฮวยมีสารไครแซนทีมิน (Chrysanthemin) ซึ่งเป็นรงควัตถุสีเหลือง (9) ขณะที่สีเหลืองเพิ่มขึ้นจึงส่งผลให้มีความสว่างน้อยลง นอกจากนี้ยังพบว่าค่า %Overrun ลดลง เพราะมีอนุภาคของดอกเก็กฮวยที่เพิ่มขึ้น ทำให้ไอศกรีมมีความหนืดเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้มีการแทนที่โดยฟองอากาศในเนื้อไอศกรีมลดลง โดยไอศกรีมผสมดอกเก๊กฮวยจะมีเนื้อที่แน่นกว่าสูตรควบคุม เห็นได้จากค่า %Overrun ของไอศกรีมผสมดอกเก๊กฮวยทุกสูตรจะมีค่าน้อยกว่าสูตรควบคุม เพราะค่า %Overrun จะแสดงออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรที่เพิ่มขึ้นจากปริมาตรของส่วนผสม การเพิ่มของปริมาตรเนื่องจากขณะปั่นไอศกรีมมีการผสมเอาอากาศเข้าไปในเนื้อไอศกรีม การผสมอากาศมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของส่วนผสม หากอากาศมากเกินไปเนื้อไอศกรีมจะเบาโปร่งไม่น่ารับประทาน รวมทั้งมีอัตราการละลายที่สูง แต่ถ้ามีอากาศน้อยไปเนื้อจะแน่นหรือหนักและมีอัตราการละลายน้อย โดยทั่วไปส่วนผสมไอศกรีมที่มี %Total soluble solid (%Ts) สูงมักจะมี %Overrun ที่มากกว่าส่วนผสมที่มี %Ts ต่ำ โดยค่า %Overrun ควรเป็น 2 หรือ 3 เท่าของปริมาณ %Ts ในส่วนผสมทั้งหมด (1) (4) การผสมดอกเก็กฮวยลงในไอศกรีมนมจะส่งผลให้ไอศกรีมมีค่า crude fat (%dry basis) ลดลง แสดงว่าดอกเก็กฮวยช่วยลดไขมันของไอศกรีมได้ นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความเป็นกรดด่างจะลดลงเมื่อใช้ปริมาณดอกเก็กฮวยเพิ่มขึ้น จากงานวิจัยของ Michael N. Clifford และคณะ (2007) ยังพบว่าในดอกเก็กฮวยจะมีกรดคลอโรจินิค (Chlorogenic Acids) และอนุพันธ์ของกรดคาเฟอิค (Caffeic Acid Derivatives)

ตารางที่ 2 ค่าสี %Overrun อัตราการละลาย Crude fat(%dry basis) และความเป็นกรดด่างของไอศกรีมสูตรควบคุมเปรียบเทียบกับสูตรผสมดอกเก็กฮวยที่ปริมาณต่างๆ (0, 5, 10, 15 และ 20% w/w)

ดอกเก็กฮวย	ค่าสี			Overrun(%)	อัตราการ	Crude fat	ความเป็น
(%w/w)	L*	a*	b*		ละลาย	(%dry basis)	กรดด่าง
0	86.11^{a}±0.04	0.20^{e}±0.02	1.13^{e}±0.03	60.23^{a}±0.12	0.80^{a}±0.18	2.63^{a}±0.12	6.76^{a}±0.07
5	79.11^{b}±0.04	0.32^{d}±0.02	30.35^{d}±0.03	53.12^{b}±0.12	0.72^{b}±0.16	1.67^{b}±0.12	6.63^{b}±0.07
10	70.11^{c}±0.04	0.50^{c}±0.03	42.12^{c}±0.05	51.56^{bc}±0.14	0.69^{bc}±0.17	1.61^{bc}±0.11	6.59^{b}± 0.09
15	61.12^{d}±0.03	0.69^{b}±0.04	52.08^{b}±0.04	50.87^{c}±0.11	0.67^{bc}±0.17	1.59^{c}±0.11	6.48^{c}±0.06
20	50.12^{e}±0.01	0.88^{a}±0.02	63.60^{a}±0.05	49.34^{c}± 0.12	0.64^{c}±0.17	1.57^{c}±0.11	6.37^{c}±0.07

a, b, c, d, e ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมผสมดอกเก็กฮวยที่ 0, 5, 10, 15 และ 20 %w/w พบว่ามีการยอมรับทางประสาทสัมผัสที่แตกต่างกันในทุกด้าน ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยไอศกรีมที่ใช้ดอกเก็กฮวย 10%w/w ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด ทางด้านสี กลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยสีของไอศกรีมจะเป็นสีเหลืองเข้มอมเขียวอ่อน น่ารับประทาน พร้อมทั้งมีกลิ่นและรสชาติของดอกเก็กฮวยในระดับที่เหมาะสมต่อการยอมรับ และยังพบว่าการใช้ปริมาณดอกเก็กฮวยมากกว่า 10% w/w ส่งผลให้การยอมรับทางประสาทสัมผัสในหลายด้านลดต่ำลง ได้แก่ รสชาติที่ขมของดอกเก็กฮวยที่มากขึ้นจนรู้สึกได้ รวมถึงเนื้อสัมผัสของไอศกรีมที่หยาบมากขึ้น อันเนื่องจากปริมาณเนื้อของดอกเก็กฮวย แต่การเพิ่มปริมาณดอกเก็กฮวยช่วยทำให้ไอศกรีมมีกลิ่นรสที่หอมมากขึ้น เพราะในดอกเก็กฮวยมีสารที่เป็นน้ำมันหอมระเหยอยู่ประมาณ 0.2% สารเหล่านั้นได้แก่ 1,8 cineole, camphor, borneol และ borneol acetate [11]

ตารางที่ 3 คะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัสของไอศกรีมผสมดอกเก็กฮวยในปริมาณต่างๆ (0, 5, 10, 15 และ 20% w/w)

ดอกเก็กฮวย	สี	กลิ่นรส	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบ
(%w/w)					โดยรวม
0	7.97^{c}±1.00	8.01^{c}±1.11	7.95^{c}±1.00	8.26^{a} ±0.97	7.84^{c}±0.89
5	8.10^{b}±0.94	8.04^{b}±0.84	8.08^{b}±0.94	8.00^{b}±0.96	8.03^{b}±0.97
10	8.43^{a}±0.81	8.29^{a}±0.73	8.35^{a}±0.95	7.98^{b} ±0.97	8.30^{a}±0.82
15	7.51^{d}±0.99	8.28^{a}±1.11	7.75^{d}±1.00	7.38^{c}±0.97	7.54^{d}±0.89
20	7.32^{e}±0.81	8.29^{a}±0.82	7.35^{e}±0.75	7.16^{c}±0.69	7.28^{e}±0.87

a, b, c, d, e ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการตรวจสอบทางจุลินทรีย์พบว่า การใช้ดอกเก็กฮวยเป็นส่วนผสมของไอศกรีมในปริมาณที่มากขึ้น ส่งผลให้มีจำนวน Total plate count ลดลง โดยมีจำนวนน้อยกว่าสูตรควบคุม รวมถึงไม่พบเชื้อ *Staphylococcus* aureus ในไอศกรีมผสมดอกเก็กฮวยเลย และไม่พบ Coliform และเชื้อ *Escherichia* coli ในทุกสูตร เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยในดอกเก็กฮวยได้แก่ 1,8 cineole, camphor, borneol และ borneol acetate มีสมบัติในการต้านเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค ได้แก่ *Staphylococcus* aureus และ *Escherichia* coli [11] ซึ่ง *Escherichia* coli อยู่ในกลุ่มของ Coliform ดังแสดงในตารางที่ 4 จึงเลือกไอศกรีมผสมดอกเก็กฮวย 10%w/w ไปทำการสำรวจการยอมรับและการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค

ตารางที่ 4 ผลการตรวจหาปริมาณ Total plate count, Coliform, *Escherichia* coli and *Staphylococcus* aureus ผสมดอกเก็กฮวยที่ปริมาณต่างๆ (0, 5, 10, 15 และ 20% w/w)

ดอกเก็กฮวย (%w/w)	Total plate count (CFU/g)	Coliform (MPN/g)	*E.* coli (MPN/g)	*S.* aureus (CFU/g)
0	$3.2x10^{-1}$ [a]±0.14	not detect	not detect	$0.9x10^{-1}$ [a]±0.14
5	$1.9x10^{-1}$ [a]±0.13	not detect	not detect	not detect
10	$1.7x10^{-1}$ [ab]±0.12	not detect	not detect	not detect
15	$1.6x10^{-1}$ [ab]±0.13	not detect	not detect	not detect
20	$1.4x10^{-1}$ [b]±0.15	not detect	not detect	not detect

[a, b] ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการสำรวจการยอมรับและการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมผสมดอกเก็กฮวย 10% w/w พบว่าผู้ตอบแบบสอบถาม 100 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง 58 คน และเพศชาย 42 คน โดยมีอายุอยู่ในช่วง 21-30 ปี มากที่สุดถึง 61 คน รองลงมาคืออายุในช่วง 31-40 ปี จำนวน 21 คน อายุในช่วง 41-50 ปี จำนวน 10 คน อายุต่ำกว่า 20 ปี จำนวน 6 คน และอายุ 51 ปีขึ้นไป จำนวน 2 คน ตามลำดับ จะเห็นได้ว่ามีผู้ตอบแบบสอบถามกระจายอยู่ในทุกช่วงอายุตั้งแต่เด็กไปจนถึงผู้สูงอายุ ผลการสำรวจพบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในระดับชอบมาก (ตารางที่ 5) และให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมผสมดอกเก็กฮวย 10% w/w สูงถึง 92% โดยให้เหตุผลว่า ไอศกรีมผสมดอกเก็กฮวย 10% w/w มีรสชาติดีและมีประโยชน์ถึง 63% แต่อย่างไรก็ตามยังมีผู้ตอบแบบสอบถามบางส่วนที่ไม่ให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีเพียง 8% โดยให้เหตุผลว่าไอศกรีมผสมดอกเก็กฮวย 10% w/w ควรมีรสชาติที่หวานมันมากกว่านี้ ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 5 คะแนนความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อไอศกรีมผสมดอกเก็กฮวย 10% w/w

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	คะแนนความชอบ	ระดับความชอบ
ลักษณะปรากฏ	4.1 ± 0.5	ชอบมาก
สี	4.3 ± 0.4	ชอบมาก
กลิ่นรส	4.1 ± 0.5	ชอบมาก
เนื้อสัมผัส	3.8 ± 0.4	ชอบมาก
ความชอบโดยรวม	4.0 ± 0.6	ชอบมาก

ตารางที่ 6 การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อไอศกรีมผสมดอกเก็กฮวย 10% w/w

ข้อมูลสำรวจ	ร้อยละ
การยอมรับไอศกรีมผสมดอกเก็กฮวย 10% w/w	
ยอมรับ	92
ไม่ยอมรับ	8
เหตุผลการยอมรับไอศกรีมผสมดอกเก็กฮวย 10% w/w	
รสชาติดี	25
มีประโยชน์	12
ทั้งรสชาติดีและมีประโยชน์	63

สรุป

การใช้ดอกเก็กฮวย 10% w/w ทำให้ไอศกรีมได้รับคะแนนทางประสาทสัมผัสในทุกๆด้าน ดีกว่าสูตรควบคุม ($p<0.05$) ยกเว้นด้านเนื้อสัมผัส อีกทั้งมีจำนวน Total plate count น้อยกว่าสูตรควบคุม รวมถึงไม่พบเชื้อ Coliform, *Escherichia* coli และ*Staphylococcus* aureus ซึ่งปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค ผลการสำรวจการยอมรับและการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคพบว่าไอศกรีมผสมดอกเก็กฮวย 10% w/w ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากถึง 92% เนื่องจากมีรสชาติดีและมีประโยชน์ถึง 63% จึงเป็นการยืนยันได้ว่าการใช้ดอกเก็กฮวยช่วยลดไขมันและลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ได้

เอกสารอ้างอิง

1. นันทวรรณ ฉวีวรรณ์. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมดอกโสน[วิทยานิพนธ์]. พระนครศรีอยุธยา: มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา; 2556.
2. พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ ดร.นิธิยา รัตนาปนนท์. ไขมันนม[อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ: ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร; 2562 [เข้าถึงเมื่อ 3 เม.ย. 2562]. เข้าถึงได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1502/milk-fat-butter-fat.
3. สุภางค์ เรืองฉาย และสิรินาถ ตัณฑเกษม. การพัฒนาไอศกรีมลูกพลับแห้ง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 2557;45(2)(พิเศษ):281-4.
4. หทัยชนก นพจรูญศร. ผลของปฏิสัมพันธ์ของแป้งมันสำปะหลังดัดแปรและแคปปาคาราจีแนนต่อการตกผลึกของผลึกน้ำแข็งในไอศกรีมนม [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต]. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยสุรนารีและเทคโนโลยี; 2554.
5. AOAC Official Methods of Analysis. The Association of Official Analytical Chemists, Inc. USA. 2000.
6. Bacteriological Analytical Manual. Gaitherburg, MD:AOAC International. 1990.
7. Cheon, M., Yoon, T., Lee do, Y., Choi G. and Moon, BC. Chrysanthemum indicum Linne extract inhibits the inflammatory response by suppressing NF-kB and MAPKs activation in lipopolysaccharide-induced RAW264.7 macrophages. J of Ethnopharmacol2009;122:473-7.
8. Park, N. Y., and Kwon, J.H. Chemical Composition of Petals of *Chrysanthemum* spp. J of Food Science and Nutrition1997;12:304-9.
9. Natarajan S. The Palm [internet] 2013 [cited 2013 Sep 26]. Available from: http://palmsugar.com
10. Michael, N. C., Weiguo, W., Jo, K. and Nikolai, K. Profiling the Chlorogenic Acids and Other Caffeic Acid Derivatives of Herbal Chrysanthemum by LC–MS^n. J Agric. Food Chem2007;55(3):929–36.
11. Shunying, Z., Yang, Y., Huaidong, Y., Yue, Y., and Guolin, Z. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils of Chrysanthemum indicum. J of Ethnopharmacology2005;96(1):151-8.
12. Zhang, Z Y., Fang, X. P., Diao, Z. H., Zeng, R. H., and Mei, X. G. Antirespiratory Syncytial Virus Effect of the Extraction of Chrysanthemum indicum in Vutro [J]. Pharmaceutical J of Chinese People's Liberation Army. 2006;4.

[INNO-003] การผลิตโยเกิร์ตมะม่วงน้ำดอกไม้เสริมไข่มุกมะม่วงโพรไบโอติก

Production of Barracuda mango yogurt supplemented mango encapsulation with probiotic bacteria

ศรภกรฉัตร ปิ่นทอง, สกุลกานต์ ทิพย์โอสถ, สมฤทัย มากเฟื้อง, จำรูญศรี พุ่มเทียน, และ รุจิราลัย พูลทวี*
Sornpakornchat Pinthong Sakoonkarn Tiposot Somruthai Makfuang
Jamroonsri Poomtien and Rujiralai Poontawee*
[1]*หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ*
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล:* r.poontawee@yahoo.co.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตโยเกิร์ตมะม่วงน้ำดอกไม้ที่มีการพัฒนาคุณค่าด้วยการเสริมไข่มุกเอนแคปซูเลชันที่มีน้ำมะม่วงผสมแบคทีเรียโพรไบโอติก เริ่มจากการคัดเลือกสูตรการผลิตโยเกิร์ตที่ใช้มะม่วงในรูปน้ำเข้มข้นและมะม่วงฟรีซดราย พบว่าสูตรโยเกิร์ตที่มีสัดส่วนน้ำมะม่วงเข้มข้น 50 มิลลิลิตรต่อนม 50 มิลลิลิตร ได้รับความพึงพอใจสูงสุดจากผู้บริโภคจำนวน 30 คน นอกจากนี้ ได้ทดสอบคุณสมบัติของเชื้อแบคทีเรียโพรไบโอติก 4 สายพันธุ์ ได้แก่ *Lactobacillus acidophilus* TISTR 450, *L. casei* TISTR 1463, *L. lactis* TISTR 1464 และ *L. plantarum* TISTR 854 พบว่า *L. lactis* TISTR 1464 สามารถเจริญได้ในช่วง pH 3-6 และสภาวะที่มีเกลือน้ำดีความเข้มข้น 0.3 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ จึงคัดเลือกเชื้อ *L. lactis* มาทำไข่มุกเอนแคปซูเลชันที่มีน้ำมะม่วงผสมแบคทีเรียโพรไบโอติกเพื่อใช้เสริมลงในโยเกิร์ต ผลการทดลองพบว่าเมื่อบ่มโยเกิร์ตมะม่วงน้ำดอกไม้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ปริมาณเชื้อแบคทีเรียในโยเกิร์ตเพิ่มขึ้นจาก 7.10 เป็น 8.01 log CFU/มิลลิลิตร ค่าความเป็นกรด-ด่าง ลดลงจาก pH 6.32 เป็น 3.90 ปริมาณกรดทั้งหมดที่ได้จากการไทเทรตเพิ่มขึ้นจาก 0.122 เปอร์เซ็นต์ เป็น 0.649 เปอร์เซ็นต์ การเก็บรักษาโยเกิร์ตมะม่วงน้ำดอกไม้ที่เสริมด้วยไข่มุกมะม่วงโพรไบโอติกที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลา 21 วัน พบว่าปริมาณแบคทีเรียในโยเกิร์ตลดลงเล็กน้อยแต่ยังคงมีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานคือไม่ต่ำกว่า 7 log CFU/ml

คำสำคัญ : *โยเกิร์ต มะม่วงน้ำดอกไม้ โพรไบโอติก เอนแคปซูเลชัน*

Abstract

The aim of this research was to develop Barracuda mango yoghurt supplemented with mango encapsulation with probiotic bacteria. Firstly, the formula for the production of Barracuda mango yoghurt was investigated using concentrated mango juice and freeze-dried mango pulp. The Barracuda mango yogurt comprised of 50 ml concentrated mango juice and 50 ml pasteurized milk obtained the highest acceptance scores. Moreover, the properties of 4 probiotic strains, *Lactobacillus acidophilus* TISTR 450, *L. casei* TISTR 1463, *L. lactis* TISTR 1464 and *L. plantarum* TISTR 854, were also investigated. The results revealed that *L. lactis* could grow in a medium at pH 3-6 and medium containing 0.3-0.5% bile salts. Therefore, *L. lactis* was selected for producing mango popping boba encapsulation with probiotic bacteria. After fermentation yogurt at 45℃ for 6 hours, bacterial count in yoghurt was increased from 7.1 to 8.02 log CFU/ml, pH value was reduced from 6.36 to pH 3.93 and the total titratable acid was increased from 0.12% to 0.64%. However, after 21 days of cold storage, bacteria count in Barracuda mango yogurt supplemented mango encapsulation with probiotic was slightly decreased but not lower than 7 log CFU/ml.

Keywords: *yoghurt, Barracuda mango, probiotic bacteria, encapsulation*

บทนำ

โยเกิร์ต (Yoghurt) เป็นผลิตภัณฑ์นมที่ผ่านกระบวนการหมักโดยเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นที่นิยมบริโภคในหลายประเทศ ปัจจุบันโยเกิร์ตจัดเป็นอาหารเพื่อสุขภาพซึ่งมีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น ช่วยปรับสมดุลของระบบย่อยอาหารและระบบขับถ่าย หากมีการบริโภคอย่างสม่ำเสมอจะช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งบริเวณลำไส้ใหญ่ นอกจากนี้ โยเกิร์ตยังมีวิตามินบี และยังแก้อาการท้องผูก [1] การผลิตโยเกิร์ตในระยะแรก ยังไม่นิยมเติมแต่งกลิ่นหรือรส แต่นิยมผลิตให้มีกลิ่นรสตามธรรมชาติ ซึ่งอาจทำให้โยเกิร์ตไม่เป็นที่แพร่หลาย ดังนั้นจึงมีการคิดค้นเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตให้มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น โดยการปรุงแต่งรสชาติด้วยการเติมผลไม้ชนิดต่าง ๆ เช่น สตรอเบอร์รี่ บลูเบอร์รี่ เป็นต้น เพื่อเป็นการเพิ่มรสชาติ รวมถึงทำให้เกิดกลิ่นที่ดียิ่งขึ้นให้กับโยเกิร์ต ทำให้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตน่ารับประทาน และเป็นที่ดึงดูดใจของผู้บริโภค [2]

มะม่วงน้ำดอกไม้ (*Mangifera indica* Linn.) เป็นมะม่วงท้องถิ่นในประเทศไทยที่นิยมเพาะปลูกในหลายพื้นที่ของประเทศ และเป็นผลไม้ที่มีชื่อเสียงของจังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งมะม่วงน้ำดอกไม้แต่ละสายพันธุ์มีความโดดเด่นที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ มะม่วงน้ำดอกไม้ยังมีข้อดี คือเป็นสายพันธุ์ที่ออกดอกง่าย สามารถผลิตนอกฤดูได้ผลดี ตอบสนองต่อการใช้สารกระตุ้นให้ออกดอก และที่สำคัญมะม่วงน้ำดอกไม้ยังเป็นที่นิยมของผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศ [3] นอกจากนี้ เกษตรกรสามารถสร้างรายได้ด้วยการแปรรูปมะม่วงน้ำดอกไม้เป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น มะม่วงกวน มะม่วงแผ่น มะม่วงดอง มะม่วงแช่อิ่ม และไอศกรีมมะม่วง เป็นต้น มะม่วงน้ำดอกไม้มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เช่น มีวิตามินซีและสารแคโรทีนอยด์ (Carotenoids) โดยเฉพาะเบต้า-แคโรทีน ซึ่งมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและเปลี่ยนเป็นวิตามินเอในร่างกายได้ ซึ่งวิตามินเอมีความสำคัญต่อการทำงานของร่างกาย โดยเฉพาะดวงตา ผิวพรรณ กระดูก และกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย นอกจากนี้ เนื้อของมะม่วงน้ำดอกไม้สุกยังเป็นแหล่งของโพแทสเซียมและเส้นใยอาหารด้วย [4]

โพรไบโอติก (probiotic) เป็นจุลินทรีย์ที่มีชีวิตซึ่งเมื่อร่างกายได้รับในปริมาณที่เพียงพอจะทำให้เกิดผลที่เป็นประโยชน์ด้านสุขภาพ ได้แก่ แบคทีเรียแลคติก (lactic acid bacteria) เช่น *Lactobacillus* และ *Bifidobacterium* แบคทีเรียกลุ่มนี้มักพบอยู่ในอาหารประเภทหมักดองที่มีรสเปรี้ยว ในระหว่างการหมักอาหารจุลินทรีย์จะทำหน้าที่ในการเปลี่ยนสารอาหารบางชนิดให้กลายเป็นกรดแลคติก ทำให้อาหารเกิดรสเปรี้ยวและสร้างสารที่ให้กลิ่นกับอาหาร ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้เป็นจุลินทรีย์ชนิดที่ดีมีประโยชน์ต่อร่างกาย โดยผู้บริโภคสามารถเพิ่มปริมาณของโพรไบโอติกภายในลำไส้ได้โดยการบริโภคอาหารที่มีโพรไบโอติกผสมอยู่เป็นประจำ ซึ่งโพรไบโอติกมักพบได้ในอาหารหมัก เช่น โยเกิร์ต เนยแข็ง ผักดองบางชนิด และอาหารสุขภาพที่มีเส้นใย เช่น ผัก ผลไม้สด และเมล็ดธัญพืชที่ไม่ขัดสี [5]

การห่อหุ้มเซลล์ (encapsulation) เป็นวิธีการที่ช่วยเพิ่มการรอดชีวิตของโพรไบโอติกในระบบทางเดินอาหาร ใช้ป้องกันแบคทีเรียจากสภาวะที่เป็นอันตรายต่อเซลล์ และยังช่วยป้องกันเซลล์แบคทีเรียจาก bacteriophages วิธีการนี้ได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบัน โดยการห่อหุ้มหรือตรึงเซลล์แบคทีเรียที่ต้องการไว้ในวัสดุตรึงและสารที่ใช้ในการห่อหุ้ม ได้แก่ แคลเซียมอัลจิเนต (Calcium alginate) โซเดียมอัลจิเนต (Sodium alginate) คาร์ราจีแนน (Carrageenan) และเจลาติน (Gelatin) เป็นต้น [6]

เนื่องจากมะม่วงน้ำดอกไม้สามารถปลูกได้ทั่วไปในประเทศไทย มีคุณค่าทางโภชนาการ มีรสหวาน และมีกลิ่นหอม การทำผลิตภัณฑ์แปรรูปจากมะม่วงน้ำดอกไม้ให้เป็นผลิตภัณฑ์นมที่มีจุลินทรีย์โพรไบโอติกซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ เป็นเรื่องที่น่าสนใจ และยังเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารในรูปลักษณ์ที่แปลกใหม่ ซึ่งอาจทำให้เป็นที่ต้องการและดึงดูดผู้บริโภคมากขึ้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตโยเกิร์ตและการเสริมด้วยไข่มุกมะม่วงโพรไบโอติก โดยใช้มะม่วงน้ำดอกไม้มาช่วยในการแต่งกลิ่นและรสให้กับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตและไข่มุกมะม่วงโพรไบโอติก

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาปริมาณมะม่วงที่เหมาะสมต่อการทำโยเกิร์ต

นำนมพาสเจอไรซ์มาให้ความร้อนในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นเติมครีมเทียม 40 กรัม ผสมให้เข้ากันจนละลาย จากนั้นนำมาวางพักไว้ให้อุณหภูมิลดลง เติมมะม่วงแต่ละชนิด (น้ำมะม่วงเข้มข้น หรือมะม่วงฟรีซ-ดราย) โดยโยเกิร์ตสูตรที่ 1 ใช้น้ำมะม่วงเข้มข้น 30 มิลลิลิตร ต่อนม 70 มิลลิลิตร โยเกิร์ตสูตรที่ 2 ใช้น้ำมะม่วงเข้มข้น 50 มิลลิลิตร ต่อนม 50 มิลลิลิตร โยเกิร์ตสูตรที่ 3 ใช้มะม่วงฟรีซดราย 6 กรัม ต่อนม 100 มิลลิลิตร โยเกิร์ตสูตรที่ 4 ใช้มะม่วงฟรีซ-ดราย 10 กรัม ต่อนม 100 มิลลิลิตร จากนั้นเติมหัวเชื้อโยเกิร์ตทางการค้า 12 กรัม นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 45±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะเกิดเคิร์ด แล้วจึงนำโยเกิร์ตทั้ง 4 สูตร ประเมินผลความชอบทางประสาทสัมผัส เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาขั้นต่อไป

2. การศึกษาการเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติกและการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ระหว่างการหมักโยเกิร์ตมะม่วงสูตรที่คัดเลือก

เตรียมโยเกิร์ตสูตรมาตรฐานประกอบด้วยนม 100 มิลลิลิตร ครีมเทียม 40 กรัม และหัวเชื้อโยเกิร์ตทางการค้า 12 กรัม และโยเกิร์ตสูตรที่คัดเลือกได้จากการทดลองข้อที่ 1 แบ่งใส่ถ้วยให้มีน้ำหนักอยู่ที่ถ้วยละ 40 กรัม บ่มที่อุณหภูมิ 45±1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง โดยเก็บตัวอย่างโยเกิร์ตทุก ๆ 2 ชั่วโมง (0, 2, 4, และ 6 ชั่วโมง) มาวิเคราะห์ค่า pH ปริมาณกรดแลคติก และนับจำนวนแบคทีเรียโพรไบโอติก (ทำการทดลอง 2 ซ้ำ)

การวิเคราะห์ค่า pH โดยนำโยเกิร์ตมะม่วงสูตรที่คัดเลือก 1 กรัม เติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน วัดค่า pH โดยใช้เครื่อง pH meter และบันทึกผลการทดลอง

การวิเคราะห์หาปริมาณกรดแลคติก โดยวิธี Titratable acidity ตามวิธีใน AOAC (1990) [7] นำโยเกิร์ตมะม่วงสูตรที่คัดเลือก 10 กรัม ใส่ลงในฟลาสก์ขนาด 125 มิลลิลิตร จากนั้นเติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร หยดฟีนอล์ฟทาลีนความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นอินดิเคเตอร์ 1-2 หยด นำมาไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล และสังเกตจุดยุติที่ค่า pH เท่ากับ 3.90 จากนั้นนำปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ไปมาคำนวณหาปริมาณกรดแลคติก ดังสูตรต่อไปนี้

$$\text{ปริมาณกรดทั้งหมดที่ได้จากการไทเทรต (\%TA)} = \frac{V_1 \times N \times 90.08 \times 100}{1000 \times V_2}$$

V_1 คือ ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ (มิลลิลิตร)

V_2 คือ ปริมาณโยเกิร์ต (10 มิลลิลิตร)

N คือ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (0.1 นอร์มอล)

การนับจำนวนแบคทีเรียแลคติก ตามวิธีของ AOAC (1998) [8] โดยนำโยเกิร์ตมะม่วงสูตรที่คัดเลือก 25 มิลลิลิตร ใส่ลงในถุงสำหรับตีปั่น จากนั้นเติมสารละลาย Peptone water ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 225 มิลลิลิตร นำไปตีปั่นด้วยเครื่อง Stomacher เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นเจือจางตัวอย่างแบบลำดับส่วนทีละ 10 เท่า ให้มีความเข้มข้นเหมาะสมสำหรับการตรวจนับจำนวนเชื้อแบคทีเรียแลคติกด้วยเทคนิค Spread plate บนอาหาร De Man, Rogosa and Sharpe (MRS) agar บ่มที่อุณหภูมิ 35±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ใน candle jar โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ นับจำนวนโคโลนีแล้วรายงานผลในหน่วย CFU/มิลลิลิตร

3. การศึกษาการรอดชีวิตของแบคทีเรียแลคติกและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตมะม่วงสูตรที่คัดเลือก เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลา 21 วัน

เตรียมโยเกิร์ตมะม่วงสูตรที่คัดเลือกด้วยวิธีการเดียวกับการทดลองข้อ 1 โดยแบ่งโยเกิร์ตใส่ถ้วย ถ้วยละ 40 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปเก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แล้วเก็บตัวอย่างที่เวลา 0, 1, 3, 5, 7, 14 และ 21 วัน เพื่อวิเคราะห์ค่า pH ปริมาณกรดแลคติก และนับจำนวนแบคทีเรียในโยเกิร์ตด้วยวิธีการเช่นเดียวกับในข้อ 2 ตามลำดับ

การตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนเชื้อ *Escherichia coli* โดยวิธี Most Probable Number (MPN) technique โดยนำโยเกิร์ตมะม่วงสูตรที่คัดเลือก 25 มิลลิลิตร ใส่ลงในถุงสำหรับตีปั่น เติมสารละลาย Peptone water ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 225 มิลลิลิตร นำไปตีปั่นเป็นเวลา 2 นาที จากนั้นเจือจางตัวอย่างแบบลำดับส่วนทีละ 10 เท่า ให้ได้ความเจือจางเป็น 10^{-1}, 10^{-2} และ 10^{-3} ปิเปตต์ตัวอย่างปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองที่มีอาหารเพาะเชื้อ Lauryl Sulphate broth (LST) จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง คัดเลือกหลอดที่ขุ่นและเกิดแก๊ส ถ่ายของเหลว 1 loop ลงในอาหารเพาะเชื้อ Brilliant Green Bile Broth (BGLB) บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง และอาหารเพาะเชื้อ *Escherichia coli* medium (EC medium) บ่มที่อุณหภูมิ 44±0.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง สังเกตหลอดที่ขุ่นและเกิดแก๊สจากหลอดอาหารเพาะเชื้อ BGLB นำผลที่ได้ไปอ่านผลตามตาราง MPN เพื่อหาปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์ม จากนั้นถ่ายของเหลวจากหลอดอาหารเพาะเชื้อ EC medium ที่ขุ่นและเกิดแก๊สมา streak บนอาหารเพาะเชื้อ Eosin Methylene Blue (EMB) Agar บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง สังเกตลักษณะโคโลนีของเชื้อ *Escherichia coli* จากการเกิด metallic sheen โดยทำการวิเคราะห์การปนเปื้อน *Escherichia coli* ในวันที่ 7, 14 และ 21 ของการเก็บรักษาโยเกิร์ต

4. การคัดเลือกเชื้อโพรไบโอติกที่สามารถเจริญได้ดีในสภาวะกรดและเกลือน้ำดี โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Gilliland et al. [9]

นำแบคทีเรียโพรไบโอติก 4 สายพันธุ์ ได้แก่ *Lactobacillus acidophilus* TISTR 450, *L. casei* TISTR 1463, *L. lactis* TISTR 1464 และ *L. plantarum* TISTR 854 เพาะเลี้ยงในอาหารเพาะเชื้อ MRS broth บ่มที่อุณหภูมิ 35±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ใน candle jar จากนั้นเตรียมเซลล์แขวนลอยในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.85 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 625 นาโนเมตร แล้วปรับให้มีค่าความขุ่นของเซลล์เท่ากับ 0.10±0.05 ซึ่งมีปริมาณเชื้อเท่ากับ 10^8 CFU/มิลลิลิตร

การศึกษาการเจริญได้ในสภาวะกรด โดยปิเปตต์เซลล์แขวนลอยแบคทีเรียโพรไบโอติกทั้ง 4 สายพันธุ์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในอาหารเพาะเชื้อ MRS broth ที่ปรับค่า pH เป็น 2.0, 3.0, 4.0 และ 6.0 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 5 นอร์มอล จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง ใน candle jar ตรวจวัดการเจริญโดยวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 625 นาโนเมตร

การศึกษาการเจริญในสภาวะที่มีเกลือน้ำดี โดยปิเปตต์เซลล์แขวนลอยแบคทีเรียโพรไบโอติกทั้ง 4 สายพันธุ์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในอาหารเพาะเชื้อ MRS broth ที่เติมเกลือน้ำดีความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์ และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง ใน candle jar ตรวจวัดการเจริญโดยวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 625 นาโนเมตร

5. การทำไข่มุกมะม่วงโพรไบโอติกโดยวิธีเอนแคปซูเลชันและการการนับจำนวนแบคทีเรียโพรไบโอติกในไข่มุกมะม่วงโพรไบโอติก

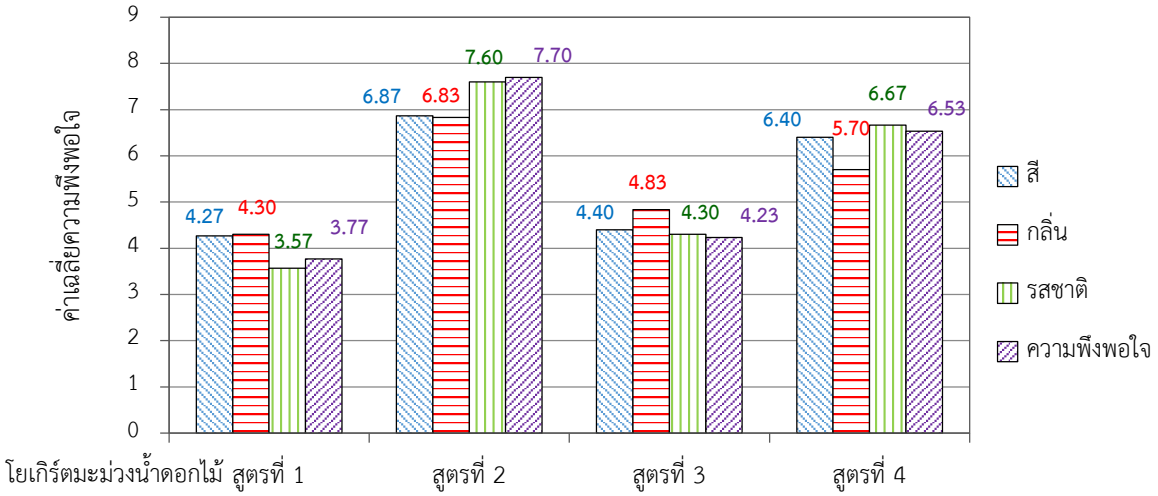
เตรียมสารละลายโซเดียมอัลจิเนตหนัก 1 กรัม ต่อปริมาตรน้ำทั้งหมด 100 มิลลิลิตร (1 เปอร์เซ็นต์) โดยชั่งอัลจิเนต 1 กรัม ละลายน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร ทำให้ปราศจากเชื้อโดยการนำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันไอที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เติมน้ำมะม่วงเข้มข้นปริมาตร 40 มิลลิลิตร เติมเซลล์แขวนลอยแบคทีเรียโพรไบโอติก ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ลงในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต ผสมให้เข้ากัน นำไปพักไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ประมาณ 30 นาที ใช้เข็มฉีดยาขนาด 10 มิลลิลิตร ดูดสารละลายผสมที่เตรียมไว้นำมาหยดลงในสารละลายแคลเซียมแลคเตทความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ พักไว้ประมาณ 20 นาที ให้เม็ดไข่มุกแข็งตัว แยกเม็ดไข่มุกออกโดยการใช้กระชอนที่ปราศจากเชื้อ ล้างด้วยน้ำกลั่นปราศจากเชื้อเป็นเวลา 1-2 นาที นำเม็ดไข่มุกใส่ในโยเกิร์ตที่ผ่านการบ่มแล้ว จากนั้นนำไปเก็บรักษาในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แล้วสุ่มตัวอย่างออกมาวิเคราะห์ที่เวลา 0, 1, 3, 5, 7, 14 และ 21 วัน

ในการวิเคราะห์จะแยกไข่มุกมะม่วงโพรไบโอติกออกจากเนื้อโยเกิร์ต ล้างด้วยน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ แล้วนำเม็ดไข่มุก 1 กรัม เติมลงในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ (pH ประมาณ 7) ปริมาตร 9 มิลลิลิตร แล้วตั้งทิ้งไว้ประมาณ 20 นาที เพื่อให้สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์เข้าไปในโครงสร้างของเม็ดไข่มุก ทำให้โครงสร้างเม็ดไข่มุกเสียสภาพ จากนั้นปั่นผสมด้วยเครื่องผสม (vortex) จนกว่าเม็ดไข่มุกจะละลาย ทำการเจือจางแบบสัดส่วนทีละ 10 เท่า และเลือกความเจือจางที่เหมาะสม นำมา Spread plate บนอาหารเพาะเชื้อ MRS agar (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ) บ่มใน candle jar ที่อุณหภูมิ 35±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนี แล้วรายงานผลในหน่วย CFU/มิลลิลิตร

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสต่อโยเกิร์ตมะม่วงน้ำดอกไม้

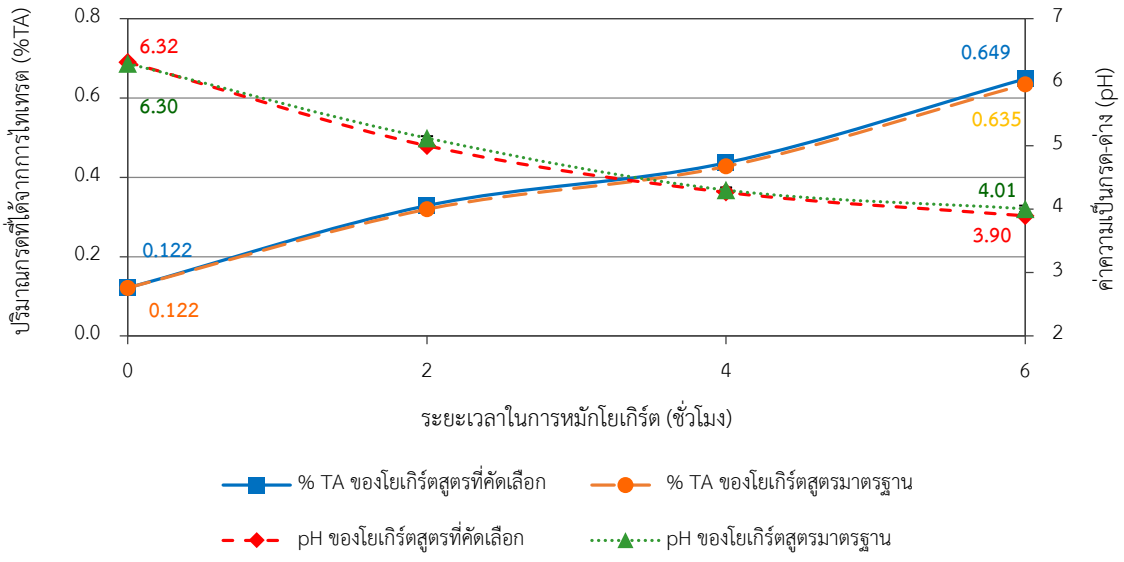
ผลจากการประเมินทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคจำนวน 30 คน ประกอบด้วยผู้ประเมินเพศชายจำนวน 10 คน เพศหญิงจำนวน 20 คน ซึ่งมีช่วงอายุระหว่าง 19-50 ปี พบว่าโยเกิร์ตสูตรที่ 2 ที่ใช้น้ำมะม่วงเข้มข้น 50 มิลลิลิตร ต่อนม 50 มิลลิลิตร มีจำนวนคนชื่นชอบมากที่สุด เนื่องจากโยเกิร์ตสูตรที่ 2 ให้เนื้อสัมผัสที่เนียน นุ่ม มีกลิ่นหอมของมะม่วง มีสีเหลืองของมะม่วงชัดเจนกว่าสูตรอื่น ๆ โดยให้ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจทางด้านสี กลิ่น รสชาติ และความพึงพอใจโดยรวมสูงกว่าสูตรอื่น ๆ ที่ทดสอบ แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของผู้ทดสอบต่อโยเกิร์ตมะม่วงน้ำดอกไม้ ทั้ง 4 สูตร จำแนกตามคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสทางด้านสี กลิ่น รสชาติ และความพึงพอใจโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์

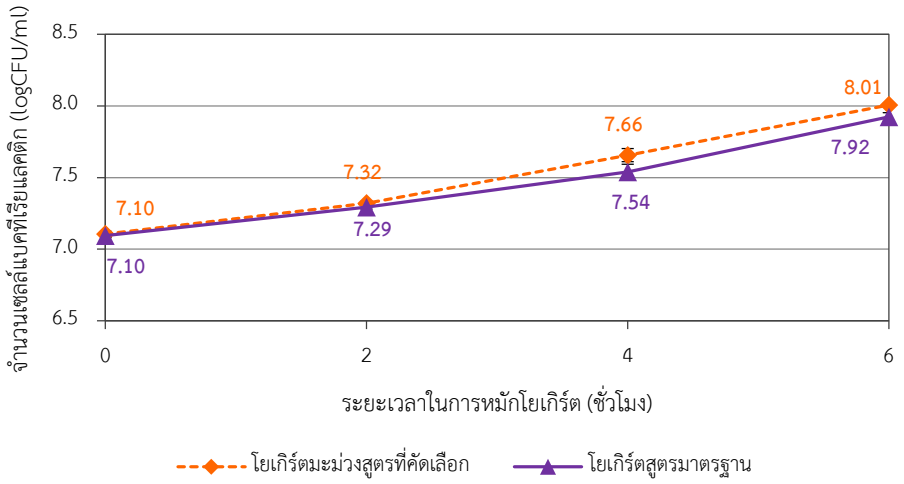
2. ผลการศึกษาการเจริญของแบคทีเรียในโยเกิร์ตและการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ระหว่างการหมักโยเกิร์ตมะม่วง

ผลการเปลี่ยนแปลงค่า pH ในระหว่างการหมักโยเกิร์ตมะม่วงน้ำดอกไม้สูตรที่คัดเลือก พบว่าค่า pH ของโยเกิร์ตลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ชั่วโมงแรกของการหมัก โดยโยเกิร์ตมะม่วงน้ำดอกไม้มีค่า pH ต่ำที่สุดเท่ากับ 3.90 ในชั่วโมงที่ 6 ของการบ่ม และในโยเกิร์ตสูตรมาตรฐานมีค่า pH ต่ำที่สุดเท่ากับ 4.01 ในชั่วโมงที่ 6 ของการบ่ม ซึ่งสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแลคติกที่ได้จากการไทเทรต พบว่าปริมาณกรดแลคติกมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ชั่วโมงแรกของการหมัก โดยโยเกิร์ตมะม่วงน้ำดอกไม้สูตรที่คัดเลือกมีปริมาณกรดทั้งหมดสูงที่สุดเท่ากับ 0.649 เปอร์เซ็นต์ ในชั่วโมงที่ 6 ของการหมัก และโยเกิร์ตสูตรมาตรฐานมีปริมาณกรดทั้งหมดสูงที่สุดเท่ากับ 0.635 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากเชื้อแบคทีเรียแลคติกมีการใช้น้ำตาลแลคโทสในน้ำนมเพื่อผลิตกรดแลคติกออกมาระหว่างการหมัก จึงทำให้ความเป็นกรดเพิ่มขึ้นและทำให้ค่า pH ของโยเกิร์ตลดลง ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงค่า pH และปริมาณกรดแลคติกที่ได้จากการไทเทรตในระหว่างการหมักของโยเกิร์ตมะม่วงน้ำดอกไม้สูตรที่คัดเลือกและโยเกิร์ตสูตรมาตรฐาน เมื่อบ่มที่อุณหภูมิ 45±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง

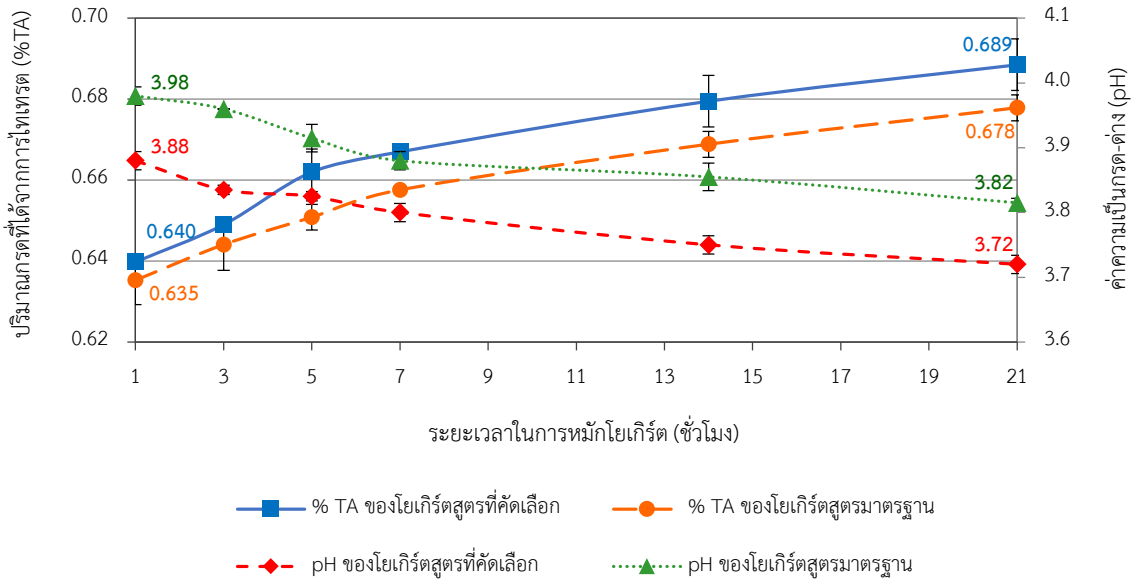
ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียแลคติกในระหว่างการหมักโยเกิร์ตมะม่วงน้ำดอกไม้สูตรที่คัดเลือกซึ่งมีปริมาณแบคทีเรียแลคติกเริ่มต้น 7.10 log CFU/มิลลิลิตร พบว่าต้นเชื้อแบคทีเรียแลคติกสามารถใช้สารอาหารในน้ำนมในการเจริญและเพิ่มจำนวน โดยปริมาณแบคทีเรียแลคติกทั้งหมดในโยเกิร์ตที่เติมมะม่วงน้ำดอกไม้มีค่าสูงกว่าโยเกิร์ตสูตรมาตรฐานเล็กน้อย โดยในโยเกิร์ตมะม่วงน้ำดอกไม้มีจำนวนแบคทีเรียแลคติกทั้งหมดสูงที่สุดเท่ากับ 8.01 log CFU/มิลลิลิตร ส่วนในโยเกิร์ตสูตรมาตรฐานมีปริมาณแบคทีเรียแลคติกทั้งหมดสูงที่สุดเท่ากับ 7.92 log CFU/มิลลิลิตร เมื่อบ่มเป็นเวลาชั่วโมงที่ 6 โดยพบว่าอัตราการเจริญของเชื้อแบคทีเรียแลคติกในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตมะม่วงน้ำดอกไม้และโยเกิร์ตสูตรมาตรฐานเป็น 0.15 log CFU/มิลลิลิตร ต่อชั่วโมง และ 0.14 log CFU/มิลลิลิตร ต่อชั่วโมง ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียแลคติกของโยเกิร์ตมะม่วงน้ำดอกไม้สูตรที่คัดเลือก และโยเกิร์ตสูตรมาตรฐาน เมื่อบ่มที่อุณหภูมิ 45±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง

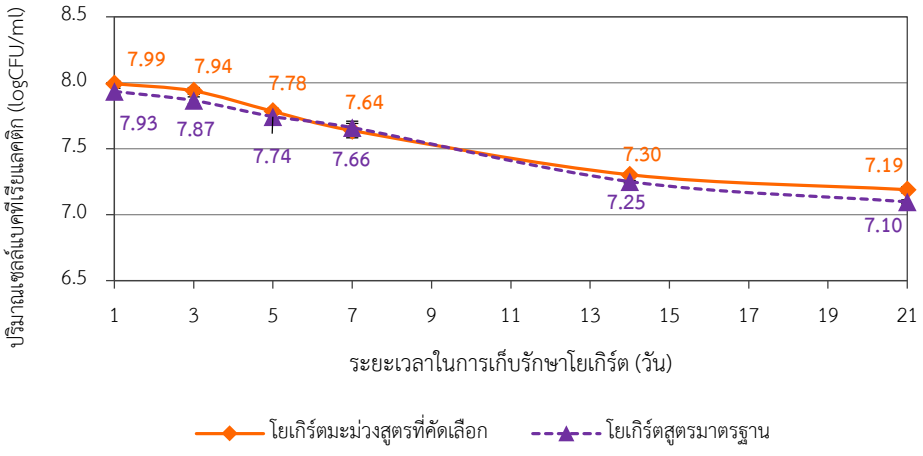
3. ผลการรอดชีวิตของเชื้อแบคทีเรียในโยเกิร์ตและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตมะม่วงสูตรที่คัดเลือก เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลา 21 วัน

ผลการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตมะม่วงน้ำดอกไม้ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ พบว่า ค่า pH ของโยเกิร์ตมะม่วงสูตรที่คัดเลือกลดลงต่ำที่สุดเท่ากับ 3.72 ในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา และโยเกิร์ตสูตรมาตรฐานมีค่า pH ลดลงต่ำที่สุดเท่ากับ 3.82 ในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา ส่วนผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแลคติกที่ได้จากการไทเทรตในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตมะม่วงน้ำดอกไม้ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ พบว่า ปริมาณกรดแลคติกที่ได้จากการไทเทรตในโยเกิร์ตมะม่วงสูตรคัดเลือกมีค่าเพิ่มขึ้นและมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 0.689 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา และโยเกิร์ตสูตรมาตรฐานมีปริมาณกรดสูงที่สุดเท่ากับ 0.678 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด และปริมาณกรดแลคติกที่ได้จากการไทเทรตของโยเกิร์ตมะม่วงน้ำดอกไม้สูตรที่คัดเลือก และโยเกิร์ตสูตรมาตรฐาน ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน

ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียแลคติกในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตมะม่วงน้ำดอกไม้ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลา 21 วัน พบว่า ปริมาณแบคทีเรียแลคติกในโยเกิร์ตมีค่าลดลงระหว่างการเก็บรักษา และมีปริมาณต่ำสุดเท่ากับ 7.19 log CFU/มิลลิลิตร ในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา และโยเกิร์ตสูตรมาตรฐานมีปริมาณแบคทีเรียแลคติกเท่ากับ 7.10 log CFU/มิลลิลิตร ในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียแลคติกของโยเกิร์ตมะม่วงน้ำดอกไม้สูตรที่คัดเลือก และโยเกิร์ตสูตรมาตรฐาน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน

ผลการตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนเชื้อ *Escherichia coli* โดยวิธี MPN technique พบว่า ไม่มีการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียโคลิฟอร์มในโยเกิร์ต ซึ่งมีค่า <0.3 MPN/มิลลิลิตร แสดงว่าการผลิตโยเกิร์ตมะม่วงน้ำดอกไม้ถูกสุขลักษณะเป็นไปตามมาตรฐานโยเกิร์ต ที่ไม่ควรมีการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียโคลิฟอร์มและ *Escherichia coli*

4. ผลการคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียโพรไบโอติกที่สามารถเจริญได้ดีในสภาวะกรดและเกลือน้ำดี

ผลการเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติกในอาหารเพาะเชื้อ MRS broth ที่ปรับค่า pH เป็น 2, 3, 4 และ 6 และอาหารเพาะเชื้อ MRS broth ที่เติมเกลือน้ำดีความเข้มข้น 0.3 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ พบว่าเชื้อ *L. lactis* TISTR 1464 สามารถรอดชีวิตได้ดีในสภาวะกรดและสภาวะที่มีเกลือน้ำดี โดยมีการเจริญในระดับปานกลางที่ pH 3 และในสภาวะที่มีเกลือน้ำดี 0.5 เปอร์เซ็นต์ และสามารถเจริญได้ดีที่ pH 4, 6 และในสภาวะที่มีเกลือน้ำดี 0.3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของการเป็นโพรไบโอติก จึงคัดเลือก *L. lactis* TISTR 1464 เพื่อนำไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 1 การเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติกในอาหาร MRS broth ที่ปรับค่า pH เริ่มต้นเป็น 2, 3, 4 และ 6 ที่อุณหภูมิ 35±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง

สายพันธุ์แบคทีเรียโพรไบโอติก	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 625 นาโนเมตร (OD_{625})			
	pH 2	pH 3	pH 4	pH 6
Lactobacillus acidophilus	(-) 0.020	(+1) 0.177	(+2) 0.610	(+4) 1.157
TISTR 450	(-) 0.033	(+1) 0.242	(+3) 0.940	(+4) 1.187
Lactobacillus plantarum	(-) 0.019	(-) 0.041	(+1) 0.216	(+2) 0.694
TISTR 854	(-) 0.011	(+1) 0.067	(+1) 0.237	(+2) 0.550
Lactobacillus casei	(-) 0.024	(+1) 0.274	(+3) 0.741	(+4) 1.245
TISTR 1463	(-) 0.031	(+2) 0.417	(+3) 0.985	(+4) 1.238
Lactobacillus lactis	(-) 0.039	(+2) 0.450	(+3) 0.973	(+4) 1.268
TISTR 1464	(-) 0.047	(+2) 0.645	(+3) 1.032	(+4) 1.273

ตารางที่ 2 การเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติกในอาหาร MRS broth ที่เติมเกลือน้ำดีเข้มข้น 0.3 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 35±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง

สายพันธุ์แบคทีเรียโพรไบโอติก	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 625 นาโนเมตร (OD_{625})	
	เกลือน้ำดี 0.3 เปอร์เซ็นต์	เกลือน้ำดี 0.5 เปอร์เซ็นต์
Lactobacillus acidophilus	(+2) 0.289	(-) 0.051
TISTR 450	(+2) 0.338	(+1) 0.062
Lactobacillus plantarum	(+1) 0.072	(-) 0.031
TISTR 854	(+1) 0.098	(-) 0.027
Lactobacillus casei	(+2) 0.476	(+1) 0.164
TISTR 1463	(+2) 0.518	(+1) 0.120
Lactobacillus lactis	(+2) 0.684	(+1) 0.270
TISTR 1464	(+3) 0.712	(+2) 0.445

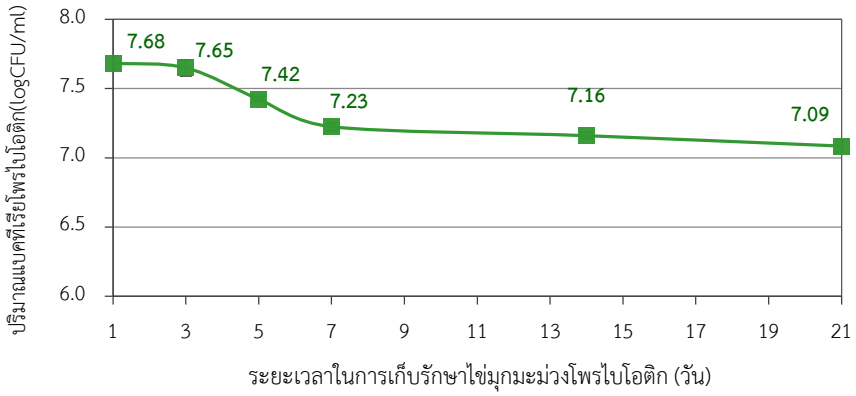
หมายเหตุ วัดการเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติก โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 625 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer โดยกำหนดระดับของการเจริญ ดังนี้

ค่า OD 0.0-0.05 แสดงว่าไม่มีการเจริญ (-) ค่า OD 0.06-0.30 แสดงว่ามีการเจริญน้อย (+1)

ค่า OD 0.30-0.70 แสดงว่ามีการเจริญปานกลาง (+2) ค่า OD 0.70-1.1 แสดงว่ามีการเจริญดี (+3) ค่า OD >1.1 แสดงว่ามีการเจริญดีมาก (+4)

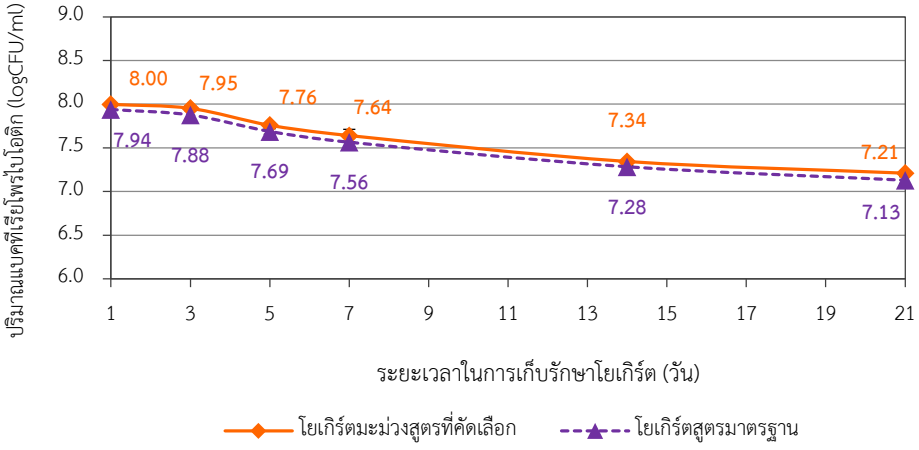
5. ผลการรอดชีวิตของเชื้อแบคทีเรียโพรไบโอติกและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในโยเกิร์ตมะม่วงน้ำดอกไม้ที่เสริมไข่มุกมะม่วงโพรไบโอติก เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลา 21 วัน

ผลการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกในไข่มุกมะม่วงโพรไบโอติก ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน พบว่า ปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกในเม็ดไข่มุกมีค่าลดลงจาก 7.68 log CFU/มิลลิลิตร เป็น 7.09 log CFU/มิลลิลิตร ในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา ซึ่งแบคทีเรียโพรไบโอติกในเม็ดไข่มุกมีปริมาณลดลงเล็กน้อย เนื่องจากการห่อหุ้มเซลล์ด้วยวิธีเอนแคปซูเลชันช่วยปกป้องเซลล์แบคทีเรียโพรไบโอติกจากสภาวะที่ไม่เหมาะสมได้ในระหว่างการเก็บรักษา แสดงดังภาพที่ 6

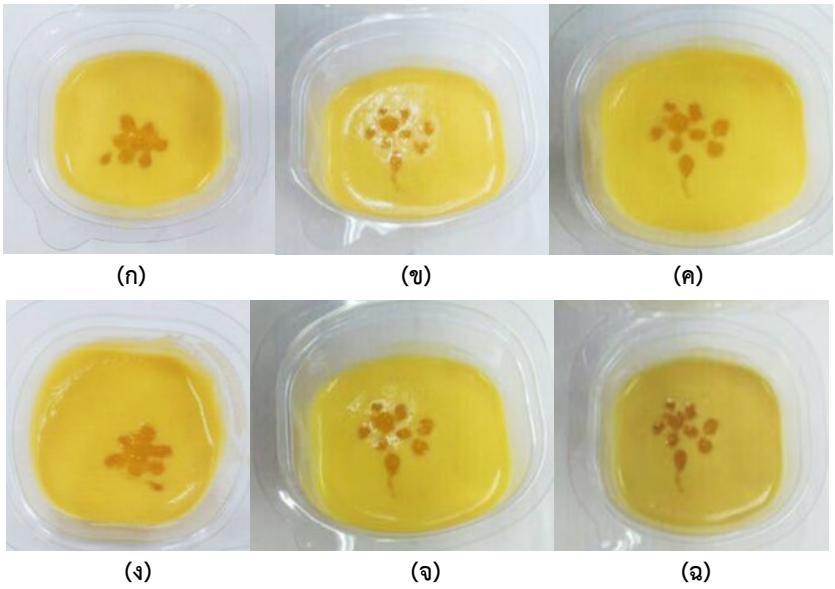


ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกในไข่มุกมะม่วงโพรไบโอติก เมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน

ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตสูตรที่คัดเลือกที่เสริมไข่มุกมะม่วงโพรไบโอติกและโยเกิร์ตมะม่วงสูตรมาตรฐาน ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน พบว่า แบคทีเรียโพรไบโอติกในโยเกิร์ตมะม่วงสูตรที่คัดเลือกมีปริมาณลดลง มีค่าเท่ากับ 7.21 log CFU/มิลลิลิตร และในโยเกิร์ตสูตรมาตรฐานที่ไม่มีการเติมมะม่วงน้ำดอกไม้ มีปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกในโยเกิร์ตลดลงมีค่าเท่ากับ 7.13 log CFU/มิลลิลิตร ในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียโพรไบโอติกของโยเกิร์ตมะม่วงน้ำดอกไม้สูตรคัดเลือกที่เสริมไข่มุกมะม่วงโพรไบโอติกและโยเกิร์ตสูตรมาตรฐาน เมื่อทำการเก็บรักษาในที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน



ภาพที่ 8 ลักษณะของโยเกิร์ตมะม่วงที่เสริมไข่มุกมะม่วงโพรไบโอติก ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส วันที่ 1 (ก) วันที่ 3 (ข) วันที่ 5 (ค) วันที่ 7 (ง) วันที่ 14 (จ) และวันที่ 21 (ฉ) ของการเก็บรักษา

สรุป

จุดเด่นของโครงงานวิจัยนี้ คือ ศึกษาการผลิตโยเกิร์ตและการเสริมไข่มุกมะม่วงโพรไบโอติก โดยใช้มะม่วงน้ำดอกไม้มาช่วยในการแต่งกลิ่นและรสให้กับผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตและไข่มุกมะม่วง ปัจจุบันมะม่วงน้ำดอกไม้สามารถเพาะปลูกได้ทั่วไปในประเทศไทย มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีรสหวาน และมีกลิ่นหอม การแปรรูปมะม่วงน้ำดอกไม้ให้เป็นผลิตภัณฑ์นมที่มีจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพคือจุลินทรีย์โพรไบโอติก เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในรูปลักษณ์ที่แปลกใหม่ รับประทานง่าย อาจทำให้เป็นที่ต้องการและดึงดูดผู้บริโภคมากขึ้น ผลการวิจัยพบว่ามะม่วงน้ำดอกไม้มีความเหมาะสมที่จะนำมาแปรรูปเป็นโยเกิร์ตและไข่มุกมะม่วงที่เสริมเชื้อโพรไบโอติก เนื่องจากมะม่วงน้ำดอกไม้มีสารอาหารหลายชนิด โดยเฉพาะน้ำตาลฟรุกโตสที่เชื้อแบคทีเรียในโยเกิร์ตสามารถนำไปใช้ในการเจริญได้ ทำให้โยเกิร์ตสูตรที่คัดเลือกมีกลิ่นหอมและรสชาติที่ดี รวมถึงสีของโยเกิร์ตน่ารับประทาน โดยการเติมมะม่วงลงในน้ำนมสำหรับทำโยเกิร์ตไม่มีผลทำให้ค่า pH และปริมาณกรดแลคติกซึ่งแตกต่างจากโยเกิร์ตสูตรมาตรฐาน นอกจากนี้ ในระหว่างการเก็บรักษาในที่อุณหภูมิต่ำ ปริมาณเชื้อในโยเกิร์ตมีปริมาณลดลงเพียงเล็กน้อย ซึ่งยังคงมีปริมาณไม่ต่ำกว่า 7.09 log CFU/มิลลิลิตร ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานด้านคุณภาพของโยเกิร์ต เมื่อมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยทำการคัดเลือกเชื้อโพรไบโอติกที่นำมาเสริมลงในไข่มุกมะม่วง พบว่าเชื้อ *L. lactis* TISTR 1464 สามารถรอดชีวิตได้ดีในสภาวะกรดและเกลือน้ำดี ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของการเป็นโพรไบโอติก เมื่อนำโพรไบโอติกมาเสริมในผลิตภัณฑ์ไข่มุกมะม่วงโดยวิธีเอนแคปซูเลชันและการเติมไข่มุกมะม่วงโพรไบโอติกลงในโยเกิร์ตไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของโยเกิร์ตอีกด้วย จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่ามะม่วงน้ำดอกไม้สามารถนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และเป็นการแปรรูปอาหารให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ เพื่อดึงดูดใจผู้บริโภค

เอกสารอ้างอิง

1. วราวุฒิ ครูส่ง และรุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. (2532) “เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรมอาหาร” หน้า 189-209 พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์ วังบูรพา. กรุงเทพมหานคร.
2. Tamime, A.Y. and Robinson, R.K. Yoghurt: science and technology. 1st ed. Pergamon Press Ltd. Headington Hill Hall. Oxford. 431 p. 1985.
3. พรรณนีย์ วิชชาชู. “มะม่วงน้ำดอกไม้ส่งออก” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.doa.go.th/kasikorn/year-5/nov_dec_55/part-3.pdf. (20 สิงหาคม 2561)
4. ณัฐฐาวีรนุช เตียวคุณากร. (2561) “การแปรรูปมะม่วง” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.m-group.in.th/article/บทความ/การแปรรูปมะม่วง.html (20 สิงหาคม 2561).
5. Tamime A. Y., Robinson R K. Tamime and Robinson's Yoghurt 3rd Edition. International Journal of Food Microbiology. 116: 174–181. 2007.
6. จุฬาลักษณ์ ชูพรหม. (2553) การห่อหุ้มเซลล์โพรไบโอติกและศึกษาการลอดชีวิตในสภาวะกรดและเกลือน้ำดี. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
7. AOAC. Official Method of Analysis. 15th ed. Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists. 1990.
8. AOAC. Bacteriological Analytical Manual. 8th ed. Gaithersburg, MD: Association of Official Analytical Chemists.1998.
9. Gilliland, S.E., T.E. Staley and L.J. Bush. Importance of bile tolerance of *L. acidophilus* strains for use as dietary adjunct. Journal of Dairy science 67 12: 3045-3051. 1984.

[INNO-004] การพัฒนาแอปพลิเคชันสื่อเสริมการเรียนรู้ระบบสุริยะด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง

Development of an Augmented Reality Technology Application to Enhance Knowledge on the Solar System

วีนา โชติช่วง* ,ชิติพัทธ์ ปานเกษม และ วิจิตรา สายแสง
Veena Chotchuang*, Chitipat Parkasem and Wijittra Saisaeng
ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: aj.vnachot@gmail.com*

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 มีรูปแบบการเรียนการสอนที่มีกำหนดให้ผู้เรียนมีส่วนร่วม และมีบทบาทมากขึ้น มีการนำเทคโนโลยีเสมือนจริง (Augmented Reality) มาประยุกต์ในการพัฒนาสื่อการเรียนการสอน เพื่อให้สร้างปฏิสัมพันธ์การเรียนรู้สำหรับผู้เรียนได้มากขึ้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาแอปพลิเคชันเสริมการเรียนรู้ระบบสุริยะด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ 2) ประเมินความพึงพอใจ โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนมณีวัฒนา จังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ สื่อการเสริมเรียนรู้เสมือนจริงระบบสุริยะ และแบบประเมินความพึงพอใจสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง สถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่นำหลักการ System Development Life Cycle (SDLC) เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา ประกอบด้วยโปรแกรม Autodesk Maya โปรแกรม Unity โปรแกรม Android Studio และเว็บไซต์ Vuforia ผลการวิจัยพบว่า งานวิจัยชิ้นนี้ ได้ผลลัพธ์ 4 อย่าง ได้แก่ 1) Marker ระบบสุริยะจักรวาลในรูปแบบของหนังสือสื่อเสริมการเรียนรู้ (AR Solar Book) 2) โมเดลดาวเคราะห์ต่างๆ ในระบบสุริยะ ในรูปแบบของ 3 มิติ 3) แอปพลิเคชัน AR galaxy รูปแบบไฟล์ .apk 4) ความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง โดยมีความพึงพอใจในด้านด้านเทคนิคมีคุณภาพในระดับดีมาก คุณภาพของสื่ออยู่ในระดับดี ด้านประสิทธิภาพในการนำเสนออยู่ในระดับดี และความพึงพอใจภาพรวมอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.22 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.63

คำสำคัญ: *เทคโนโลยีเสมือนจริง, แอปพลิเคชัน, ความพึงพอใจ*

Abstract

Nowadays, learning in the 21st century has a teaching style that requires student participation with greater role in class. The Augmented Reality Technology is applied to develop teaching and learning by using media to create more interaction among learners. The objectives of this research are to develop applications for learning about the solar system with virtual technology on the Android operating system and to evaluate satisfaction of the 30 upper secondary school students at Manee Watthana School, Bangkok, Thailand. Studied tools were solar-system virtual learning media, and the satisfaction questionnaire for learning with virtual technology. The mean and standard deviation were calculated to statistically analyze the satisfaction. This research was studied using the System Development Life Cycle (SDLC) principle, which was integrated Autodesk program, Maya program, Unity program, Android Studio program and Vuforia website. This research gained 4 outcomes which were a marker of the solar system embedded in four-color book, 3D models of various planets in the solar system, an AR galaxy application in .apk file, and the evaluation of studied group was satisfied by very good level of technique and good level of the quality of the media, presentation, and overall satisfaction.

Keywords: Augmented Reality, applications, satisfaction

บทนำ

เนื่องด้วยการเรียนรู้ในปัจจุบัน เป็นการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 มีรูปแบบการเรียนการสอนที่กำหนดให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมและมีบทบาทในโลกเสมือนจริงและโลกดิจิตัล เพื่อให้เกิดความรู้ที่แปลกใหม่ มีการเรียนรู้ที่หลากหลาย มีการนำเทคโนโลยีและคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ในสื่อการเรียนการสอน มีการนำเทคโนโลยีที่สามารถสร้างปฏิสัมพันธ์การเรียนรู้สำหรับผู้เรียนได้มากขึ้น[1] เทคโนโลยีเสมือนจริง (Augmented Reality) ได้รับความนิยมมากขึ้นในการนำมาสร้างสื่อโต้ตอบ ทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง มีความสนใจ สนุกกับการเรียนรู้ในบทเรียน ซึ่งสอดคล้องกับกาเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีกลุ่มเกสตัลท์(Gestalt psychology)[2] ที่กล่าวว่าผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยการกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าเพื่อการรับรู้ โดยรวมการเรียนรู้ด้วยตัวเอง เพื่อแก้ปัญหา สร้างทักษะ และเจตคติจากประสบการณ์เดิมเพื่อสร้างการเรียนรู้ คิดค้นสิ่งใหม่ๆ และได้ลงมือปฏิบัติจริง
เทคโนโลยีเสมือนจริง (Augmented Reality) นั้นถือได้ว่าเป็นเทคโนโลยีที่สามารถนำระบบความจริงเสริม มาผนวกกับเทคโนโลยีภาพเพื่อสร้างสิ่งที่เสมือนจริงให้กับผู้เรียน โดยผู้เรียนมีการเรียนแบบร่วมมือโดยวิธีซ้อนภาพสามมิติ ที่ให้ภาพเสมือนวัตถุนั้นลอยอยู่เหนือพื้นผิวจริง ซึ่งต่างจากสื่อการเรียนการสอนในหนังสือเรียนอาจทำให้ผู้เรียนมีความเบื่อหน่าย[3] ในการเรียนรู้เรื่องระบบสุริยะจักรวาล ดวงดาวต่างๆ ค่อนข้างจะซับซ้อนและต้องใช้จินตนาการเป็นอย่างยิ่ง ในบางครั้งผู้เรียนอาจจะเกิดการสับสนในเรื่องการโคจรของระบบดวงดาวที่ไม่ถูกต้อง การแสดงข้อมูลที่ไม่ชัดเจน ส่งผลทำให้ผู้เรียนตีความผิดพลาด จากการมองจิตนาการภาพนิ่งในหนังสือเรียน การศึกษาระบบสุริยะนี้ ได้บรรจุเนื้อหาเข้ากับการเรียนการสอนในระดับชั้นประถมศึกษาตอนปลาย การนำเอาเทคโนโลยี AR (Augmented Reality) เข้ามามีบทบาทในด้านการเรียนรู้ทำให้เกิดแรงกระตุ้นให้เด็กอยากเรียนรู้สิ่งแปลกใหม่และดูน่าสนใจมากขึ้น เนื่องด้วยมีภาพ 3 มิติสามารถเห็นรูปทรงได้อย่างชัดเจนเป็นมุมมองแบบ 360 องศาสามารถเห็นการเคลื่อนไหวการโคจรได้อย่างชัดเจนและเข้าใจมากขึ้น ในการพัฒนาสื่อเสริมการเรียนการสอนในเรื่องระบบดวงดาว มาประยุกต์ใช้ในการนำเสนอด้วยการ สร้างแอปพลิเคชันบนแอนดรอย์เปิดกล้องเพื่อเป็นตัวอ่าน Marker โดยจุดที่ Marker นั้น อยู่บนหนังสือซึ่งจะมีรูปดวงดาวหรือระบบสุริยะ เมื่อผู้เรียนนำกล้อง Smart Phone ส่องไปยังหนังสือ จะแสดงรูปทรงดวงดาวออกมาเป็นภาพสามมิติ และเมื่อผู้เรียนส่องจะมีการบอกรายละเอียดพื้นผิวบนดาวนั้นๆและบททดสอบหลังเรียน ทั้งนี้ผู้วิจัยหวังที่จะประยุกต์ใช้เทคโนโลยี AR (Augmented Reality) กับการนำเสนอเรื่องระบบดวงดาว ให้มีความน่าสนใจและแปลกใหม่มากขึ้น โดยสามารถให้ผู้เรียนมีความเข้าใจและเกิดแรงกระตุ้นทางการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันเสริมการเรียนรู้ระบบสุริยะด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์
2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย ที่มีต่อสื่อเสริมการเรียนรู้เสมือนจริง

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนมณีวัฒนา กรุงเทพมหานคร ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2561
2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนมณีวัฒนา กรุงเทพมหานคร กำลังศึกษาอยู่ในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 30 คน เป็นสุ่มอย่างง่าย(Simple Random Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. สื่อเสริมการเรียนรู้ระบบสุริยะด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์
2. แบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อสื่อเสริมการเรียนรู้ระบบสุริยะด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย มี 7 ขั้นตอน ได้แก่

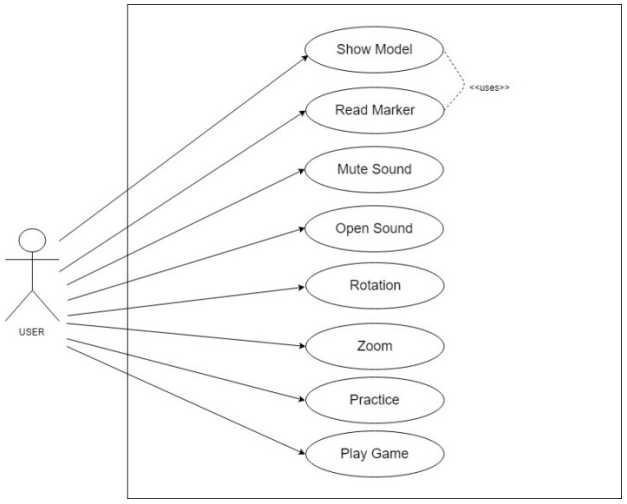
งานวิจัยชิ้นนี้ มีการพัฒนาด้วยหลักการของ System Development Life Cycle (SDLC) [5] ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดปัญหาและการศึกษาความเป็นไปได้(Problem Definition and Feasibility Study) เอกสารที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนหนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องระบบสุริยะ[6] ในระดับประถมศึกษาตอนปลายโดยการสัมภาษณ์ครูผู้สอนในหมวดรายวิชาดังกล่าว เพื่อให้สามารถทราบถึงเนื้อหา ความต้องการ และองค์ประกอบในการพัฒนาแอปพลิเคชัน

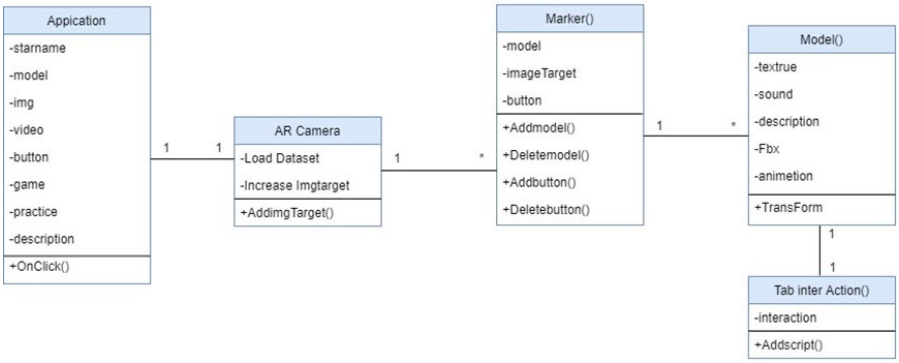
ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์ (System Analysis) นำข้อมูลที่ได้ ปัญหาที่พบ ความต้องการ ทำการรวบรวมวิเคราะห์ สร้างกรอบแนวคิด และเลือกใช้เครื่องมือในการพัฒนาที่เหมาะสม

ขั้นตอนที่ 3 การออกแบบ (System Design) ประกอบด้วย

1) การออกแบบ Diagram ต่างๆ โดยนำข้อมูลที่รวบรวมมาทำการวิเคราะห์และออกแบบส่วนต่างๆ ของระบบ โดยนำเสนอผ่านทางแผนการภาพต่างๆ ประกอบด้วย Use case Diagram, Class Diagram, Sequence Diagram

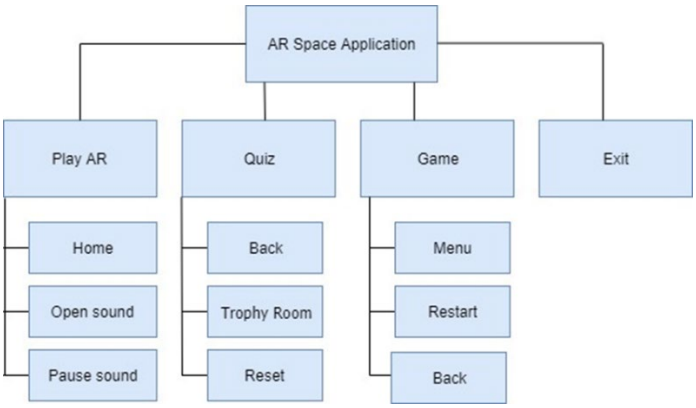


ภาพที่ 1 แสดง Use Case Diagram ระบบ



ภาพที่ 2 แสดง Class Diagram

2) การออกแบบหน้าจอแอปพลิเคชัน ในการออกแบบ User Interface นั้น ใช้หลักการ User Experience (UX design) ซึ่งเป็นการออกแบบโดยเน้นการใช้งานง่ายเป็นหลัก โดยทุกหน้าแอปพลิเคชันจะต้องสามารถมีปุ่ม Home หรือปุ่ม Back เพื่อกลับไปยังหน้าหลักของแอปพลิเคชันได้ รูปแบบหน้าจอแอปพลิเคชัน โครงสร้างดังนี้



ภาพที่ 3 แสดงโครงสร้างของแอปพลิเคชัน

ขั้นตอนที่ 4 การพัฒนา(System Development) มีขั้นตอนในการพัฒนา ดังนี้

1) นำรูปภาพที่ได้ทำเป็นมาร์คเกอร์ นำเข้าโปรแกรม Unity 3D ร่วมกับ Vuforia (www.vuforia.com) และทำการเชื่อมโยงมาร์คเกอร์ที่พัฒนาขึ้นกับโมเดล 3 มิติ

2) พัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยใช้ โปรแกรม Android Studio

3) ได้ไฟล์ .apk จากโปรแกรม Android Studio และนำไปติดตั้งบนสมาร์ทโฟนหรือแท็บแลต

ซึ่งในการพัฒนาจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 การพัฒนาโมเดล 3 มิติ พัฒนามาร์คเกอร์ (Marker) นำรูปภาพมาพัฒนาเป็นมาร์คเกอร์ และรวบรวมไว้ในหนังสือสื่อเสริมการเรียนรู้ (AR Solar Book)

ส่วนที่ 2 การออกแบบหนังสือสื่อเสริมการเรียนรู้ (AR Solar Book) การออกแบบในรูปแบบของหนังสือภาพสื่อเสริมการเรียนรู้ ประกอบด้วยเนื้อหาระบบสุริยะ โดยครอบคลุมและสอดคล้องตามการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในระดับประถมศึกษาตอนปลาย ซึ่งในการออกแบบหน้าจอและการใช้งาน ทำการออกแบบโดยการนำหลักการ Flat Design มาประยุกต์ใช้ให้เข้ากับระบบ ประกอบด้วยหน้าจอหลักของแอปพลิเคชันมีปุ่มเมนูดังต่อไปนี้ Play AR, Quiz, Game, Exit ดังภาพ

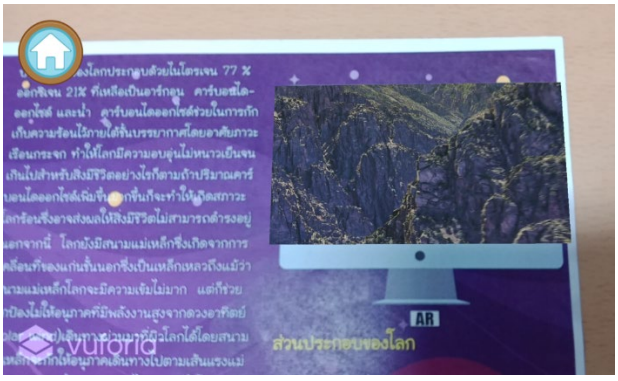


ภาพที่ 4 แสดงหน้าจอหลักของแอปพลิเคชัน



ภาพที่ 5 แสดงหน้าจอเมื่อกดปุ่ม Play AR

เมื่อกดที่ปุ่ม Play AR จะปรากฏกล้องในสมาร์ทโฟนขึ้นมา เพื่อให้ผู้ใช้สามารถส่องไปที่ Marker ในที่นี้คือ หนังสือสื่อเสริมการเรียนรู้ (AR Solar Book) เพื่อให้แสดงโมเดลสามมิติ และข้อมูลอธิบายรายละเอียดของดาว ดวงต่างๆ ที่ต้องการ โดยมีลักษณะเป็นเสียงบรรยายประกอบ สามารถเลือกเปิดและปิดเสียงบรรยายอธิบายได้ นอกจากนี้ผู้เรียนยังสามารถเลือกวิดีโอที่ตนเองสนใจและสามารถกดกลับไปหน้าหลักได้โดยปุ่ม Home สามารถเปิดและปิดเสียงอธิบายได้



ภาพที่ 6 แสดง Marker Video

เมื่อทำการส่อง Marker Video แอปพลิเคชันจะปรากฏวิดีโอแสดงอัตโนมัติ ในกรณีที่ผู้ใช้ยกเลิกส่องมาร์คเกอร์วีดีโอก่อนที่วีดีโอจบ เมื่อกลับมาส่องใหม่ วีดีโอจะสามารถเล่นต่อจากเดิมได้อัตโนมัติ สำหรับหน้าจอสำหรับส่อง Marker ส่วนประกอบของดาวเมื่อกล้องส่องไปที่ Marker จะปรากฏชั้นส่วนประกอบของดาวนั้นๆ พร้อมชี้ตำแหน่งแต่ละชั้นของดาวนั้นๆและมีปุ่มกดดูวีดีโออธิบายส่วนประกอบของดวงดาว ดังภาพที่ 7

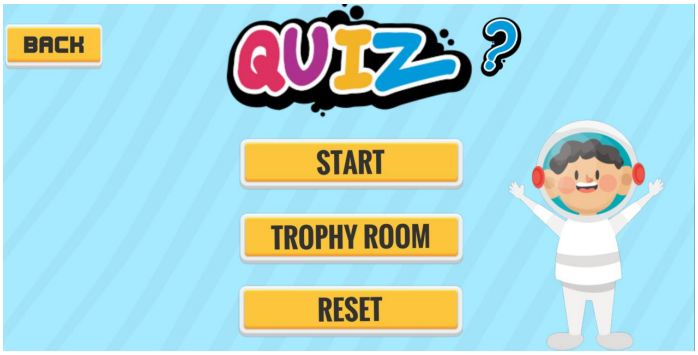


ภาพที่ 7 แสดงหน้าส่อง Marker Video ส่วนประกอบของดาวแต่ละดวง



ภาพที่ 8 แสดงหน้าอธิบายจุดเด่นของดวงดาวเมื่อกดปุ่มรูปหนังสือ

หน้าจอสำหรับแสดงคำอธิบายจุดเด่นของดวงดาว เมื่อกดปุ่มรูปหนังสือจะแสดงข้อมูลรายละเอียดขึ้นมาในลักษณะ Popup นอกจากนี้ แอปพลิเคชันยังมีแบบทดสอบ (Quiz) เพื่อให้ผู้เรียนได้ทำการทบทวนความรู้ที่ได้จากการใช้สื่อเสริมการเรียนรู้ ดังภาพที่ 9 และ ภาพที่ 10 โดยแบบทดสอบจะมีทั้งหมด 10 ข้อ เมื่อผู้เรียนได้ทดสอบครบ 10 ข้อและ มีการแสดงคะแนนรวมเพื่อให้ทราบอีกด้วย



ภาพที่ 9 แสดงหน้าจอของ Practice



ภาพที่ 10 หน้าจอของ Practice คำถามข้อที่ 1

ขั้นตอนที่ 5 การทดสอบระบบ (System Testing) ในขั้นตอนนี้ เป็นการทดสอบแอปพลิเคชันก่อนนำไปใช้จริง มีการทดสอบการทำงานของฟังก์ชันต่างๆ โดยนำแอปพลิเคชันที่พัฒนาเสร็จเรียบร้อยทำการติดตั้งเพื่อทดสอบด้วยวิธีแบบ Black box Testing [7] โดยพิจารณาจากการนำข้อมูลนำเข้า(input) และผลลัพธ์ที่ได้ว่าตรงตามความต้องการหรือไม่ ซึ่งเป็นการทดสอบก่อนนำไปใช้งาน และมีการประเมินทั้ง 4 ด้าน ได้แก ด้านความเหมาะสมและการทำงานของระบบ (Functional Requirement Test) ด้านความถูกต้องในการทำงานของระบบ(Functional Test) ด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานของระบบ(Usability Test) และด้านความรวดเร็วในการทำงานของระบบ(Performance Testing) ซึ่งเป็นการทดสอบโดยผู้เชียวชาญด้านสื่อก่อนที่จะนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 6 การติดตั้ง (Implementation) เป็นขั้นตอนในการนำแอปพลิเคชันอัปโหลดเข้าสู่สมาร์ทโฟนในระบบปฏิบัติการแอนดรอย์ และมีการทดลองการใช้แอปพลิเคชัน โดยให้กลุ่มตัวอย่างเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล จำนวน 30 คน ดังนี้

1) กำหนดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองแอปพลิเคชัน ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนมณีวัฒนา กรุงเทพมหานคร กำลังศึกษาอยู่ในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 30 คน

2) ชี้แจงให้กลุ่มตัวอย่างทราบถึงวัตถุประสงค์ และวิธีการใช้งานแอปพลิเคชัน

ขั้นตอนที่ 7 การบำรุงรักษา (Maintenance) เป็นขั้นตอนการตรวจสอบข้อมูลและความถูกต้องระหว่างที่ได้ดำเนินการใช้งานแอปพลิเคชัน ตลอดจนทำการปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาดต่างๆ ให้มีความถูกต้องอยู่เสมอ

2) ประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชันสื่อเสริมการเรียนรู้ระบบสุริยะด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ทำการสร้างแบบสอบถามเพื่อประเมินคุณภาพแอปพลิเคชัน สำหรับผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อทำการประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชัน

3) เก็บรวบรวมข้อมูลและแปลผลทางสถิติ

เมื่อพัฒนาสถิติที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและปรับปรุงมาจากแบบประเมินคุณภาพสื่อ ของก้องเกียรติ วิจิตรขจี [8] เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคิร์ท (Likert) [9]โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินแปรผลตามค่าเฉลี่ย ดังนี้

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 – 5.00 หมายความว่า ระดับดีมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.50 – 4.49 หมายความว่า ระดับดีมาก
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.50 – 3.49 หมายความว่า ระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.50 – 2.49 หมายความว่า ระดับน้อย
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.00 – 1.49 หมายความว่า ระดับน้อยที่สุด

ผลการวิจัย

ผลจากการพัฒนาแอปพลิเคชันสื่อเสริมการเรียนรู้ระบบสุริยะด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง พบว่า ได้ผลลัพธ์ 4 อย่างคือ

1) Marker ระบบสุริยะจักรวาลในรูปแบบของหนังสือสี่สี

2) โมเดลดาวเคราะห์ต่างๆ ในระบบสุริยะ ในรูปแบบของ 3 มิติ ได้แก่ โมเดลดวงดาวทั้งหมด 8 ดวงดังนี้ ดาวพุธ (Mercury) ดาวศุกร์ (Venus) โลก (Earth) ดาวอังคาร (Mars) ดาวพฤหัส (Jupiter) ดาวเสาร์ (Saturn) ดาวยูเรนัส (Uranus) ดาวเนปจูน (Neptune) โมเดลการโคจรของดาวต่างๆ ในระบบสุริยะ(Solar System)

3) แอปพลิเคชัน AR galaxy รูปแบบไฟล์ .apk สามารถติดตั้งในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

4) ผลประเมินความพึงพอใจของนักเรียนในระดับประถมศึกษาตอนปลาย จำนวน 30 คน โดยมีภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก $\overline{X}$ =4.22 , S.D. =0.63

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อสื่อเสริมการเรียนรู้ระบบสุริยะด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

หัวข้อการประเมิน	$\overline{X}$	*SD.*	ระดับความพึงพอใจ
1. เนื้อหามีความครบถ้วน	3.98	0.86	ดีมาก
2. การนำเสนอเนื้อหามีความน่าสนใจ	4.02	0.75	ดีมาก
3. การนำเสนอเนื้อหามีความเข้าใจง่าย	4.03	0.50	ดีมาก
4. สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตัวเอง	4.07	0.53	ดีมาก
5. ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา	4.19	0.77	ดีมาก
6. คุณภาพของสื่อมีระเบียบและเข้าใจง่าย	4.33	0.58	ดีมาก

7.	ข้อมูลที่นำเสนอแต่ละหน้าจอมีความเหมาะสม	4.00	0.53	ดีมาก
8.	เทคนิคการใช้ภาพและสื่อวีดีทัศน์มีความเหมาะสม	4.52	0.58	ดีมากที่สุด
9.	ประสิทธิภาพและวิธีการในการนำเสนอมีความง่าย	4.42	0.58	ดีมาก
10.	แอปพลิเคชันทำงานได้อย่างรวดเร็ว	4.67	0.59	ดีมากที่สุด
	รวม	4.22	0.63	ดีมาก

จากตารางที่ 1 การสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อสื่อเสริมการเรียนรู้ระบบสุริยะด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ได้ผลดังนี้ คุณภาพของแอปพลิเคชันในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.22 ,S.D.=0.63) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า แอปพลิเคชันมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมากและดีมากที่สุด ได้แก่หัวข้อ เทคนิคการใช้ภาพและสื่อวีดีทัศน์มีความเหมาะสม ($\overline{X}$ = 4.52 ,S.D.=0.58) แอปพลิเคชันทำงานได้อย่างรวดเร็ว ($\overline{X}$ = 4.67,S.D.=0.59) ทั้งสองมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมากที่สุด ลำดับต่อไป มีคุณภาพในระดับดีมาก ได้แก่ เนื้อหามีความครบถ้วน ($\overline{X}$ = 3.98,S.D.=0.86) การนำเสนอเนื้อหามีความน่าสนใจ ($\overline{X}$ = 4.02,S.D.=0.75) การนำเสนอเนื้อหามีความเข้าใจง่าย ($\overline{X}$ = 4.03,S.D.=0.50) สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตัวเอง ($\overline{X}$ = 4.07,S.D.= 0.53) ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา ($\overline{X}$ = 4.19,S.D.=0.77) ภาพข้อความมีระเบียบและเข้าใจง่าย ($\overline{X}$ = 4.33,S.D.=0.58) ข้อมูลที่นำเสนอแต่ละหน้าจอมีความเหมาะสม($\overline{X}$ = 4.00,S.D.=0.53) และวิธีการในการนำเสนอมีความง่าย($\overline{X}$ = 4.42,S.D.=0.58) ตามลำดับ

การอภิปรายและสรุปผลการวิจัย

การพัฒนาแอปพลิเคชันสื่อเสริมการเรียนรู้ระบบสุริยะด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง ได้สำเร็จสมบูรณ์ มีผลความพึงพอใจจากกลุ่มเป้าหมายที่ทำการทดลอง ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้เกิดจากในกระบวนการพัฒนา ได้มีการแบ่งการทำงานอย่างชัดเจนเป็นขั้นตอนตามแนวทางของการพัฒนาด้วยหลักการของ System Development Life Cycle (SDLC) มีการออกแบบหน้าจอของแอปพลเคชัน การออกแบบมาร์คเกอร์ และโมเดลสามมิติ ตามความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย มีการกระตุ้นความน่าสนใจให้กับผู้เรียนตามหลักการเรียนรู้มากกว่าการอ่านหนังสือเรียนโดยทั่วไป มีรูปภาพและวีดีทัศน์ประกอบที่น่าสนใจและเหมาะสมกับเนื้อหาตามหลักสูตรประถมศึกษาตอนปลาย ในการนำเสนอนั้นเน้นความกระชับ เข้าใจง่าย และสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตัวเองเป็นสื่อเสริมการเรียนอีกชิ้นหนึ่ง สำหรับการพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อใช้งานในระบบปฏิบัติการแอนดรอย์นั้น ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม Unity ร่วมกับ Vuforia เพื่อทำการเชื่อมโยงมาร์กเกอร์ผ่านกล้องสมาร์ทโฟนและแสดงภาพสามมิติที่ตรงกันได้ การใช้งานจำเป็นต้องใช้ร่วมกับหนังสือสื่อเสริมการเรียนรู้ (AR Solar Book) ที่ออกแบบเนื้อหาสรุปสาระความรู้ ในรูปแบบของหนังสือสี่สี ผลทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานในภาพรวมอยู่ในระดับที่ดีมาก โดยมีความถูกต้องในการทำงาน ความเหมาะสมและความสะดวก รวดเร็วในการทำงาน การนำเสนอเนื้อหามีความเข้าใจง่าย ($\overline{X}$ = 4.03,S.D.=0.50) สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตัวเอง ($\overline{X}$ = 4.07,S.D.= 0.53) สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ สุพรรณพงศ์ วงศ์ศรีเพ็ง(2554)[10] ได้ศึกษาเรื่องการประยุกต์การใช้เทคนิคความจริงเสริมเพื่อใช้ในการสอนพยัญชนะไทย โดยการพัฒนาดังกล่าวจะช่วยให้ผู้สอนมีรูปแบบของการเรียนการสอนที่แปลกใหม่ ช่วยเพิ่มความน่าสนใจกับผู้เรียน ซึ่งในการพัฒนาระบบดังกล่าวได้นำเอาเทคนิคความจริงเสริมมาประยุกต์ในการเรียนการสอน เนื่องจากเป็นเทคนิคที่น่าสนใจและเหมาะกับการเรียนการสอน

ในการเรียนรู้ผ่านแอปพลิเคชันสื่อเสริมการเรียนรู้ระบบสุริยะด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงนั้น พบว่า ผู้เรียนที่เป็นกลุ่มทดลองมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ มีความร่วมมือในการทำกิจกรรม มีการช่วยเหลือกันและกันเป็นอย่างดี ทำให้การเรียนการสอนเกิดความสนุก ไม่น่าเบื่ออีกต่อไป อีกทั้งผู้เรียนได้เห็นภาพที่ชัดเจนในเรื่องระบบสุริยะจักรวาล สามารถเรียนรู้ได้เอง เกิดความสนุกสนานในการเรียน

ข้อเสนอแนะการวิจัย

1. ในการออกแบบแอปพลิเคชันนั้น ในส่วนของการออกแบบหน้าจอ ทั้งเนื้อหา สื่อที่เป็นรูปภาพและวีดีทัศน์ ควรมีการปรับขนาดให้เหมาะสมกับการแสดงผลในขนาดหน้าจอและมีความยืดหยุ่นมากขึ้น
2. การพัฒนาแอปพลิเคชัน ควรเลือกจุดมาร์กเกอร์ที่มีขนาดใหญ่หรือพอดี และเลือกจุดมาร์กเกอร์ที่มีรายละเอียดมากๆ เพื่อการประมวลผลให้แม่นยำมากขึ้น
3. การพัฒนาแอปพลิเคชันสื่อเสริมการเรียนรู้ระบบสุริยะด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง ที่พัฒนาขึ้นนี้ ควรนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมศักยภาพของแต่ละบุคคลที่มีความแตกต่างกันจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถศึกษาได้ตามความต้องการของตนเอง สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองไม่รู้สึกเครียดในการเรียนรู้ รวมถึงยังสามารถใช้เป็นสื่อเสริมการเรียนการสอน ในการทบทวนเนื้อหาได้หลายครั้งจนกว่าจะเข้าใจ
4. ควรพัฒนาให้เป็นแนวทางในการเรียนการสอนรายวิชาอื่นๆ ที่ต้องการให้ผู้เรียนเห็นภาพ และสร้างเสริมจินตนาการการเรียนรู้มากขึ้นด้วย

เอกสารอ้างอิง

1. ฐิติยา แย้มนิ่มนวล. ผลของการให้คำปรึกษากลุ่มตามทฤษฎีเกสตัลท์ที่มีต่อความสามารถในการเผชิญและฝ่าฟันอุปสรรคของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพแผนกช่างอุตสาหกรรม.[วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต].ชลบุรี:มหาวิทยาลัยบูรพา;2555.
2. ชวนพิศ จะรา. การพัฒนาการเรียนด้วยเทคโนโลยีผสานความจริง(AR)ร่วมกับนิทานสองภาษาโดยกระบวนการสุ่มเพื่อส่งเสริมทักษะทางด้านภาษาด้านการฟังของเด็กปฐมวัย.[วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต].กรุงเทพฯ:มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ;2556.
3. ปัญจรัตน์ ทับเปีย.การพัฒนาชุดสื่อประสมแบบโลกเสมือนผสานจริงเรื่องโครงสร้างและการทำงานของหัวใจสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5.[วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต].กรุงเทพฯ:มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ;2555.
4. สุบิน ไชยยะ. การใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงในห้องสมุดประชาชน. วารสารบรรณศาสตร์ มศว. 2560;134-146.
5. อรยา ปรีชาพานิช. คู่มือเรียนการวิเคราะห์และออกแบบระบบ(ฉบับสมบูรณ์).กรุงเทพฯ :ไอดีซี พรีเมียร์ บจก.;2557.
6. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.).หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4.กรุงเทพฯ :โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย;2561.
7. บล็อกแลกเปลี่ยนความรู้ การวิเคราะห์และการออกแบบระบบสำหรับธุรกิจ[อินเทอร์เน็ต].2561 [เข้าถึงเมื่อ 17 ต.ค.2561]. เข้าถึงได้จาก: http://04126030sasd.blogspot.com/2011/09/black-box-testing-and-white-box-testing.html
8. ก้องเกียรติ วิจิตขจี.การพัฒนาการพัฒนาเทคโนโลยีเสมือนจริงส่งเสริมการเรียนรู้ศัพท์ภาษาอังกฤษ.[วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต].มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.2558.
9. บุญชม ศรีสะอาด. การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น. 2545.
10. สุพรรณพงศ์ วงษ์ศรีเพ็ง.การประยุกต์ใช้เทคนิคความจริงเสมือนเพื่อใช้ในการสอนเรื่องพยัญชนะภาษาไทย.[วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต].กรุงเทพฯ :มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ;2554.

[INNO-005] การพัฒนาแอปพลิเคชันส่งเสริมความสัมพันธ์ภายในครอบครัวโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโมบายและเครือข่ายสังคมออนไลน์

Family Relationship Support Application by using Mobile and Social Network Technology

จรรยา แหยมเจริญ และ พัฒบดินทร์ ตั้งสัจจะธรรม*
Yamcharoen J. and Tangsatjatam P.*
ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: gearspoon4@gmail.com*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาแอปพลิเคชันส่งเสริมความสัมพันธ์ภายในครอบครัวโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโมบายและเครือข่ายสังคมออนไลน์ และ 2) ศึกษาความพึงพอใจการใช้งานแอปพลิเคชันส่งเสริมความสัมพันธ์ภายในครอบครัวโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโมบายและเครือข่ายสังคมออนไลน์ กลุ่มเป้าหมาย คือ บุคคลทั่วไปที่ใช้โทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ จำนวน 20 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แอปพลิเคชันส่งเสริมความสัมพันธ์ภายในครอบครัวโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโมบายและเครือข่ายสังคมออนไลน์ และแบบสอบถามความพึงพอใจการใช้งานแอปพลิเคชันส่งเสริมความสัมพันธ์ภายในครอบครัวโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโมบายและเครือข่ายสังคมออนไลน์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า ฟังก์ชันต่างๆ ของแอปพลิเคชันสามารถทำงานได้ตามที่กำหนดไว้ทั้ง 5 ส่วน ประกอบด้วย การสมัครเข้าใช้งานระบบ การสร้างกลุ่มสำหรับครอบครัว การสนทนาแบบเดี่ยวและแบบกลุ่ม การติดตามสมาชิกในครอบครัวด้วย Location Based Services และ การส่งสัญญาณฉุกเฉิน (SOS) และผลการประเมินความพึงพอใจการใช้งานแอปพลิเคชัน อยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.19 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.65

คำสำคัญ: *ครอบครัว, บริการบอกตำแหน่งทางภูมิศาสตร์, แอนดรอยด์*

Abstract

The objectives of this research were 1) develop a Family Relationship Support Application by using Mobile and Social Network Technology, and 2) study user's satisfaction with using the Family Relationship Support Application by using Mobile and Social Network Technology. The samples consisted of 20 people who use a mobile phone with an Android operating system. The tools used in this study involved the Huggs application and user satisfaction questionnaire. The statistics used in data analysis were the mean and standard deviation. The research result revealed that: the application can operate by defining functionality consisted of 5 parts, namely Registration and Login, Create family group, Chat online, Family tracking with Location Based Services, and Send SOS. And the users' showed satisfaction with using the Family Relationship Support Application by using Mobile and Social Network Technology at the high level ($\bar{x}$ = **4.19 and S.D.** = **0.65**).

Keywords: *family, Location Base Service, Android*

บทนำ

ในการติดต่อสื่อสารระหว่างผู้คนในปัจจุบันได้เปลี่ยนจากการสื่อสารแบบเผชิญหน้า (Face to face communication) มาเป็นการติดต่อสื่อสารผ่านเทคโนโลยีและอุปกรณ์พกพาแบบไร้สาย (Mobile Device Technology) โดยเฉพาะ

โทรศัพท์เคลื่อนที่ หรือโทรศัพท์มือถือ (Mobile Phone) ที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างสูง และกำลังเข้ามาแทนที่เครื่องคอมพิวเตอร์และโทรศัพท์พื้นฐานที่ถูกใช้งานลดลง ในขณะที่มีจำนวนผู้ใช้งานโทรศัพท์มือถือสูงขึ้น รวมถึงมีจำนวนผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ตก็สูงขึ้นด้วย โดยเฉพาะในครัวเรือนที่มีการใช้งานอินเทอร์เน็ตจากโทรศัพท์มือถือหรืออุปกรณ์พกพาเพิ่มขึ้น จากการสำรวจการมีการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในครัวเรือน พ.ศ. 2561 (ไตรมาส 1) ของ สำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม [(1)] พบว่า จากจำนวนประชากรที่มีอายุ 6 ปีขึ้นไป จำนวน 63.3 ล้านคน มีผู้ใช้ที่มีโทรศัพท์มือถือเพิ่มขึ้น จากร้อยละ 77.2 (จำนวน 48.1 ล้านคน) เป็น ร้อยละ 89.6 (56.7 ล้านคน) ส่วนใหญ่ใช้อินเทอร์เน็ตตามสถานที่ต่างๆ ผ่านโทรศัพท์มือถือ ร้อยละ 89.9 และจากการสำรวจครัวเรือนจำนวน 21.4 ล้านครัวเรือน มี 14.5 ล้านครัวเรือนที่มีการใช้งานอินเทอร์เน็ต (ร้อยละ 67.7) ในการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตของครัวเรือนโดยมากใช้โทรศัพท์มือถือเป็นอุปกรณ์ในการเข้าถึง ประกอบกับการดำเนินชีวิตของผู้คนในปัจจุบันล้วนต้องเร่งรีบ เวลาที่จะสื่อสารกันภายในครอบครัวค่อนข้างน้อยจึงส่งผลกระทบต่อความสัมพันธ์ภายในครอบครัว ส่วนใหญ่จะสื่อสารกันผ่านโทรศัพท์มือถือและแอปพลิเคชั่นที่ใช้ในการส่งข้อความออนไลน์ อาทิเช่น Line, Facebook Messenger ดังนั้น จากการที่สมาชิกในครอบครัวมีการใช้อุปกรณ์โทรศัพท์มือถือส่วนตัวในชีวิตประจำวันเพิ่มมากขึ้น และเพื่อเป็นการเพิ่มช่องทางในการสื่อสารระหว่างสมาชิกในครอบครัวและพัฒนาความสัมพันธ์ระหว่างคนในครอบครัว ผู้ศึกษาจึงได้พัฒนาแอปพลิเคชันส่งเสริมความสัมพันธ์ภายในครอบครัวโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโมบายและเครือข่ายสังคมออนไลน์ โดยเทคโนโลยีบนโมบาย ได้แก่ Location Based Service (LBS) ที่บริการบอกตำแหน่งทางภูมิศาสตร์โดยใช้อุปกรณ์พกพาสำหรับแสดงตำแหน่งปัจจุบันของสมาชิกในครอบครัว, Online Chat and Messaging สำหรับพูดคุยผ่านตัวหนังสือ รูปภาพ และเสียง, Notification การแจ้งเตือนเมื่อสมาชิกในครอบครัวสื่อสารถึงกันหรือต้องการขอความช่วยเหลือโดยด่วน สามารถส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือ (SOS) ได้, Cloud Computing เป็นการทำงานผ่านอินเทอร์เน็ต โดยจะมีผู้ให้บริการด้านต่างๆ โดยได้ใช้บริการฐานข้อมูลของ Firebase ในการจัดเก็บและจัดการข้อมูล และเทคโนโลยีเครือข่ายสังคมออนไลน์ (Social Network) เครือข่ายสังคมสำหรับผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ตที่ช่วยในการสื่อสารและแบ่งปันข้อมูลกัน โดยแอปพลิเคชันนี้ทำงานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ มีฟังก์ชันการทำงาน ได้แก่ อนุญาตให้ผู้ใช้สร้างกลุ่มสำหรับครอบครัวของตนและเพิ่มสมาชิกในครอบครัวได้ สมาชิกในครอบครัวสามารถสื่อสารพูดคุย ติดตามการเคลื่อนไหวการเดินทางของสมาชิกในครอบครัวผ่านแอปพลิเคชั่นได้ เพื่อเป็นการดูแลความปลอดภัยของสมาชิกในครอบครัว และสามารถส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือด่วนได้ผ่านฟังก์ชัน SOS

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การพัฒนาแอปพลิเคชันส่งเสริมความสัมพันธ์ภายในครอบครัวโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโมบายและเครือข่ายสังคมออนไลน์

แล้ผู้ศึกษาได้ดำเนินการตามขั้นตอน 5 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 รวบรวมข้อมูลความต้องการ (Requirement Collection)

ผู้ศึกษาได้ทำการรวบรวมข้อมูล เพื่อนำมากำหนดเป็นความต้องการของระบบ และฟังก์ชันการทำงานต่างๆ ของแอปพลิเคชัน โดยได้ทำการรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่างๆ ได้แก่ อินเทอร์เน็ต ในเรื่องของเทคโนโลยีที่เหมาะสม เครื่องมือที่จะใช้ในการพัฒนาระบบ และสอบถามจากกลุ่มผู้ใช้โดยตรง ถึงความต้องการ ฟังก์ชันการทำงานและความสามารถที่ระบบควรให้บริการได้ แล้วนำมาวิเคราะห์จนเป็นขอบเขตของระบบ โดยกลุ่มผู้ใช้ที่ได้ทำการสอบถามคัดเลือกจากกลุ่มผู้ใช้ที่ใช้งานโทรศัพท์มือถือและสื่อสังคมออนไลน์ต่างๆ ในการติดต่อกับสมาชิกในครอบครัวในชีวิตประจำวัน ประกอบด้วย สมาชิกในครอบครัว กลุ่มเพื่อน และกลุ่มเพื่อนในสังคมออนไลน์ (Facebook)

1.2 ศึกษาทฤษฎีและเครื่องมือ

เครือข่ายสังคมออนไลน์ (Social Network) เป็นเว็บไซต์ที่เชื่อมโยงผู้ใช้ไว้ด้วยกันผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้ผู้ใช้มีพื้นที่ส่วนตัว ช่วยให้หาเพื่อนบนอินเทอร์เน็ตได้ และเป็นเครื่องมือในการสื่อสารและแบ่งปันข้อมูลซึ่งกันและกัน ตัวอย่างเว็บไซต์ที่เป็นเครือข่ายสังคมออนไลน์ ได้แก่ Facebook, twitter, Instagram, Google+ เป็นต้น

Location Based Service [2] การบริการการบอกตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ โดยใช้อุปกรณ์พกพา เช่น โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ต ผ่านสัญญาณเครือข่ายของผู้ให้บริการต่างๆ การให้บริการตำแหน่งที่อยู่นั้น ต้องอาศัยอุปกรณ์เฉพาะในการเชื่อมต่อกับดาวเทียม ได้แก่ GPS

Android [3] เป็นระบบปฏิบัติการที่มีพื้นฐานอยู่บนลินุกซ์และเป็นระบบปฏิบัติการประเภทโอเพนซอร์สที่กูเกิลได้เผยแพร่ภายใต้ลิขสิทธิ์อาปาเช ในการพัฒนาแอปพลิเคชั่นบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์นักพัฒนาสามารถดาวน์โหลดชุด Android SDK ที่ควบคุมการทำงานด้วยภาษาจาวาในการเขียนชุดคำสั่ง แอนดรอยด์เป็นระบบปฏิบัติการบนอุปกรณ์พกพาที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างสูง เนื่องจากกูเกิลได้พัฒนาระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ให้กับผู้ผลิตโทรศัพท์มือถือมากกว่า 30 ราย และในปัจจุบันมีอุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์อีก เช่น สมาร์ททีวี กล้องถ่ายรูปดิจิตอล นาฬิกา เป็นต้น

Firebase เป็น NoSQL Cloud Database พัฒนาโดย SF-based Google subsidiary ที่ให้บริการในรูปแบบ BaaS (Backend as a Service) โดยมี API ให้นักพัฒนาได้เรียกใช้ มีการจัดเก็บข้อมูลบนคลาวด์ (Cloud Storage) การจัดเก็บข้อมูลจะเก็บในรูปแบบของ JSON และมีการซิงค์ข้อมูลแบบเรียลไทม์กับอุปกรณ์ทุกตัว รองรับการทำงานทั้งแบบออนไลน์ (Online) และออฟไลน์ (Offline)

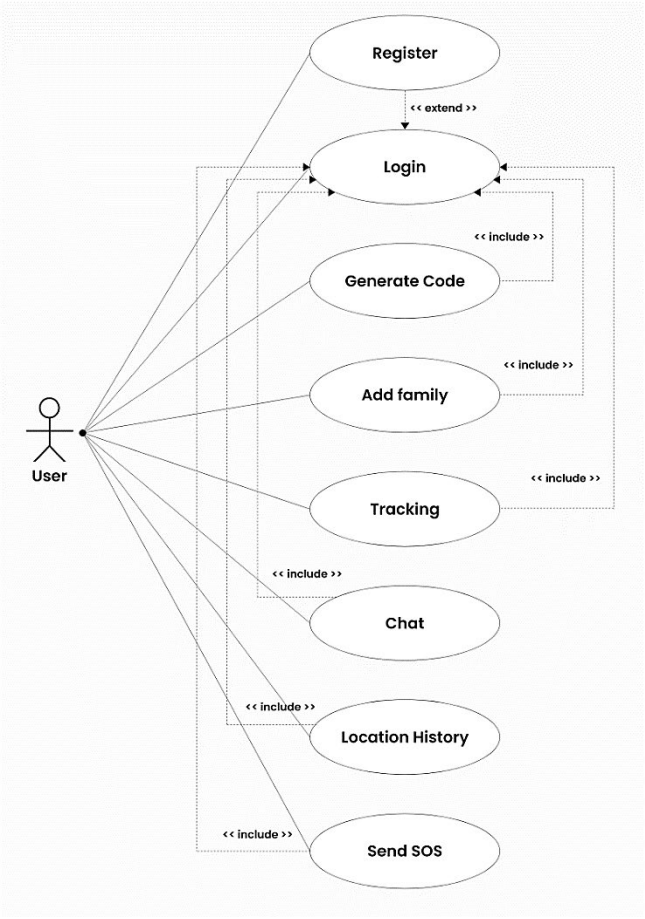
NoSQL [4, 5, 6] (non SQL หรือ non-relational) เทคโนโลยีฐานข้อมูลที่ถูกออกแบบมาเพื่องานเฉพาะที่ฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database) ไม่สามารถทำได้ รูปแบบการจัดเก็บข้อมูลจะมีหลากหลายรูปแบบไม่จำเป็นต้องอยู่ในรูปแบบของตารางอย่างเช่นฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ โดยอกาจจะอยู่ในรูปแบบของ เอกสาร กราฟ หรือ คีย์-คำ เป็นต้น มีความยืดหยุ่นสูง รองรับการทำงานกับข้อมูลขนาดใหญ่ และรองรับการขยายระบบได้ง่าย ตัวอย่าง NoSQL Database เช่น Firebase, Mongo DB, Redis, Neo4j เป็นต้น

Google Maps API [7] เป็น API ของกูเกิลสำหรับเรียกใช้แผนที่และบริการ (Services) ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับแผนที่สำหรับพัฒนาแอปพลิเคชันทั้งที่เป็นเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) และโมบายแอปพลิเคชัน (Mobile Application) อาทิ เช่น ชุดควบคุมแผนที่ การนำทางจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง การแปลงที่อยู่เป็นพิกัด และการดึงข้อมูลสถานที่ต่างๆ เป็นต้น

1.3 ออกแบบระบบงานใหม่ (System Design)

เมื่อได้ทำการรวบรวมข้อมูลและศึกษาเครื่องมือต่างๆ แล้ว ผู้ศึกษาได้ทำการออกแบบระบบ โดย ออกแบบฟังก์ชันการทำงานของระบบตามความต้องการที่รวบรวมมาได้ โดยแบ่งเป็น 5 ส่วน ประกอบด้วย 1) การสมัครเข้าใช้งานระบบ 2) การสร้างกลุ่มสำหรับครอบครัว โดยตัวแทนจะเป็นผู้สร้างกลุ่มแล้วให้สมาชิกคนอื่นเข้าร่วมด้วยรหัสที่ได้รับ 3) การพูดคุย ติดต่อสื่อสาร ที่รองรับทั้งข้อความ (Text) รูปภาพ (Image และ Picture) และเสียง (Voice) 4) การติดตามสมาชิกในครอบครัวด้วยเทคโนโลยี Location Based Services ระบบจะแสดงพิกัดปัจจุบันของสมาชิกในครอบครัวแบบเรียลไทม์ (Realtime) ทำให้ทราบว่าใครอยู่ ณ ตำแหน่งใด และ 5) การส่งสัญญาณฉุกเฉิน (SOS) เมื่อสมาชิกคนใดได้รับอุบัติเหตุหรือต้องการขอความช่วยเหลือโดยด่วน สามารถส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือไปยังสมาชิกคนอื่นได้ เพื่อที่จะได้ให้การช่วยเหลือแบบทันท่วงที

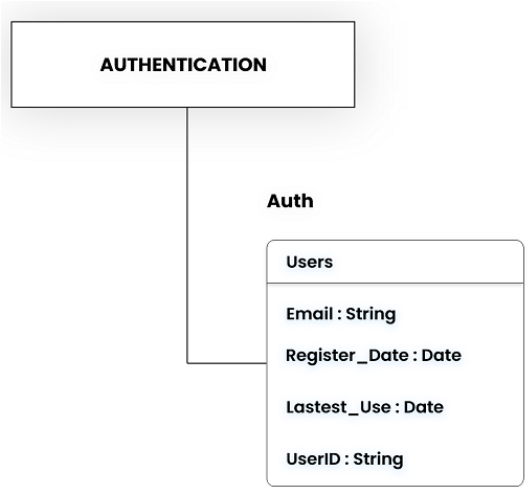
ออกแบบฐานข้อมูลโดยใช้ NoSQL Architecture ออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface Design) ตามหลักการของ UX/UI เพื่อให้ผู้ใช้ใช้งานได้ง่ายโดยไม่ต้องผ่านการอบรม โดยนำเสนอผ่านแผนภาพ Use Case Diagram เพื่อนำเสนอขอบเขตของระบบโดยรวมและฟังก์ชั่นการทำงานของระบบ, Class Diagram เพื่อนำเสนอองค์ประกอบของคลาสและความสัมพันธ์ระหว่างคลาส และ Data Structure Model เพื่อนำเสนอโครงสร้างของข้อมูลที่จัดเก็บใน Firebase ซึ่งเป็น NoSQL Database



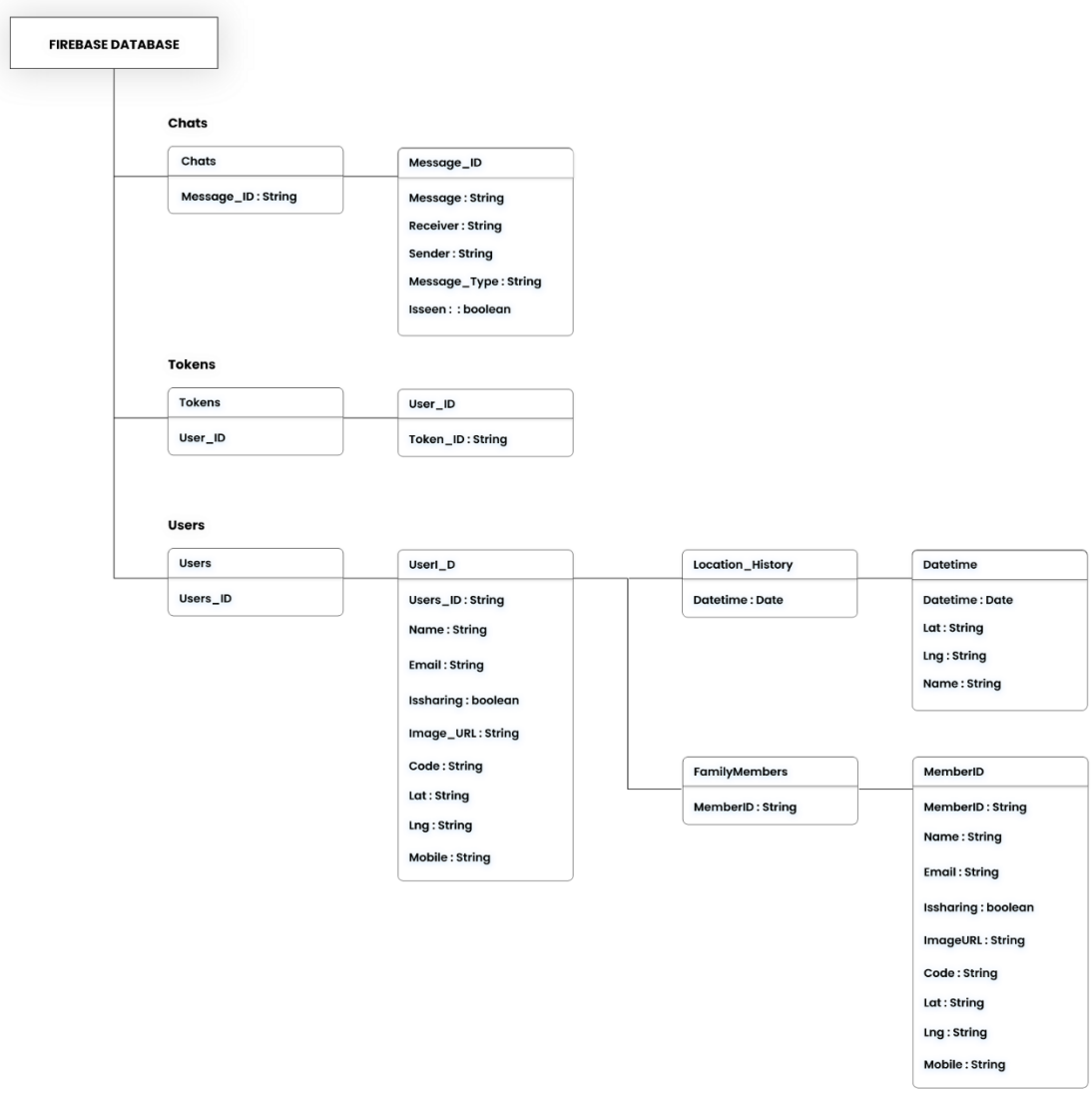
ภาพที่ 1 แสดงแผนภาพ Use Case Diagram



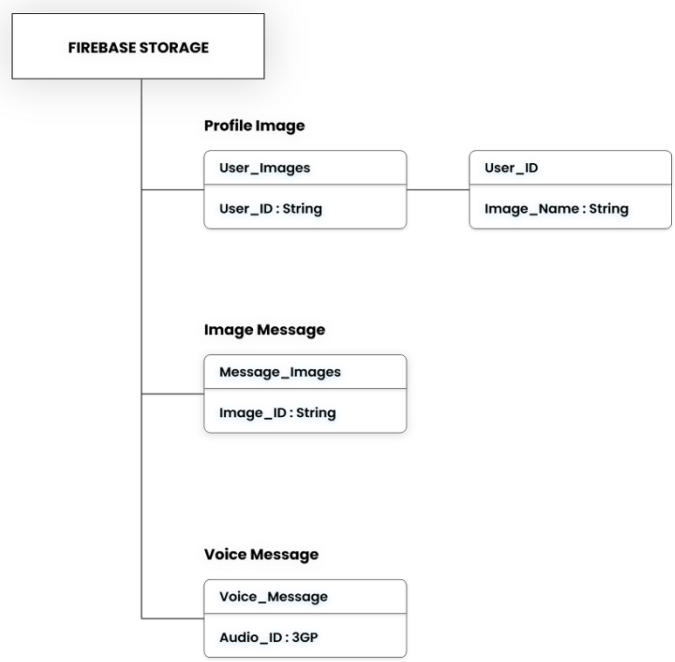
ภาพที่ 2 แสดงแผนภาพ Class Diagram



ภาพที่ 3 แสดงแผนภาพ Data Structure Model : Firebase Authentication



ภาพที่ 4 แสดงแผนภาพ Data Structure Model : Firebase Database



ภาพที่ 5 แสดงแผนภาพ Data Structure Model : Firebase Storage

1.4 พัฒนาระบบ (System Development)

ผู้ศึกษาได้ทำการพัฒนาระบบตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยสร้างฐานข้อมูลตามโครงสร้างที่ได้ออกแบบไว้บน Firebase และเขียนชุดคำสั่งของโปรแกรม (Coding) รวมถึงการเขียนชุดคำสั่งเพื่อสร้างส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (UI) โดยพัฒนาโปรแกรมตามหลักของ MVC (Model View Controller) ด้วยภาษาจาวา และ เอ็กเอ็มแอล (XML) โดยใช้เครื่องมือในการพัฒนาโปรแกรม คือ Android Studio

1.5 ทดสอบระบบ (System Testing)

ในการทดสอบระบบ ผู้ศึกษาแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. ทดสอบเพื่อหาข้อผิดพลาดของโปรแกรม โดยผู้ศึกษาได้ทำการทดสอบด้วยตนเองและผู้เชียวชาญทางด้านการพัฒนาซอฟต์แวร์ โดยผู้ศึกษาทำการทดสอบพร้อมกับขั้นตอนการพัฒนาระบบ โดยทดสอบแต่ละฟังก์ชัน (Unit Testing) และการทำงานร่วมกันระหว่างฟังก์ชัน (Integration Testing) พร้อมทั้งทำการแก้ไข (Debug) ให้ถูกต้อง เพื่อให้โปรแกรมทำงานได้ถูกต้องมากที่สุด

2. ทดสอบประสิทธิภาพและความถูกต้องของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาซอฟต์แวร์ จำนวน 3 ท่าน

3. ทดสอบโดยกลุ่มผู้ใช้ (Acceptance Testing) โดยนำแอปพลิเคชั่นส่งเสริมความสัมพันธ์ภายในครอบครัวโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโมบายและเครือข่ายสังคมออนไลน์ไปให้ผู้ใช้ประเมินความพึงพอใจทางด้านฟังก์ชัน ประสิทธิภาพการทำงาน ความง่ายในการใช้งาน และการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล

1.6 สรุปผล (Conclusion)

ผู้ศึกษาได้ทำการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้มาทำการวิเคราะห์ผลหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และแปลผล

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แอปพลิเคชันส่งเสริมความสัมพันธ์ภายในครอบครัวโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโมบายและเครือข่ายสังคมออนไลน์ และแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชั่นส่งเสริมความสัมพันธ์ภายในครอบครัวโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโมบายและเครือข่ายสังคมออนไลน์

3. กลุ่มเป้าหมาย

ผู้ใช้งานทั่วไป ที่ใช้โทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ จำนวน 20 คน โดยคัดเลือกจากกลุ่มผู้ใช้ที่เป็นผู้ให้ความต้องการ

4. สถิติที่ใช้

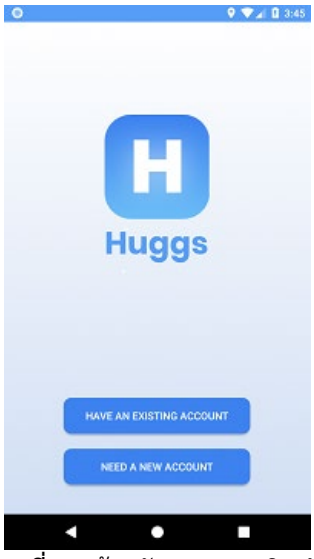
การประเมินความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชันของผู้ใช้ ได้ใช้สถิติเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยนำค่าเฉลี่ยมาแปลผล โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ [8] ต่อไปนี้

4.50 – 5.00	หมายถึง มากที่สุด
3.50 – 4.49	หมายถึง มาก
2.50 – 3.49	หมายถึง ปานกลาง
1.50 – 2.49	หมายถึง น้อย
1.00 – 1.49	หมายถึง น้อยที่สุด

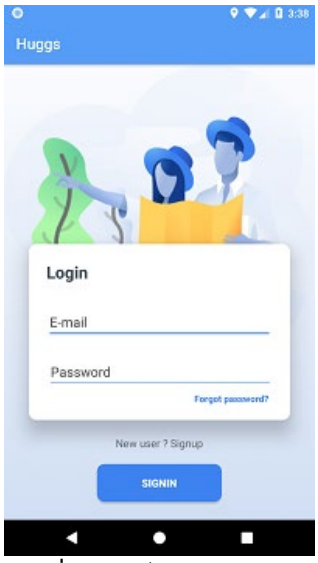
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการพัฒนาแอปพลิเคชั่นส่งเสริมความสัมพันธ์ภายในครอบครัวโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโมบายและเครือข่ายสังคมออนไลน์

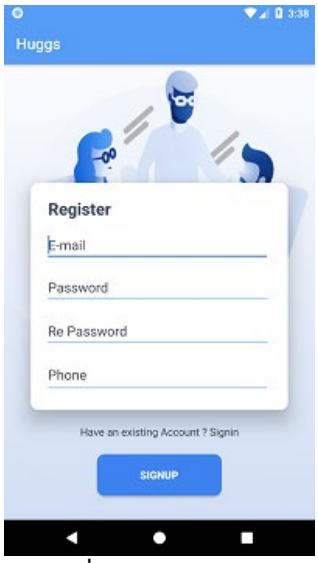
ผู้ศึกษาได้ทำการพัฒนาแอปพลิเคชั่น ดังแสดงตามภาพที่ 4-14



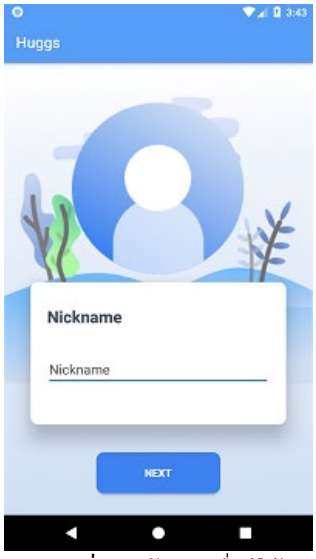
ภาพที่ 6 หน้าหลักของแอปพลิเคชัน



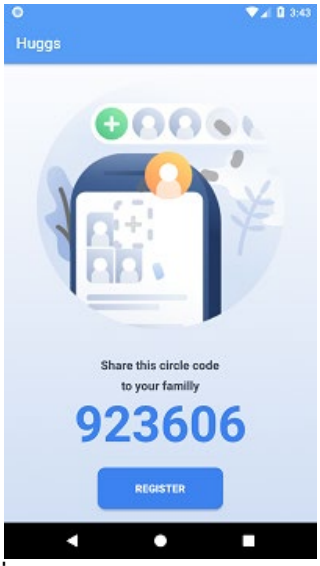
ภาพที่ 7 หน้าล็อกอินเข้าสู่ระบบ



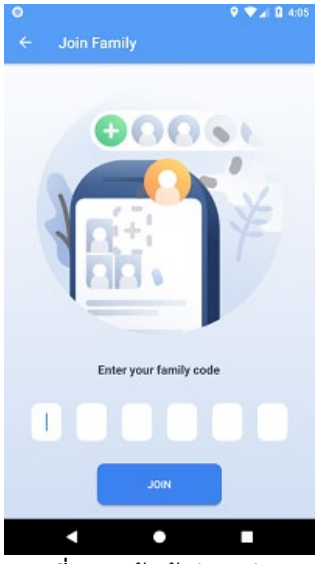
ภาพที่ 8 หน้าหลักของการลงทะเบียนสมาชิก



ภาพที่ 9 หน้าป้อนชื่อผู้ใช้

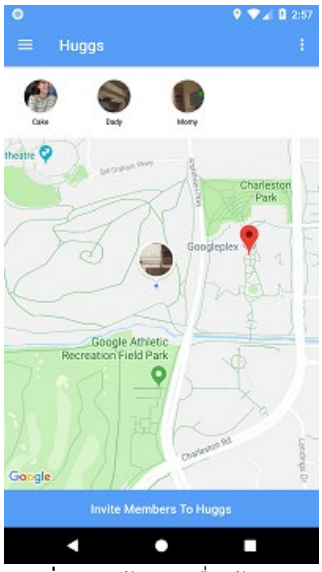


ภาพที่ 10 หน้าแสดงรหัสครอบครัว (Family code)

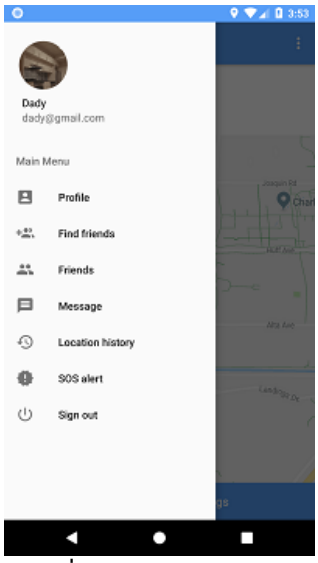


ภาพที่ 11 หน้าเข้าร่วมกลุ่มของครอบครัว

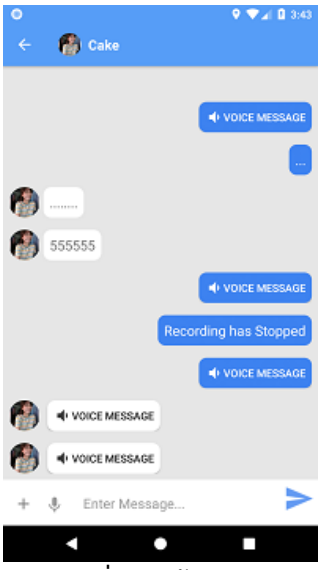
จากภาพที่ 6-11 เป็นส่วนงานที่ 1 และ 2 คือ การสมัครเข้าใช้งานระบบและการสร้างกลุ่มสำหรับครอบครัว โดยจากหน้าจอแรกของแอปพลิเคชั่น (ภาพที่ 6) ผู้ใช้สามารถเข้าใช้งานระบบได้ถ้าเคยลงทะเบียนเป็นสมาชิกมาก่อนแล้ว (ภาพที่ 7) แต่ถ้าเป็นผู้ใช้รายใหม่ให้ทำการลงทะเบียนสมัครสมาชิกเสียก่อน โดยให้ใช้อีเมล์และรหัสผ่านในการยืนยันตัวตน (ภาพที่ 8) และผู้ใช้สามารถตั้งชื่อและเลือกรูปภาพของตนสำหรับแสดงให้สมาชิกในครอบครัวเห็นได้ (ภาพที่ 9) เมื่อป้อนข้อมูลเบื้องต้นถูกต้องครบถ้วนแล้ว ระบบจะทำการสร้างรหัสครอบครัว (Family code) ให้ดังภาพที่ 10 ซึ่งให้แจ้งรหัสนี้แก่สมาชิกในครอบครัวเพื่อเข้าร่วมกลุ่มบนแอปพลิเคชั่น โดยให้สมาชิกคนอื่นป้อนรหัสดังกล่าวในหน้าจอดังภาพที่ 11 เพื่อเข้าร่วมกลุ่ม จากนี้สมาชิกในครอบครัวจะสามารถพูดคุย ติดต่อสื่อสารกันผ่านแอปพลิเคชันได้



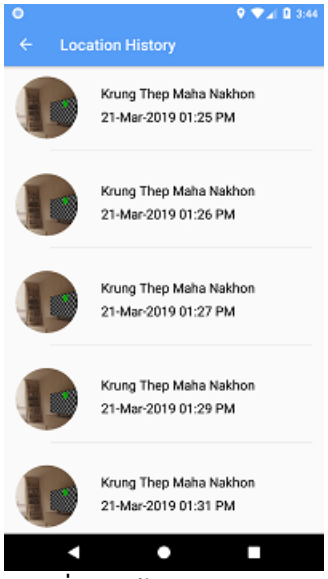
ภาพที่ 12 หน้าแรกเมื่อเข้าสู่ระบบ



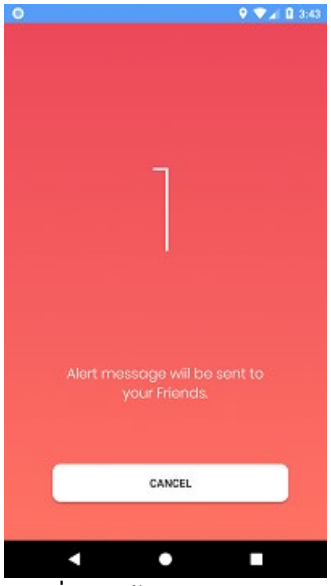
ภาพที่ 13 หน้าแสดงเมนูต่างๆ



ภาพที่ 14 หน้าสนทนา



ภาพที่ 15 หน้าแสดงประวัติการเดินทางของสมาชิกในครอบครัว



ภาพที่ 16 หน้าส่งสัญญาณฉุกเฉิน

จากภาพที่ 12-16 เป็นส่วนงานที่เหลือประกอบด้วย 1) การติดตามสมาชิกในครอบครัวด้วยเทคโนโลยี Location Based Service โดยสามารถดูได้ว่าตอนนี้สมาชิกแต่ละคนในครอบอยู่ที่ใด แสดงดังภาพที่ 12 และ 13 ซึ่งเป็นหน้าจอหลักของแอปพลิเคชั่นเมื่อผู้ใช้ทำการเข้าสู่ระบบแล้ว โดยจะแสดงตำแหน่งปัจจุบันของผู้ใช้ซึ่งจะเป็นหมุดสีน้ำเงิน และตำแหน่งของสมาชิกในครอบครัวซึ่งจะเป็นหมุดสีแดง โดยแสดงไอคอนป็นรูปของสมาชิกเพื่อให้ทราบว่าเป็นใคร และจากหน้าจอนี้มีเมนูซ่อนอยู่ทางด้านบนซ้ายสำหรับเข้าใช้งานฟังก์ชันอื่นๆ ได้แก่ เพิ่มสมาชิกในครอบครัว ดูประวัติการเดินทางและรายละเอียดต่างๆ ของสมาชิกในครอบครัว ส่งข้อความสนทนาหาสมาชิกในครอบครัว และ ส่งสัญญาณฉุกเฉินหาสมาชิกในครอบครัว 2) การพูดคุยติดต่อสื่อสารที่รองรับทั้งข้อความ รูปภาพ และเสียง ดังภาพที่ 14 3) และ 3) การส่งสัญญาณฉุกเฉิน (SOS) ไปยังสมาชิกในครอบครัวเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน ดังภาพที่ 16

2. ผลการประเมินประสิทธิภาพและความถูกต้องของแอปพลิเคชั่นส่งเสริมความสัมพันธ์ภายในครอบครัวโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโมบายและเครือข่ายสังคมออนไลน์ โดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านการพัฒนาซอฟต์แวร์

ตารางที่ 1 แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านการพัฒนาซอฟต์แวร์

รายการ	$\overline{X}$	SD.	แปลผล
1. ด้านความสามารถทำงานตรงตามฟังก์ชันการทำงาน			
1.1 สามารถทำการลงทะเบียนสมาชิกได้	4.67	0.58	มากที่สุด
1.2 สามารถทำการเข้าสู่ระบบได้	4.64	0.58	มากที่สุด
1.3 สามารถเข้าร่วมกลุ่มของครอบครัวได้ด้วยรหัสที่ระบบสร้างให้	4.67	0.58	มากที่สุด
1.4 สามารถส่งข้อความถึงสมาชิกในครอบครัวได้	4.00	1.00	มาก
1.5 สามารถแสดงตำแหน่งปัจจุบันของสมาชิกในครอบครัวได้	4.33	0.58	มาก
1.6 สามารถดูประวัติการเดินทางของสมาชิกในครอบครัวได้	4.00	0.00	มาก
1.7 สามารถส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือไปยังสมาชิกในครอบครัวได้	3.33	0.58	ปานกลาง
รวม	**4.24**	**0.29**	**มาก**
2. ด้านความถูกต้องของระบบ			
2.1 คววามถูกต้องของการลงทะเบียนสมาชิก	4.33	0.58	มาก
2.2 ความถูกต้องของการเข้าสู่ระบบ	4.33	0.58	มาก
2.3 ความถูกต้องขอการเข้าร่วมกลุ่มของครอบครัวด้วยรหัสที่ระบบสร้างให้	4.33	0.58	มาก
2.4 ความถูกต้องของการส่งข้อความถึงสมาชิกในครอบครัว	4.33	0.58	มาก
2.5 ความถูกต้องของการแสดงตำแหน่งปัจจุบันของสมาชิกในครอบครัว	4.00	1.00	มาก
2.6 ความถูกต้องของการแสดงประวัติการเดินทางของสมาชิกในครอบครัว	3.67	0.58	มาก
รวม	**4.17**	**0.17**	**มาก**
3. ด้านการใช้งานระบบ			
3.1 ระบบที่พัฒนาขึ้นมานี้มีความเหมาะสม สะดวก และใช้งานง่าย	4.00	0.00	มาก
3.2 การประมวลผลมีความรวดเร็ว	3.33	0.58	ปานกลาง
3.3 รูปแบบของส่วนติดต่อกับผู้ใช้มีความเหมาะสม สวยงาม และเรียนรู้ง่าย	3.33	0.58	ปานกลาง
3.4 ข้อมูลและผลลัพธ์มีความถูกต้อง	4.67	0.58	มากที่สุด
3.5 มีการตรวจจับข้อผิดพลาดที่เหมาะสม	4.33	0.58	มาก
รวม	**3.93**	**0.26**	**มาก**
โดยรวม	**4.13**	**0.25**	**มาก**

จากการประเมินประสิทธิภาพและความถูกต้องของแอปพลิเคชั่น จากผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาซอฟต์แวร์ จำนวน 3 ท่าน สรุปได้ว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.13 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.25

3. ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชั่นส่งเสริมความสัมพันธ์ภายในครอบครัวโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโมบายและเครือข่ายสังคมออนไลน์

ตารางที่ 2 แสดงผลการประเมินความพึงพอใจการใช้งานแอปพลิเคชันส่งเสริมความสัมพันธ์ภายในครอบครัวโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโมบายและเครือข่ายสังคมออนไลน์

รายการ	$\overline{X}$	SD.	ระดับความพึงพอใจ
1. **ด้านประสิทธิภาพการทำงานของแอปพลิเคชั่น**			
1.1 ความถูกต้องในการเข้าร่วมกลุ่มของครอบครัว	4.50	0.52	มากที่สุด
1.2 ความแม่นยำในการระบุตำแหน่งปัจจุบันของสมาชิกในครอบครัว	4.19	0.54	มาก
1.3 ความถูกต้องในส่งข้อความถึงสมาชิกในครอบครัว	4.44	0.63	มาก
1.4 ความถูกต้องในการแจ้งเหตุฉุกเฉินของสมาชิกในครอบครัว	4.19	0.75	มาก
1.5 ความถูกต้องในการแสดงผลลัพธ์ของแอปพลิเคชั่น	4.00	0.63	มาก
1.6 การป้องกันข้อผิดพลาดจากการนำเข้าข้อมูลโดยผู้ใช้	3.94	0.57	มาก
1.7 การแนะนำและการแจ้งเตือนระหว่างการใช้งานแอปพลิเคชั่น	3.88	0.72	มาก
1.8 ความรวดเร็วในการทำงานของแอปพลิเคชั่น	4.00	0.63	มาก
รวม	**4.14**	**0.65**	มาก
2. **ด้านความง่ายต่อการใช้งานแอปพลิเคชั่น**			
2.1 ความเหมาะสมในการใช้สีและรูปภาพ	4.44	0.73	มาก
2.2 ความเหมาะสมของการแสดงรูปแบบ สี และขนาดของตัวอักษรบนหน้าจอ	4.13	0.72	มาก
2.3 ความเหมาะสมในการใช้ข้อความหรือรูปภาพในการสื่อความหมาย	4.19	0.75	มาก
2.4 ความเป็นมาตรฐานเดียวกันในการออกแบบหน้าจอ	4.38	0.62	มาก
2.5 ความเหมาะสมในการแสดงผลโต้ตอบกับผู้ใช้	4.31	0.60	มาก
2.6 คำศัพท์ที่ใช้ง่ายต่อการทำความเข้าใจและจดจำ	4.38	0.62	มาก
2.7 การออกแบบหน้าจอช่วยในการเรียนรู้การใช้งาน	4.00	0.73	มาก
รวม	**4.26**	**0.68**	มาก
3. **ด้านฟังก์ชันการทำงานของแอปพลิเคชั่น**			
3.1 ความสามารถในการแสดงตำแหน่งปัจจุบันของผู้ใช้	4.31	0.79	มาก
3.2 ความสามารถในการแสดงตำแหน่งปัจจุบันของสมาชิกในครอบครัว	3.88	0.50	มาก
3.3 ความสามารถในสร้างและเข้าร่วมกลุ่มของสมาชิกในครอบครัว	4.25	0.58	มาก
3.4 ความสามารถในการส่งข้อความถึงสมาชิกในครอบครัว	4.19	0.66	มาก

3.5 ความสามารถในการแสดงประวัติการเดินทางของสมาชิกในครอบครัว	3.81	0.54	มาก
รายการ	$\overline{X}$	**SD.**	**ระดับความพึงพอใจ**
3.6 ความสามารถในการแสดงการแจ้งเตือน (Notification) ของสมาชิกในครอบครัว	4.38	0.62	มาก
3.7 ความสามารถในการส่งข้อความฉุกเฉิน (SOS) ไปยังสมาชิกในครอบครัว	4.06	0.68	มาก
รวม	**4.13**	**0.65**	มาก
4. **ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล**			
4.1 การพิสูจน์ตัวตนก่อนเข้าสู่แอปพลิเคชั่น	4.31	0.70	มาก
4.2 การจำแนกสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้	3.94	0.68	มาก
4.3 การป้องกันการเข้าถึงข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้	4.19	0.66	มาก
รวม	**4.15**	**0.68**	มาก
5. **ด้านลักษณะโดยรวมของระบบ**			
5.1 ระบบนี้มีความสะดวก ใช้งานง่าย	4.31	0.48	มาก
5.2 ระบบสามารถประมวลผลและแสดงผลได้ถูกต้องแม่นยำ	4.13	0.62	มาก
5.3 ระบบสามารถช่วเพิ่มความสัมพันธ์ภายในครอบครัว	4.44	0.63	มาก
5.4 ระบบมีประโยชน์เหมาะสมที่จะนำไปใช้ได้จริง	4.50	0.52	มาก
รวม	**4.34**	**0.64**	มาก
โดยรวม	**4.19**	**0.65**	มาก

จากการประเมินความพึงพอใจการใช้งานแอปพลิเคชัน จากกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้ที่ใช้โทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์จำนวน 20 คน สรุปได้ว่าแอปพลิเคชั่นที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ได้ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.19 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.65

สรุป

จากการพัฒนาแอปพลิเคชันส่งเสริมความสัมพันธ์ภายในครอบครัวโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโมบายและเครือข่ายสังคมออนไลน์ ประกอบด้วย 5 ส่วน ประกอบด้วย 1) การสมัครเข้าใช้งานระบบ 2) การสร้างกลุ่มสำหรับครอบครัว 3) การพูดคุยติดต่อสื่อสารภายในครอบครัว 4) การติดตามสมาชิกในครอบครัวด้วยเทคโนโลยี Location Based และ 5) การส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือฉุกเฉิน แอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นมานี้ทำงานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Location Based Service และอุปกรณ์ GPS ที่สามารถระบุพิกัดตำแหน่งของคนได้ โดยทำงานร่วมกับ Google Map API ในการทำงานกับแผนที่ และจัดเก็บข้อมูลลง Firebase ซึ่งเป็น NoSQL Database ที่รองรับการขยายตัวของข้อมูลและจำนวนผู้ใช้ได้ปริมาณมาก รวมถึงลดปัญหาเรื่องของการบริหารจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ที่มีความยุ่งยากกว่า แอปพลิเคชันนี้เป็นอีกช่องทางหนึ่งในการสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกในครอบครัว โดยเป็นการรวมเอาฟังก์ชันการทำงานต่างๆ ทั้ง การสร้างสังคมกลุ่มครอบครัว การสนทนา การติดตามพิกัดตำแหน่งของสมาชิก การส่งสัญญาณฉุกเฉิน ไว้ในแอปพลิเคชั่นเดียว โดยไม่จำเป็นต้องติดตั้งหลายแอปพลิเคชันเพื่อใช้งานฟังก์ชันดังที่กล่าวมาอย่างเช่นในปัจจุบัน ผลการประเมินประสิทธิภาพและความถูกต้องจากผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาซอฟต์แวร์ จำนวน 3 ท่าน ผลการประเมินโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ **= 4.13, SD. =** 0.25) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า

1) ด้านความสามารถทำงานตรงตามฟังก์ชันการทำงาน อยู่ในระดับมาก 2) ด้านความถูกต้องของระบบ อยู่ในระดับมาก และ 3) ด้านการใช้งานระบบ อยู่นในระดับมาก และ ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้จำนวน 20 คน ผลการประเมินโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.19, SD. = 0.65) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า 1) ด้านประสิทธิภาพการทำงานของแอปพลิเคชัน อยู่ในระดับมาก 2) ด้านความง่ายต่อการใช้งานของแอปพลิเคชัน อยู่ในระดับมาก 3) ด้านฟังก์ชันการทำงานของแอปพลิเคชัน อยู่นในระดับมาก 4) ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล อยู่ในระดับมาก และ 5) ด้านลักษณะโดยรวมของระบบ อยู่ในระดับมาก

เอกสารอ้างอิง

1. สำนักสถิติห่งชาติ กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม. สรุปผลที่สำคัญ การสำรวจการมีการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในครัวเรือน พ.ศ. 2561 (ไตรมาส 1); 2561
2. สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ (องค์การมหาชน). Location base services. [อินเทอร์เน็ต]. 2017. [เข้าถึงเมื่อ 20 ตุลาคม 2561]. เข้าถึงได้จาก: https://www.etda.or.th/terminology-detail/1684.html
3. วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. แอนดรอยด์ (ระบบปฏิบัติการ). [อินเทอร์เน็ต]. 2562. [เข้าถึงเมื่อ 30 มีนาคม 2562]. เข้าถึงได้จาก: https://th.wikipedia.org/wiki/แอนดรอยด์_(ระบบปฏิบัติการ)
4. Wikipedia. NoSQL. [Internet]. 2019. [cited 2019 April 3]. Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/NoSQL
5. บริษัท ซอฟท์เมลท์ จำกัด. NoSQL คืออะไร. [อินเทอร์เน็ต]. 2562. [เข้าถึงเมื่อ 10 มกราคม 2562]. เข้าถึงได้จาก: https://www.softmelt.com/article.php?id=579
6. Amazon Web Service. What is NoSQL?. [Internet]. 2019. [cited 2019 January 10]. Available from: https://aws.amazon.com/th/nosql/
7. Google Cloud. Google Map API. [Internet]. 2018. [cited 20 December 2018]. Available from: https://cloud.google.com/maps-platform/
8. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ราตรี นันทสุคนธ์. การวิจัยในชั้นเรียนและการวิจัยพัฒนาการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ:บริษัท จุดทอง จำกัด; 2556

[INNO-006] แอปพลิเคชันค้นหาพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Plant@PNRU)

Searching Plants Application in Phranakhon Rajabhat University on Android Operating System (Plant@PNRU)

นพรัตน์ ผลประสิทธิ์*[1],ปราโมทย์ สุทธิสน[1], สมคิด สุทธิธารธวัช[2], รณกร รัตนธรรมมา[2] ,และ โองการ วณิชาชีวะ[3]
Nopparat Ponprasit[1], Pramote Suttison[1], Somkid Soottitantawat[2], Ronnagorn Rattanatumma[2] and Ongkan Vanijajiva[3]
[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ [2]สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ [3]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง
*คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร *ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: noploveyou1212@gmail.com*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษา วิเคราะห์ ออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันค้นหาพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และ 2) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันฯและประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อแอปพลิเคชันค้นหาพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ซึ่งแอปพลิเคชันนี้สามารถค้นหาพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร รายงานผลการค้นหาพรรณไม้โดยบอกรายละเอียดพรรณไม้ พิกัดพรรณไม้ พิกัดผู้ใช้ เพื่อนำทางไปยังตำแหน่งพิกัดพรรณไม้ที่อยู่ใกล้ที่สุดได้ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) แอปพลิเคชันพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ 2) แบบประเมินประสิทธิภาพของแอปพลิเคชัน และ 3) แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ กลุ่มตัวอย่าง คือ อาจารย์ บุคลากร นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครและบุคคลทั่วไป จำนวน 35 คน โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบสะดวก และผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์ 3 คน โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง สถิติที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า 1) ได้แอปพลิเคชันค้นหาพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ซึ่งสามารถใช้งานได้ดี มีประสิทธิภาพและสามารถค้นหาข้อมูลพรรณไม้ได้อย่างสะดวกผ่านสมาร์ทโฟน และค้นหาได้อย่างรวดเร็วผ่านคิวอาร์โค้ด รวมทั้งได้ทราบพิกัดและสถานที่ตั้งของพรรณไม้แต่ละชนิด รวมทั้งนำทางไปยังพรรณไม้ที่ใกล้ที่สุด 2) ผลการประเมินประสิทธิภาพของแอปพลิชันนี้พบว่าโดยภาพรวมมีผลการประเมินประสิทธิภาพในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$=4.56, SD=0.21) และ 3) ผลประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อแอปพลิเคชันนี้พบว่าโดยภาพรวมผู้ใช้มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$=4.24, SD=0.34) แอปพลิเคชันค้นหาพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครนี้จะเป็นประโยชน์ในส่งเสริมให้อาจารย์ บุคลากร นักศึกษาและบุคลากรทั่วไป ได้รู้จักและเรียนรู้ลักษณะพรรณไม้และประโยชน์ในการรักษาของพรรณไม้ เพื่อให้เห็นคุณค่าและก่อให้เกิดความตระหนักถึงการอนุรักษ์พรรณไม้ให้ดำรงอยู่สืบไปภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

คำสำคัญ: *แอปพลิเคชันค้นหาพรรณไม้ ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร*

Abstract

The purposes of this research were to: 1) study, analyze, design and develop Searching Plants Application in Phranakhon Rajabhat University on Android Operating System and 2) evaluate the efficiency of this application and study user's satisfaction with Searching Plants Application in Phranakhon Rajabhat University on Android Operating System. This application can search for plants in Phranakhon Rajabhat

University. Report of plant search results by the details of plants, coordinates, user coordinates to navigate to the nearest plant species coordinates. The research instruments consisted of 1) Searching Plants Application in Phranakhon Rajabhat University on Android Operating System 2) a quality assessment form and 3) user's satisfaction survey form. The samples consist of 35 people in Phranakhon Rajabhat University by convenient sampling method and 3 experts. The statistics employed for verifying the efficiency are percent, mean and standard deviation. The results revealed that 1) get the application to search for plants in Phranakhon Rajabhat University on the Android Operating System. Which can work well effective and able to conveniently search for plant information via smartphones and quickly search through the QR code. Including knowing the coordinates and location of each species of plants including navigation to the nearest plants. 2) Overall, the performance evaluation of Searching Plants Application in Phranakhon Rajabhat University on Android Operating System was at the very high level. ($\overline{X}$=4.56, SD=0.21) and 3) Overall, the user's satisfaction of Searching Plants Application in Phranakhon Rajabhat University on Android Operating System was at the high level. ($\overline{X}$=4.24, SD=0.34) This application will be useful in promoting teachers, personnel, students and general personnel. Get to know and learn the characteristics of plants and the benefits of the treatment of plants. In order to see the value and cause awareness of the conservation of plants to survive within the Phranakhon Rajabhat University.

Keywords: *Searching Plant Application, Android Operating System, Phranakhon Rajabhat University*

บทนำ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ถือกำเนิดจากโรงเรียนฝึกหัดอาจารย์เมื่อวันที่ 12 ตุลาคม พ.ศ. 2435 ปัจจุบันมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ย่างเข้าสู่ปีที่ 127 มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครเป็นอีกหนึ่งพื้นที่ที่มีพรรณไม้ชนิดต่าง ๆ เช่น พรรณไม้ดอก พรรณไม้ประดับ พรรณไม้ยืนต้น พรรณไม้พุ่ม พรรณไม้เลื้อย พรรณไม้คลุมดิน พรรณไม้น้ำ เป็นต้น อย่างไรก็ตามการปลูกต้นไม้เป็นจำนวนมาก มีความจำเป็นต้องมีทะเบียนพรรณไม้หรือจัดเก็บฐานข้อมูลพรรณไม้ให้เป็นระบบ เพื่อสะดวกในการศึกษาและเพื่อการอนุรักษ์ การวางแผนการบริหารจัดการพื้นที่และการออกแบบภูมิทัศน์ในอนาคต เช่น การสร้างอาคาร การจัดสวน เป็นต้น การดำเนินการเหล่านี้จำเป็นต้องบริหารพื้นที่ เพื่อไม่ให้กระทบกับสภาพแวดล้อมเดิมและยังช่วยอนุรักษ์พรรณไม้สำคัญต่าง ๆ ของมหาวิทยาลัย เช่น ปีบ อินทนิล มะฮอกกานี จามจุรี เป็นต้น มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครมีพรรณไม้จำนวนมาก ทั้งที่เป็นไม้พื้นเมืองเดิมและที่ปลูกเสริมเพิ่มเติม พรรณไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครได้มีการรวบรวมรายชื่อและพิมพ์เป็นรูปเล่ม[(2)] ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 ในกิจกรรมสวนพฤกษศาสตร์โรงเรียน โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชฯ ซึ่งพรรณไม้ที่ได้รวบรวมไว้นั้นมีอยู่ 80 ชนิด แม้ว่าการรวบรวมพรรณไม้ของมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครในครั้งนั้นสามารถทำได้อย่างครอบคลุมและครบถ้วน แต่การเผยแพร่ข้อมูลที่จัดทำเป็นรูปเล่มทำให้มีข้อจำกัดในการเผยแพร่อยู่ในวงแคบ ซึ่งในปัจจุบันพบว่าพรรณไม้บางต้นถูกตัดไปและถูกทดแทนด้วยพรรณไม้อื่น รวมไปถึงการปลูกสร้างอาคารเรียน เพื่อให้การสำรวจข้อมูลพรรณไม้ยืนต้นภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครเป็นปัจจุบัน นัทธวัฒน์ มาตรวังแสง และคณะ[(3)] จึงสำรวจพรรณไม้ทั้ง 80 ชนิดนี้ พบว่าปัจจุบันยังคงมีพรรณไม้ยืนต้นเหลืออยู่ 56 ชนิด จึงดำเนินการบันทึกข้อมูลของพรรณไม้ยืนต้น ได้แก่ ชื่อพื้นเมือง ชื่อวิทยาศาสตร์ ชื่อวงศ์ ชื่อสามัญ ลักษณะเฉพาะ ประโยชน์และถ่ายภาพรายละเอียดส่วนต่าง ๆ ของพรรณไม้ ได้แก่ ใบ ดอก ผล เมล็ดและลำต้น พร้อมทั้งจัดเก็บพิกัดของพรรณไม้ และมีการสำรวจเก็บข้อมูลพรรณไม้เพิ่มอีก 13 ชนิด ทั้งนี้รวมพรรณไม้ยืนต้นจำนวน 69 ชนิดที่ควรได้รับการอนุรักษ์และพรรณไม้ที่มีค่าทางการรักษา เพื่อนำมากำหนดจุดที่ตั้งต้นไม้แต่ละต้นในแผนที่ โดยใช้สัญลักษณ์ต่าง ๆ ในการปักหมุดแทนพรรณไม้แต่ละชนิด โดยจัดทำระบบฐานข้อมูลพรรณไม้ยืนต้นและพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันพรรณไม้ เพื่อให้มีการบริหาร

จัดการฐานข้อมูลของมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ให้มีเอกภาพ มีความสมบูรณ์ และเป็นปัจจุบัน ซึ่งหน่วยงานต่าง ๆ สามารถใช้ประโยชน์ร่วมกันได้ โดยเฉพาะฐานข้อมูลพรรณไม้ยืนต้นจากการสำรวจเก็บรวบรวม เพื่อให้สามารถใช้ร่วมกันได้อย่างกว้างขวางผ่านทางเว็บไซต์ที่มีระบบป้องกันการเข้าถึงฐานข้อมูล และเพื่อการประเมินคุณค่าและนำไปสู่การวางแผนพัฒนาพันธุ์พืชและทรัพยากรอื่น ๆ และที่สำคัญอย่างยิ่งเพื่อเป็นการเผยแพร่ข้อมูลพรรณไม้ยืนต้นของมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครให้กับนักศึกษา คณาจารย์ บุคลากรและบุคคลทั่วไป ได้รับรู้และรู้จักพรรณไม้ยืนต้นภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครให้มากขึ้น โดยได้จัดทำป้ายชื่อพรรณไม้และมีคิวอาร์โค้ด แสดงข้อมูลพรรณไม้ยืนต้น ติดบริเวณต้นไม้ เพื่อสะดวกในการสืบค้นข้อมูลพรรณไม้ยืนต้นผ่านโทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ทโฟนได้ แต่ด้วยในปัจจุบันโมบายแอปพลิเคชันได้รับความสนใจมากขึ้น สังเกตจากมีหลายหน่วยงานหรือบริษัทต่าง ๆ พัฒนาโมบายแอปพลิเคชันให้กับผู้บริโภคหรือลูกค้าเพื่อเข้าถึงข้อมูล ให้ความรู้หรือทำธุรกรรมต่าง ๆ เช่น กระทรวงพาณิชย์ ให้บริการ MOC Mobile Application สหกรณ์ออมทรัพย์ ข้าราชการกระทรวงศึกษาธิการ ให้บริการ MOE COOP Application คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี ให้บริการ RamaApp หรือหลายหน่วยงานร่วมมือกันพัฒนา Mobile Application "RDU รู้เรื่องยา" เป็นต้น กูเกิ้ลเผยการใช้งานแอปพลิเคชันของคนไทย[10] ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการใช้งานสมาร์ทโฟนมากเป็นอันดับต้น ๆ ของเอเชีย กูเกิ้ลร่วมกับ TNS ออสเตรเลีย ทำการสำรวจพฤติกรรมการใช้งานแอปพลิเคชันของคนในแปซิฟิกรวมถึงประเทศไทย กลุ่มตัวอย่างรวม 10,000 คน และประเทศไทย 1,000 คน อายุเฉลี่ย 18-65 ปี จากผลสำรวจพบว่า คนไทยมีการติดตั้งแอปพลิเคชันประมาณ 32 แอปต่อสมาร์ทโฟน 1 เครื่อง โดย 16 แอปฯ มากับเครื่องและอีกครึ่งหนึ่งมาจากการดาวน์โหลด จากผลสำรวจยังบอกอีกว่าการใช้งานแอปพลิเคชันที่ได้ทำการดาวน์โหลดมานั้นมีมากถึง 10 แอปที่ไม่ได้ทำการใช้งาน ในแต่เดือนจะมีการติดตั้งแอปฯ ใหม่ทั้งหมด 4 แอปฯ แต่ใช้งานเพียง 1 แอปฯ ที่เหลือไม่ได้ใช้งานและทำการลบทิ้งไปในที่สุด นอกจากนี้ App Annie[9] เป็นบริษัทรวบรวมแอปพลิเคชันบนมือถือ ได้วิเคราะห์การใช้แอปฯ จากผู้ใช้ทั่วโลกในปี 2017 พบว่ามีการดาวน์โหลดมากกว่า 175 พันล้านครั้ง เฉลี่ยผู้ใช้งาน 1 คนจะโหลด 1-2 แอปฯ ต่อเดือน เพื่อให้อาจารย์ บุคลากร นักศึกษาและบุคคลทั่วไป สามารถค้นหาพรรณไม้ จำนวน 69 ชนิด ในพื้นที่ 12 โซน ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครได้สะดวก เข้าถึงข้อมูลพรรณไม้ได้ทุกที่ ทุกเวลา โดยระบุคำค้นหาพรรณไม้ หลังจากนั้นจะแสดงผลลัพธ์รายละเอียดของพรรณไม้ จำนวนพรรณไม้ในแต่ละชนิดได้ และพิกัดที่มีภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร เพื่อจะได้เรียนรู้ลักษณะพรรณไม้และประโยชน์ในการรักษาของพรรณไม้นั้นได้อย่างมีประสิทธิภาพและเพิ่มความสะดวกแก่ผู้ใช้งานบนสมาร์ทโฟน อีกทั้งเพิ่มขีดความสามารถของเว็บไซต์เดิมให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และเผยแพร่ข้อมูลพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ให้แก่อาจารย์ บุคลากร นักศึกษา ครู และบุคคลทั่วไปที่สนใจสามารถเข้าถึงและเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษา วิเคราะห์ ออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันค้นหาพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันฯและประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อแอปพลิเคชันค้นหาพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. กูเกิ้ลแมพส์เอพีไอ[11] (Google Maps API) เป็นชุดเอพีไอของกูเกิ้ล สำหรับพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันและโมบายแอปพลิเคชัน สำหรับเรียกใช้แผนที่และชุดบริการต่าง ๆ ของกูเกิ้ล เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันได้เหมือนกับกูเกิ้ลแมพส์ นอกจากนั้นยังมีบริการต่าง ๆ มากมายให้เรียกใช้ เช่น การปรับแต่งแผนที่ (Styled Map) ชุดควบคุมแผนที่ (Map Control) ชุดเครื่องมือวาดภาพบนแผนที่ (Drawing) การนำทางจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง (Directions Service) การคำนวณความสูงของจุดพิกัด (Elevation Service) การแปลงที่อยู่เป็นพิกัด Lattitude และ Longtitude (GeoCoding Service) การดึงข้อมูล POI (Point of Interest) คือข้อมูลสถานที่ต่าง ๆ ที่กูเกิ้ลรวบรวมไว้ให้ เช่น โรงแรม ห้างสรรพสินค้า โรงเรียน สถานที่ราชการต่าง ๆ และอื่น ๆ อีกมากมาย (Places API) มาใช้งานในแอปพลิเคชัน

2. อัลกอริทึมในการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด

การหาเส้นทางที่สั้นที่สุดจะนิยมใช้อัลกอริทึมพื้นฐานเดียวกัน[8] คือ อัลกอริทึมของไดก์สตรา (Dijkstra's Algorithm) แล้วนำไปปรับปรุงเปลี่ยนแปลงให้มันตรงกับความเป็นจริงมากที่สุด หรือ ใส่ค่าถ่วงน้ำหนักที่ครบถ้วนและเหมาะสมก็จะทำให้การคำนวณมีประสิทธิภาพมากขึ้น อย่างไรก็ตามมีอัลกอริทึมอื่น ๆ อีกที่ได้รับความนิยมเช่นกัน ในงานวิจัยนี้จะนำเสนอ 2 อัลกอริทึม ได้แก่ อัลกอริทึมของไดก์สตรา และอัลกอริทึมของระบบมด (Ant Colony Algorithm) ดังนี้

2.1 อัลกอริทึมของไดก์สตรา ถูกคิดค้นขึ้นโดยนักวิทยาการคอมพิวเตอร์ชาวดัตช์นามว่า แอ็ดส์เคอร์ ไดก์สตรา(Edsger Dijkstra) ในปี 1959 เพื่อแก้ไขปัญหาการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดจากจุดหนึ่งใด ๆ สำหรับกราฟที่มีความยาวของเส้นเชื่อมไม่เป็นลบ สำหรับอัลกอริทึมของไดก์สตรานี้จะหาระยะทางสั้นที่สุดจากจุดหนึ่งไปยังจุดใด ๆ ในกราฟโดยจะหาเส้นทางที่สั้นที่สุดไปทีละจุดยอดเรื่อย ๆ จนครบตามที่ต้องการ

2.2 อัลกอริทึมของระบบมด[8] เป็นอัลกอริทึมที่จำลองหรือได้แนวคิดมาจากการเดินหาอาหารของมด โดยมดจะอาศัยสารเคมีที่เรียกว่า ฟีโรโมน (Pheromone) ที่มดแต่ละตัวก่อนหน้านี้ปล่อยลงบนพื้นและเมื่อมดตัวหลังเดินตามมาก็จะปรับปรุงฟีโรโมนลงไปบนพื้นอีก ซึ่งเหตุนี้ฟีโรโมนจึงเป็นข้อมูลที่สำคัญในการหาเส้นทางจากแหล่งอาหารกลับไปยังรัง ซึ่งอธิบายพฤติกรรมของมดโดยใช้ข้อมูลเรื่องปริมาณของฟีโรโมนในการหาเส้นทางเดินจากรังไปยังแหล่งอาหาร จุดเด่นของระบบมด ก็คือ เป็นขั้นตอนวิธีที่สามารถหาผลเฉลยได้มากกว่า 1 คำตอบ ทำให้ได้เส้นทางที่หลากหลาย เมื่อเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดเกิดมีปัญหา เช่น เนื่องจากเส้นทางชำรุด หรือการจราจรหนาแน่นจะสามารถรู้ว่าเส้นทางที่เหมาะสมเส้นรองต่อไปคือเส้นทางใด โดยที่ไม่ต้องทำการคำนวณหาอีกครั้ง

ข้อแตกต่างของอัลกอริทึมของไดก์สตราและระบบมด[6] คือ อัลกอริทึมของไดก์สตราจะได้เพียงคำตอบเดียว แต่ได้เส้นทางที่สั้นที่สุด ส่วนระบบมดจะได้หลายคำตอบ แต่อาจไม่ใช่เส้นทางที่สั้นที่สุด สำหรับการนำไปใช้ในระบบแผนที่ทั้ง Google Maps ก็จะประยุกต์เอา 2 อัลกอริทึมนี้ไปใช้ อาจไม่ได้ใช้อัลกอริทึมเดียว บางทีก็ได้เส้นทางเดียวที่สั้นที่สุด(อัลกอริทึมของไดก์สตรา) บางครั้งก็มีเส้นทางสำรองให้เลือก (ระบบมด) แสดงว่าอาจมีการผสมผสานทั้งสองอัลกอริทึม

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศุภลักษณ์ บาตโพธิ์ และชนินทร์ ปราณีสอน[7] วิจัยเรื่องโปรแกรมประยุกต์บนอุปกรณ์เคลื่อนที่สำหรับค้นหาและนำทางไปยังร้านอาหารในจังหวัดสมุทรสาคร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับค้นหาและนำทางไปยังร้านอาหารในจังหวัดสมุทรสาครบนระบบปฏิบัติการไอโอเอส โดยใช้เทคโนโลยี GPS และมีการนำเส้นทางโดยใช้แผนที่จาก Google Map โครงสร้างของโปรแกรมมี 2 ส่วน ได้แก่ Native Application เป็นส่วนของหน้าจอแสดงผลที่ทำหน้าที่ติดต่อกับผู้ใช้งานผ่านหน้าจอของอุปกรณ์เคลื่อนที่ และ Web Application เป็นส่วนของระบบที่ทำงานเบื้องหลัง ผู้วิจัยใช้ภาษา PHP ในการพัฒนา Web Application ใช้ ภาษา Swift ในการสร้างแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ จัดการโครงสร้างและจัดเก็บข้อมูลใช้ MySQL ร่วมกับ JSON ผลการวิจัยพบว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถแสดงผลตำแหน่งของร้านอาหารและรายละเอียดอื่น ๆ ได้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ พร้อมทั้งมีระบบนำทางที่ช่วยให้ผู้ใช้งานไปยังร้านอาหารได้อย่างถูกต้อง ซึ่งผลการประเมินการยอมรับจากผู้ใช้งาน จำนวน 20 คน ได้ค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.42 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยรวมเท่ากับ 0.18 สรุปได้ว่า โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นผลการยอมรับจากผู้ใช้งานอยู่ในระดับดี

ปานจิตร์ หลงประดิษฐ์ และสุรสีห์ น้อยมหาไวย[5] ทำวิจัยเรื่องแอปพลิเคชันรับรู้และแสดงตำแหน่งสถานที่ท่องเที่ยวจังหวัดเพชรบุรีตามการจำแนกกลุ่มของผู้ใช้ด้วยกูเกิ้ลแมพเอพีไอบนมือถือระบบปฏิบัติการ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาแอปพลิเคชันรับรู้และแสดงตำแหน่งสถานที่ท่องเที่ยวตามการจำแนกกลุ่มของผู้ใช้ด้วยกูเกิ้ลแมพเอพีไอบนมือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยใช้สถานที่ท่องเที่ยว อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี เป็นกรณีศึกษา และ 2) ประเมินการยอมรับแอพพลิเคชัน กลุ่มตัวอย่าง คือ นักท่องเที่ยวที่เดินทางมาท่องเที่ยวภายในจังหวัดเพชรบุรีและใช้โทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ จำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แอปพลิเคชันรับรู้และแสดงตำแหน่งสถานที่ท่องเที่ยวตามการจำแนกกลุ่มของผู้ใช้ ด้วยกู

เกิ้ลแมพเอพีไอบนมือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ผลการวิจัยพบว่า 1) แอปพลิเคชันที่พัฒนาประกอบด้วยฟังก์ชันหลัก ๆ 6 ฟังก์ชัน คือ Present Main Page, Change Map Style, Search, Track Place, List Place, และ Rate Place และ 2) ผลการใช้งานแอปพลิเคชันที่พัฒนาโดยรวมอยู่ระดับมากที่สุด

กามีละห์ นาง, นาดีบะห์ อีซอ, อริสรา กองศรี และจริยา เกิดไกรแก้ว [(1)] ทำวิจัยเรื่องการพัฒนาและประเมินความพึงพอใจแอปพลิเคชันร้านอาหารมุสลิมในจังหวัดตรังบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันร้านอาหารมุสลิมในจังหวัดตรัง บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และประเมินความพึงพอใจจากการใช้งานแอปพลิเคชันร้านอาหารมุสลิมในจังหวัดตรัง ผลการวิจัยพบว่า แอปพลิเคชันมีความสามารถในการค้นหาร้านอาหารมุสลิมในจังหวัดตรัง สามารถแสดงที่อยู่ร้านอาหารมุสลิมในแต่ละอำเภอ ตำแหน่งที่ตั้ง และเส้นทางไปยังร้านอาหารมุสลิม โดยผู้ใช้งานสามารถเชื่อมต่อแผนที่เพื่อนำทางไปยังร้านอาหารมุสลิมได้ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบประเมินความพึงพอใจจากการใช้งานแอปพลิเคชันร้านอาหารมุสลิมในจังหวัดตรัง กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ประชาชน และนักท่องเที่ยว จังหวัดตรัง จำนวน 50 คน พบว่า ความพึงพอใจการใช้งานแอปพลิเคชันร้านอาหารมุสลิมในจังหวัดตรัง โดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ผลการค้นหาเส้นทาง และความแม่นยำในการระบุพิกัดร้านอาหารมุสลิมจากจำนวนร้านอาหารมุสลิม ทั้งหมด 46 ร้าน พบว่าร้านอาหารมุสลิม จำนวน 40 ร้าน มีความถูกต้องแม่นยำ คิดเป็นร้อยละ 86.9

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการวิจัย ผู้วิจัยใช้ระเบียบวิธีการพัฒนาซอฟต์แวร์เชิงวัตถุแบบ Unified Process ดังนี้

ระยะที่ 1 เริ่มต้น (Inception phase) จากการศึกษาระบบฐานข้อมูลพรรณไม้มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร พบว่ามีข้อมูลพรรณไม้ ที่ระบุพิกัดพรรณไม้ได้ จำนวน 69 ชนิดและแต่ละชนิดมีพรรณไม้เพียง 1 ต้นเท่านั้นและระบบนำทางยังไม่สามารถระบุเส้นทางที่นำทางไปยังพรรณไม้ที่อยู่ใกล้ที่สุดได้ ดังนั้นขอบเขตของแอปพลิเคชันนี้คือ ผู้ใช้งานผ่านโมบายแอปพลิเคชัน

1. สามารถค้นหาข้อมูลพรรณไม้ยืนต้นผ่านโมบายแอปพลิเคชันได้ โดยระบุชื่อพรรณไม้ที่ต้องการค้นหา หรือระบุส่วนใดส่วนหนึ่งของชื่อพรรณไม้ เมื่อค้นหาเสร็จแล้ว จะแสดงรายละเอียดของพรรณไม้ ดังนี้

1.1 รายละเอียดของพรรณไม้ ได้แก่ ชื่อวิทยาศาสตร์ ชื่อสามัญ ชื่อพื้นเมือง ชื่อวงศ์ การขยายพันธุ์ ประเภทพรรณไม้ การกระจายพันธุ์ ประโยชน์การรักษาและประโยชน์อื่น ๆ

1.2 ภาพของสัณฐานของพรรณไม้ ได้แก่ ลำต้น ใบ ดอก ผล และเมล็ด

1.3 แผนที่ที่พบพรรณไม้ ซึ่งจะแสดงไอคอนพรรณไม้ พิกัดพรรณไม้และเส้นทางไปยังพรรณไม้นั้น พร้อมทั้งคำนวณระยะทางจากจุดที่ยืนไปยังพรรณไม้ที่มีพิกัดใกล้ที่สุด

2. สามารถแสดงแผนที่พรรณไม้ชนิดต่าง ๆ ได้ และค้นหาพรรณไม้ โดยระบุชื่อพรรณไม้ ไปยังพิกัดของพรรณไม้ได้

3. สามารถใช้กล้องจากสมาร์ทโฟนถ่ายคิวอาร์โค้ดจากป้ายที่ติดบนพรรณไม้ และระบบจะแสดงข้อมูลพรรณไม้บนโมบายแอปพลิเคชันได้

4. สามารถแสดงรายงานรายชื่อพรรณไม้ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร จำนวน 93 ชนิด และจำนวนพรรณไม้ในแต่ละชนิด ซึ่งมีพรรณไม้จำนวน 24 ชนิดที่ยังไม่ระบุพิกัดการค้นพบในมหาวิทยาลัย

ระยะที่ 2 เพิ่มเติมรายละเอียด (Elaboration phase) ผู้วิจัยได้ดำเนินงานในระยะนี้ ดังนี้

1. การวิเคราะห์ ในระบบงานเดิมพบว่าผู้ใช้ที่เกี่ยวข้องประกอบด้วยเจ้าหน้าที่ และผู้ใช้ทั่วไป โดยเจ้าหน้าที่มีหน้าที่นำข้อมูลเข้าสู่ระบบและดูแลแอปพลิเคชัน ส่วนผู้ใช้สามารถใช้งานในส่วนของเว็บแอปพลิเคชันเพื่อค้นหาข้อมูลพรรณไม้ ซึ่งจากการศึกษาการใช้งานของผู้ใช้พบว่า ผู้ใช้งานส่วนใหญ่ใช้งานผ่านโทรศัพท์มือถือมากกว่าบนคอมพิวเตอร์หรือโน้ตบุ้ค และสิ่งที่ผู้ใช้ต้องการคือ การค้นหาพรรณไม้ผ่านโทรศัพท์มือถือ การสแกนคิวอาร์โค้ด เพื่อเข้าถึงข้อมูลพรรณไม้ และการค้นหาพรรณไม้ที่สามารถระบุพิกัดที่อยู่ใกล้ตัวมากที่สุด ซึ่งการพัฒนาแอปพลิเคชันโดยตรงแทนที่เว็บแอปพลิเคชันที่นำมาใช้ในโทรศัพท์มือถือ จะ

ช่วยลดขั้นตอนการทำงานของระบบลง เพิ่มความสะดวกในการใช้งานแก่ผู้ใช้ และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการระบุพิกัดพรรณไม้อีกด้วย ถึงแม้ว่าแอปพลิเคชันจะใช้งานได้สะดวกกว่าเว็บแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือก็ตามแต่การพัฒนาแอปพลิเคชันให้ได้ประสิทธิภาพตรงตามผู้ใช้งานมากที่สุดยังมีข้อจำกัดคือ ความเร็วในการโหลดข้อมูลต้องพึ่งพาความเร็วของสัญญาณอินเทอร์เน็ตประกอบกับความเร็วของเครื่องแม่ข่ายในขณะนั้นด้วย นอกจากนี้ยังมีในส่วนของการระบุพิกัดที่อาจคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงบวกลบไม่เกิน 6 เมตร เมื่อทำการพัฒนาแอปพลิเคชันค้นหาพรรณไม้แล้ว ผู้วิจัยจะเริ่มติดตั้งแอปพลิเคชันและทดสอบแอปพลิเคชัน ตั้งแต่วันที่ 19 - 23 กุมภาพันธ์ 2562

ผู้วิจัยได้ทำข้อกำหนดของแอปพลิเคชันที่ได้จากผู้ใช้งาน ดังนี้

1. ระบบจะต้องค้นหาข้อมูลพรรณไม้จากการพิมพ์อักษร ได้แก่ ชื่อพรรณไม้ แล้วสามารถแสดงกลุ่มของคำที่จะค้นหาได้

2. ระบบจะต้องแสดงข้อมูลพรรณไม้ โดยประกอบไปด้วย ชื่อวิทยาศาสตร์ ชื่อสามัญ ชื่อพื้นเมือง ชื่อวงศ์การขยายพันธุ์ ประเภทพรรณไม้ จำนวนพรรณไม้ การกระจายพันธุ์ ประโยชน์การรักษาและประโยชน์อื่น ๆ และภาพพรรณไม้ได้

3. ระบบต้องแสดงรายละเอียดพรรณไม้ จะต้องมีแถบแสดงประกอบไปด้วย รายละเอียดพรรณไม้ รูปภาพพรรณไม้ และแผนที่พรรณไม้

4. ระบบค้นหาพิกัดพรรณไม้จะต้องสามารถค้นหาจากการพิมพ์อักษร หรืออักขระ แล้วสามารถแสดงกลุ่มของคำที่จะค้นหาพิกัดพรรณไม้ได้

5. ระบบค้นหาพิกัดพรรณไม้จะต้องสามรถแสดงตำแหน่งที่อยู่ของผู้ใช้ และระบุพิกัดตำแหน่งพรรณไม้ที่อยู่ใกล้ผู้ใช้มากที่สุดได้

6. ระบบจะต้องทำการสแกนคิวอาร์โค้ดเพื่อเข้าสู่ข้อมูลรายละเอียดพรรณไม้ได้

7. ระบบต้องสามารถโหลดข้อมูลจากฐานข้อมูลบนเครื่องแม่ข่ายมาแสดงผลได้อย่างรวดเร็ว และแสดงข้อมูลสัมพันธ์กับการค้นหา

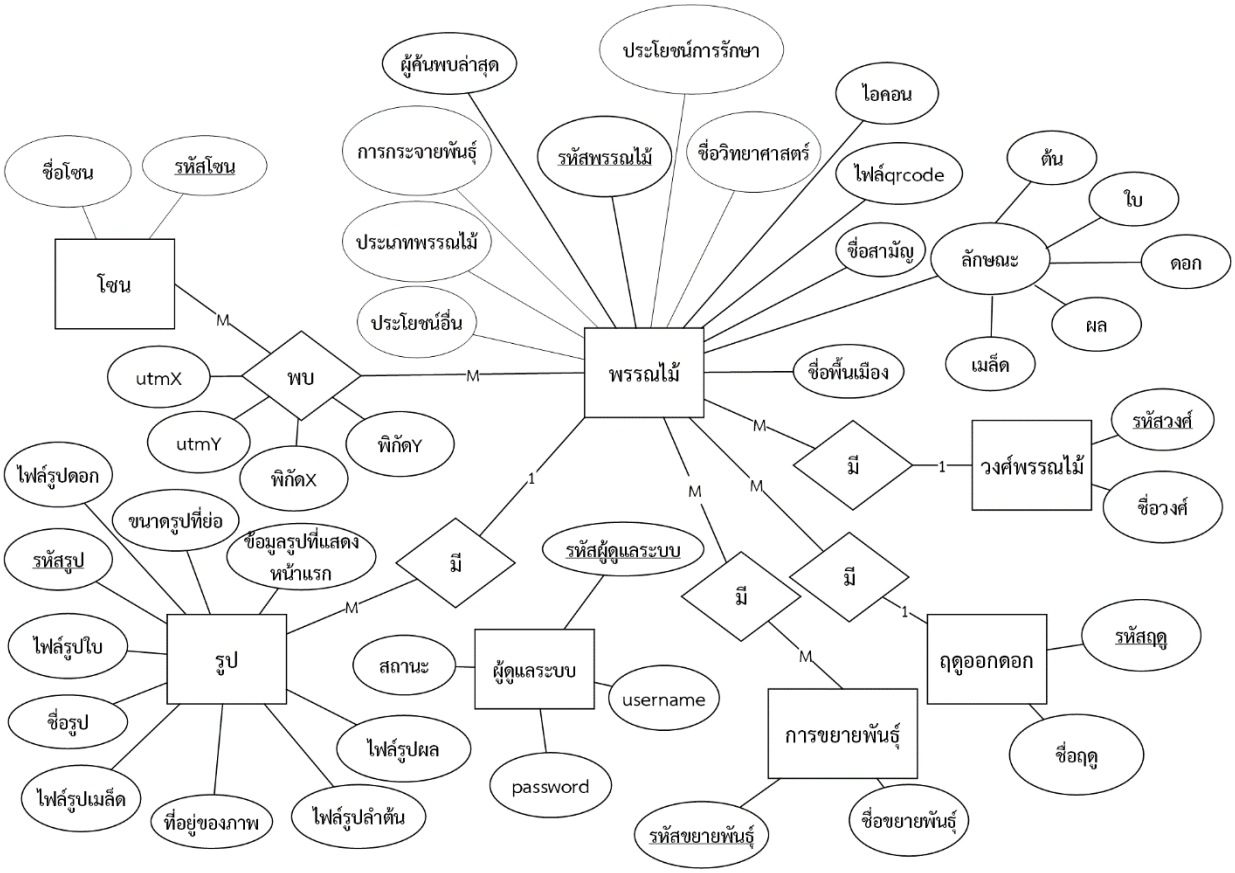
8. ระบบต้องมีหน้าจอผู้ใช้งานที่เหมาะแก่ผู้ใช้งาน โดยแสดงตัวอักษรและlayout สัมพันธ์กับขนาดหน้าจอโทรศัพท์มือถือ

9. ระบบต้องมีไอคอนพิกัดพรรณไม้แต่ละชนิดที่ต่างกัน

10. ระบบต้องมีความแม่นยำในการระบุพิกัดพรรณไม้ ที่เก็บข้อมูลละติจูด และลองติจูดโดยใช้ทศนิยม 6 หน่วย

2. การออกแบบ

2.1 ออกแบบระบบฐานข้อมูล งานวิจัยนี้ใช้ฐานข้อมูลพรรณไม้[2] และมีการปรับปรุงฐานข้อมูลพรรณไม้ซึ่งระบบฐานข้อมูลพรรณไม้ออกแบบด้วยแผนภาพอีอาร์แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนภาพอีอาร์ของระบบฐานข้อมูลพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

2.2 ออกแบบการทำงานของระบบ จากผลการวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้ แอปพลิเคชันควรมี ความสามารถ ดังนี้

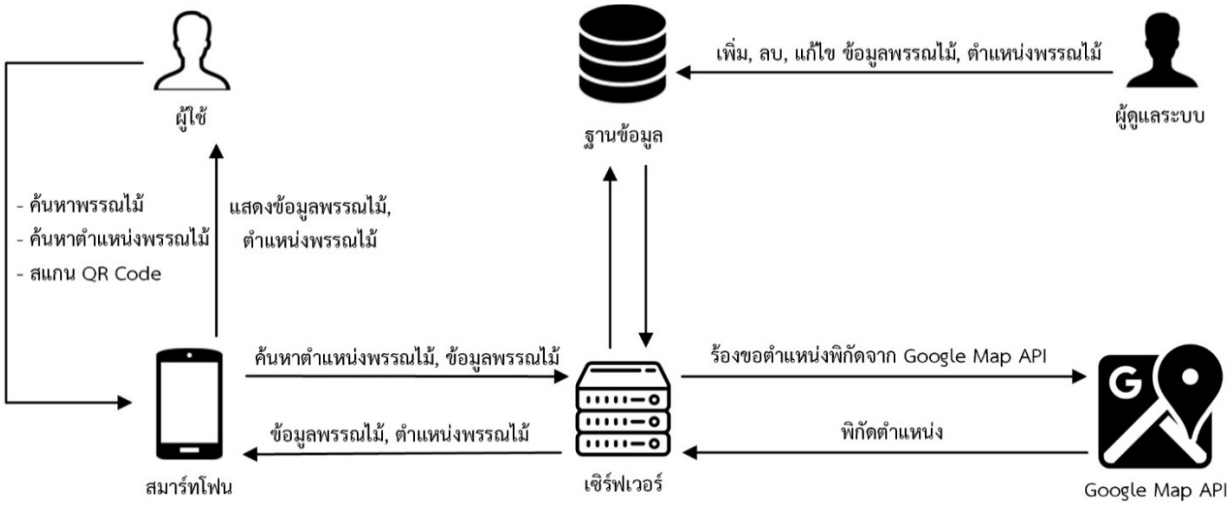
1. สามารถค้นหาข้อมูลพรรณไม้จากแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์ดังกล่าวจากฐานข้อมูล MariaDB โดยดึงพิกัดที่เก็บอยู่ในฐานข้อมูลจากการค้นหาด้วยชื่อพรรณไม้ จากนั้นฐานข้อมูลจะส่งค่าพิกัดกลับมายัง แอปพลิเคชันแล้วทำการปักหมุดพิกัดลงบนแผนที่

2. สามารถดึงแผนที่จาก Google Map Server โดยใช้ Google Map API ซึ่งเป็นตัวกลางในการดึงแผนที่จาก Google มาไว้บนอุปกรณ์

3. สามารถค้นหาเส้นทางเพื่อนำทาง โดยแอปพลิเคชันจะทำการส่งค่าพิกัดตำแหน่งปัจจุบันของอุปกรณ์จาก GPS ของตัวอุปกรณ์พร้อมกับพิกัดปลายทางที่ผู้ใช้ทำการเลือกไปยัง Google Map Server โดยผ่านการทำงานของ Google Map Direction ซึ่งมีหน้าที่ค้นหาเส้นทาง คำนวณระยะทาง ระยะเวลาในการเดินทางจากพิกัดต้นทางไปยังปลายทางที่ผู้ใช้ทำการส่งค่าดังกล่าวไป Google Map Server จะทำการส่งค่าทั้งหมดกลับมายังแอปพลิเคชันด้วย JSON

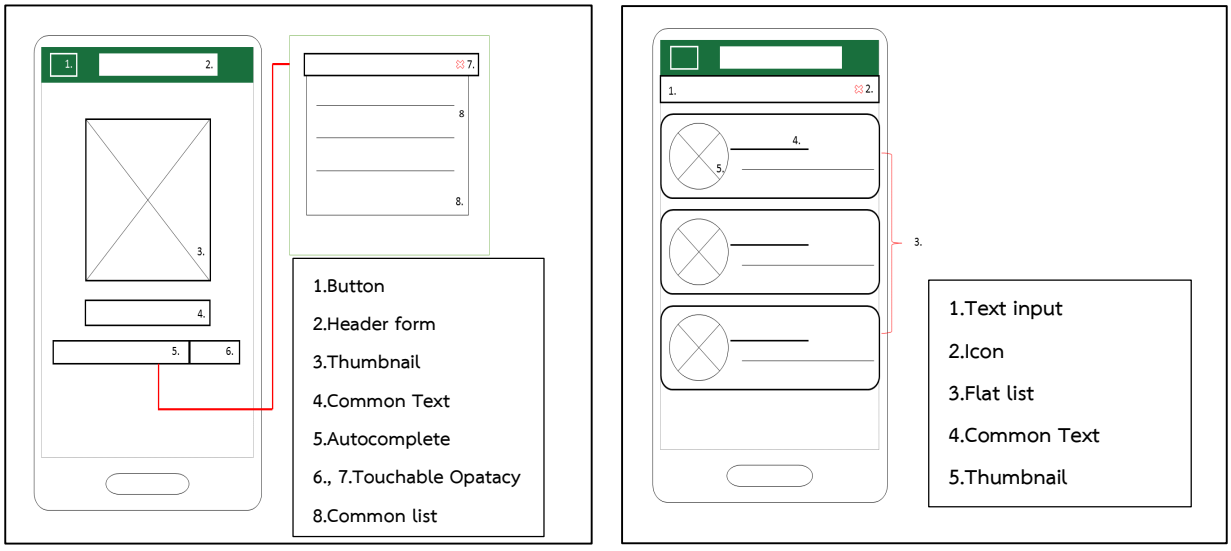
4. สามารถแสดงรายละเอียดพรรณไม้ จำนวนพรรณไม้ และสถานที่พรรณไม้

โดยสถาปัตยกรรมของระบบ แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 สถาปัตยกรรมของระบบ

2.3 ออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ ผ่านโปรแกรม Android studio 3.3.1ทั้งนี้ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ แสดงตัวอย่างดังภาพที่ 3



(ก) (ข)

ภาพที่ 3 User Interface ของหน้าแรก (ก) และUser Interface ของหน้ารายชื่อพรรณไม้ (ข)

ระยะที่ 3 การสร้าง (Construction phase) เป็นการลงมือพัฒนาแอปพลิเคชันค้นหาพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร โดยใช้เครื่องมือหลักในการพัฒนาระบบคือ ภาษา Java Script เป็นภาษาสำหรับพัฒนาแอปพลิเคชัน พัฒนาผ่านโปรแกรม PhpStorm ใช้โปรแกรม Xampp ในการจำลองฐานข้อมูล และการจัดการโครงสร้างและจัดเก็บข้อมูลใช้ MariaDB ร่วมกับ JSON และใช้ Google Map API สำหรับแสดงแผนที่ และจัดทำป้ายพรรณไม้เพื่อนำไปติดที่ต้นพรรณไม้ ตัวอย่างของป้ายพรรณไม้แสดงดังภาพที่ 4 หลังจากนั้นทำการทดสอบแอปพลิเคชันฯที่ได้สร้างขึ้นมาด้วยเทคนิค Black-Box Testing[4] [12] โดยทำการทดสอบ 2 ครั้ง คือ 1) ทดสอบบน Android Emulator เล่นแอนดรอยด์บนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล หากตรวจสอบความถูกต้องแล้ว จะทำการอัพแอปพลิเคชันขึ้นใช้งานบนสมาร์ทโฟนต่อไป 2) ทดสอบบนสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ซึ่งทำการตรวจสอบได้จากการทดลองใช้แอปพลิเคชันบนเครื่องโทรศัพท์จริง ตรวจเช็คการใช้งานว่าสามารถประมวลผลและใช้งานได้จริงอย่างถูกต้องตามข้อมูลที่มีหรือไม่ หลังจากนั้นผู้วิจัยให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 คน ประเมินประสิทธิภาพแอปพลิเคชันและสุ่มตัวอย่าง

ผู้ใช้ ได้แก่ อาจารย์ นักศึกษา บุคลากรในมหาวิทยาลัย และบุคคลภายนอกมหาวิทยาลัย จำนวน 35 คน เพื่อประเมินความพึงพอใจที่มีต่อแอปพลิเคชัน



ภาพที่ 4 ตัวอย่างป้ายพรรณไม้

ระยะที่ 4 การเปลี่ยนผ่าน (Transition phase) เป็นระยะของการติดตั้งระบบที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้งานจริง หลังจากได้ทดสอบระบบเบื้องต้นตามระยะการจัดสร้าง ในขั้นตอนของติดตั้งได้ทำการอัพโหลดชุดคำสั่งของระบบพร้อมกับฐานข้อมูลขึ้นไปบนเครื่องแม่ข่าย โดยใช้โปรแกรม play store ในการอัพโหลดตัวแอปพลิเคชัน ทั้งนี้สามารถดาวน์โหลดแอปพลิเคชันนี้ได้โดยการสแกนคิวอาร์โค้ดในภาพที่ 5 และมีการจัดทำคู่มือการใช้งานแอปพลิเคชัน

ภาพที่ 5 คิวอาร์โค้ดสำหรับใช้ดาวน์โหลดแอปพลิเคชันค้นหาพรรณไม้ฯ (Plant@PNRU)

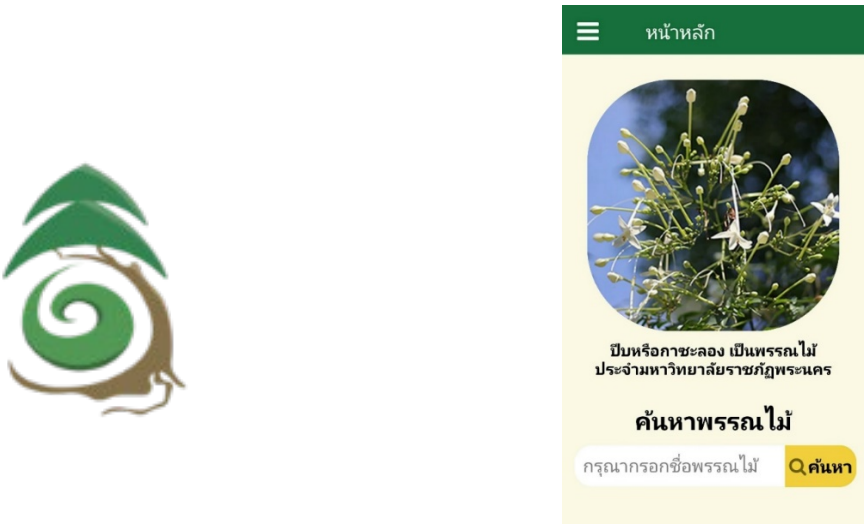
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบคือ PhpStorm Version 2018.1.3, Android Studio Version 3.3.1, XAMPP V3.2.2 และ MariaDB ร่วมกับ JSON และ Google Map API Version 3.36 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองคือ แอปพลิเคชันค้นหาพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เครื่องมือการเก็บรวบรวมข้อมูลคือ แบบประเมินประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันนี้และแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อแอปพลิเคชันนี้เป็นแบบประเมินมาตราส่วน 5 ระดับตาม Likert Scale

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ อาจารย์ นักศึกษา บุคลากรในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร และบุคคลทั่วไป กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยได้จากการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญจากประชากร จำนวน 35 คน

สถิติที่ใช้ในการวิจัย การประเมินผลความพึงพอใจของผู้ใช้ ใช้สถิติเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย ได้แก่ จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) นำค่าเฉลี่ยแปลผล ดังนี้ 1.00–1.80=น้อยที่สุด 1.81–2.60=น้อย 2.61–3.40=ปานกลาง 3.41–4.20=มาก และ 4.21–5.00=มากที่สุด

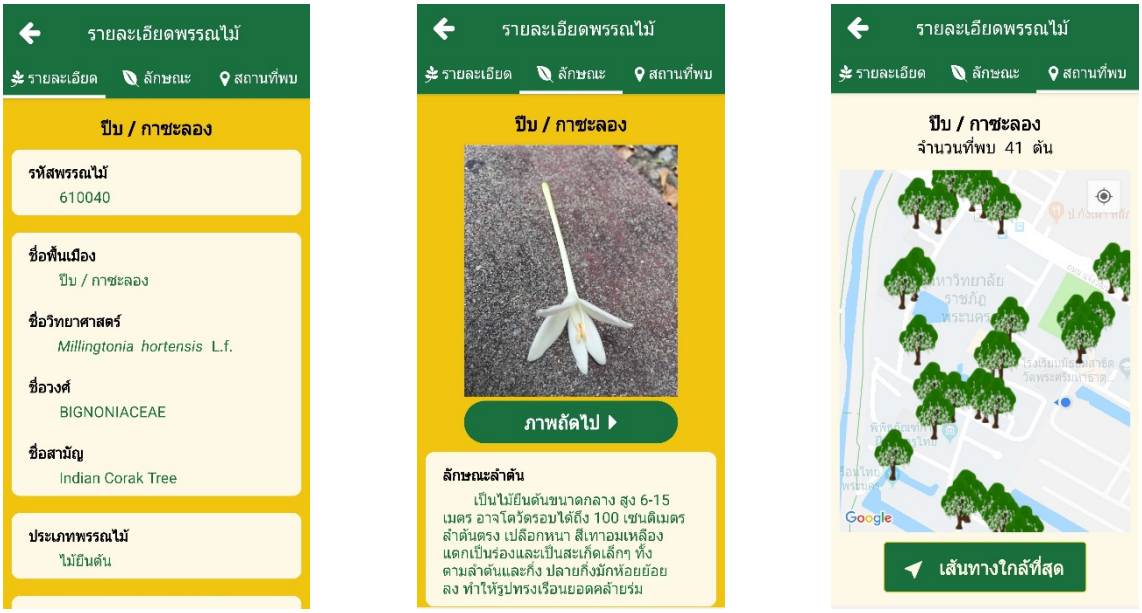
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย ได้แอปพลิเคชันค้นหาพรรณไม้ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยผู้ใช้ต้องติดตั้งแอปพลิเคชันฯบนสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ทั้งนี้โลโก้ของแอปพลิเคชันฯแสดงดังภาพที่ 6 (ก) เมื่อผู้ใช้งานเข้าสู่หน้าแรกของแอปพลิเคชันฯ แสดงดังภาพที่ 6 (ข) ซึ่งจะเป็นหน้าสำหรับค้นหาพรรณไม้ เมื่อค้นหาพรรณไม้เจอแล้ว จะเข้าสู่หน้ารายละเอียดพรรณไม้ ประกอบไปด้วย หน้ารายละเอียด หน้าลักษณะ และหน้าสถานที่พบหรือตำแหน่งพิกัดของพรรณไม้ แสดงดังภาพที่ 7 หากต้องการเดินทางไปยังพรรณไม้ ผู้ใช้จะต้องเปิดใช้ระบบนำทางซึ่งเชื่อมโยงกับ Google Maps แสดงเส้นทางและเริ่มระบบการนำทางไปยังตำแหน่งที่ตั้งพรรณไม้ที่ผู้ใช้ต้องการ แสดงดังภาพที่ 8 สำหรับเมนูแสดงดังภาพที่ 9 (ก) ประกอบด้วยเมนูย่อยได้แก่ 1) รายชื่อพรรณไม้แสดงดังภาพที่ 9 (ข) 2) แผนที่พรรณไม้แสดงดังภาพที่ 10 (ก) 3) สแกนคิวอาร์โค้ดแสดงดังภาพที่ 10 (ข) 4) วิธีการใช้งาน 5) รายละเอียดโซน และ 6) เกี่ยวกับโครงการ



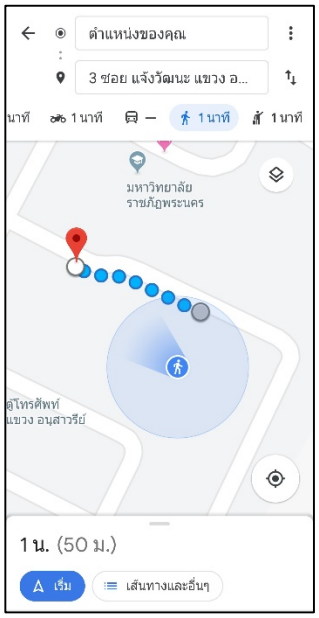
(ก) (ข)

ภาพที่ 6 โลโก้ของแอปพลิเคชัน (ก) และหน้าแรกของแอปพลิเคชัน (ข)

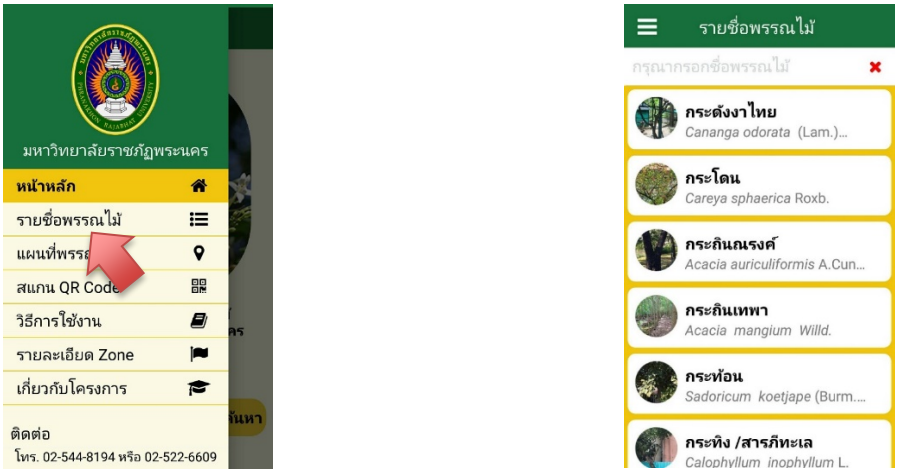


(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 7 หน้ารายละเอียดพรรณไม้

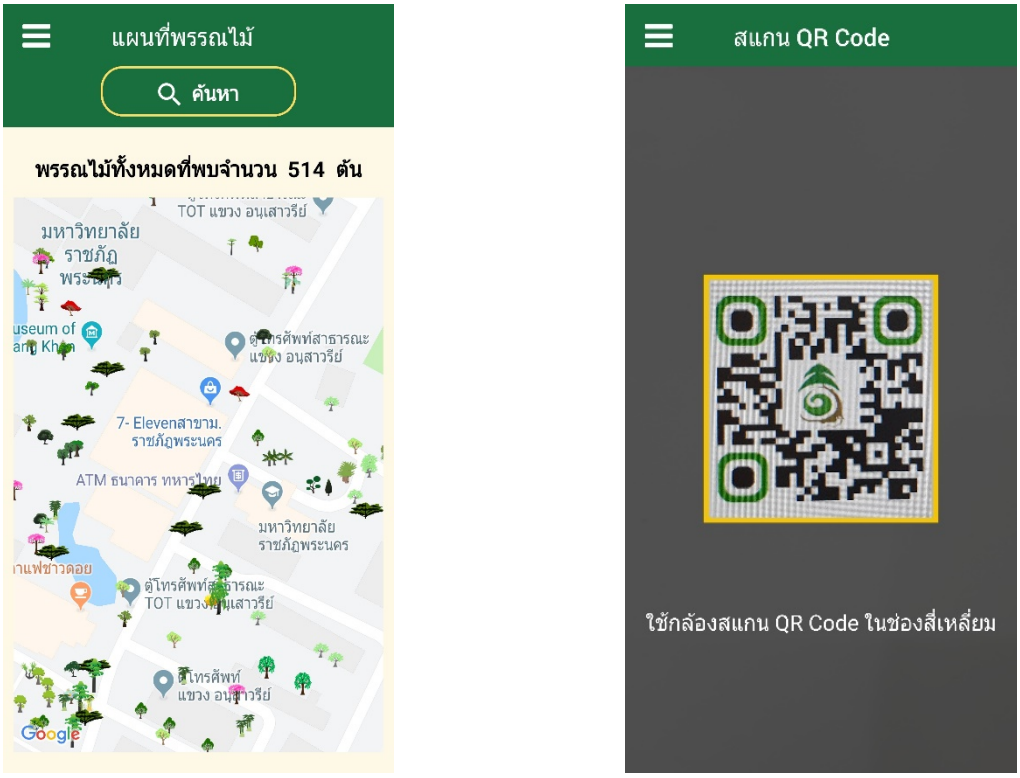


ภาพที่ 8 เส้นทางไปยังพรรณไม้ที่ต้องการ



(ก) (ข)

ภาพที่ 9 หน้าเมนู (ก) และหน้ารายชื่อพรรณไม้ (ข)



(ก) (ข)

ภาพที่ 10 หน้าแผนที่พรรณไม้ (ก) และหน้าสแกนคิวอาร์โค้ด (ข)

ผลการประเมินประสิทธิภาพ

การประเมินคุณภาพของระบบใช้ Black-Box Testing ทดสอบระบบโดยดูความถูกต้องของการแสดงผลการทำงานและผลลัพธ์ที่ได้จากระบบโดยดูผลที่แสดงออกและประเมินประสิทธิภาพของระบบที่ได้พัฒนาขึ้นโดยผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์จำนวน 3 ท่าน ผลการประเมินโดยภาพรวมพบว่าประสิทธิภาพของระบบที่ได้พัฒนาอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$=4.56, SD=0.21) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่าผลประเมินด้านความถูกต้องของระบบ มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ($\overline{X}$=4.87, SD=0.23) และด้านความสามารถทำงานตรงตามความต้องการ มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ($\overline{X}$=4.33, SD=0.58) แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลประเมินประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันค้นหาพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	แปลผล
1. ด้านความถูกต้องของระบบ	4.87	0.23	มากที่สุด
2. ด้านการใช้งานโปรแกรม	4.44	0.10	มากที่สุด
3. ด้านความสามารถทำงานตรงตามความต้องการ	4.33	0.58	มากที่สุด
4. ด้านประสิทธิภาพการใช้งาน	4.60	0.40	มากที่สุด
โดยภาพรวม	4.56	0.21	มากที่สุด

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้

ผู้ใช้งานแอปพลิเคชันฯ จำนวน 35 คน ส่วนใหญ่เป็นนักศึกษา ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย สถานภาพผู้ใช้เป็นนักศึกษาและรู้จักพรรณไม้ยืนต้นภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครระดับปานกลาง และผู้ใช้คิดว่าแอปพลิเคชันนี้จะมีประโยชน์ในการเรียนรู้พรรณไม้ด้วยคะแนน 9 คะแนน แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละของข้อมูลผู้ใช้

รายการ		จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ	ชาย	19	54.3
	หญิง	16	45.7
สถานภาพผู้ใช้	นักศึกษา	25	71.4
	อาจารย์	3	8.6
	บุคลากรของมหาวิทยาลัย	2	5.7
	บุคคลภายนอก	5	14.3
รู้จักพรรณไม้ยืนต้นในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร	น้อยที่สุด	2	5.7
	น้อย	12	34.3
	ปานกลาง	17	48.6
	มาก	2	5.7
	มากที่สุด	2	5.7
คะแนนที่ผู้ใช้คิดว่าแอปพลิเคชันนี้มีประโยชน์ในการเรียนรู้พรรณไม้	6 คะแนน	1	2.9
	7 คะแนน	5	14.3
	8 คะแนน	8	22.9
	9 คะแนน	11	31.4
	10 คะแนน	10	28.6

สำหรับผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อแอปพลิเคชัน พบว่าโดยภาพรวมผู้ใช้มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$=4.24, SD=0.62) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ผลประเมินด้านด้านการบันทึกข้อมูล การประมวลผล และการแสดงผล มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจสูงที่สุด ($\overline{X}$=4.31, SD=0.62) และด้านลักษณะของแอปพลิเคชัน มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจน้อยที่สุด ($\overline{X}$=4.17, SD=0.56) แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อแอปพลิเคชันค้นหาพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	แปลผล
1. ด้านลักษณะของแอปพลิเคชัน	4.17	0.33	มาก
2. ด้านการออกแบบหน้าจอติดต่อกับผู้ใช้	4.30	0.39	มากที่สุด
3. ด้านการบันทึกข้อมูล การประมวลผล และการแสดงผล	4.31	0.43	มากที่สุด
4. ด้านการออกแบบป้ายพรรณไม้	4.19	0.54	มาก
โดยภาพรวม	4.25	0.34	มากที่สุด

อภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนาแอปพลิเคชันค้นหาพรรณไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์นี้ถือว่าเป็นการต่อยอดจากงานวิจัยการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันระบบฐานข้อมูลพรรณไม้ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร[2] โดยมีการปรับปรุงตำแหน่งที่พบของพรรณไม้เป็นโซน ซึ่งมีทั้งหมด 12 โซนภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร สามารถระบุพิกัดของพรรณไม้แต่ละชนิดได้มากกว่า 1 พิกัด รวมทั้งสามารถค้นหาเส้นทางและนำทางไปยังพรรณไม้ที่ใกล้ที่สุดได้จากจุดที่ยืน ทำให้อาจารย์ บุคลากร และนักศึกษา รวมถึงบุคคลทั่วไปสามารถเข้าถึงข้อมูลพรรณไม้ ได้แก่ รายละเอียดพรรณไม้ คือ ชื่อวิทยาศาสตร์ ชื่อสามัญ ชื่อพื้นเมือง ชื่อวงศ์ การขยายพันธุ์ ประเภทพรรณไม้ การกระจายพันธุ์ ประโยชน์การรักษาและประโยชน์อื่น ๆ และภาพของสัณฐานพรรณไม้ คือ ลำต้น ใบ ดอก ผล และเมล็ด รวมทั้งแผนที่ที่พบพรรณไม้ ผ่านคิวอาร์โค้ดบนป้ายพรรณไม้ที่ติดบนต้นพรรณไม้ได้อย่างสะดวกรวดเร็ว และเป็นการให้ข้อมูลเกี่ยวกับพรรณไม้เพื่อให้เป็นที่รู้จักและเรียนรู้คุณค่าของพรรณไม้ จากผู้ใช้งานแอปพลิเคชันประเมินความพึงพอใจ จำนวน 35 คน พบว่ามีความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันนี้โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$=4.24, SD=0.34) หากจำแนกตามด้านพบว่า ด้านการบันทึกข้อมูล การประมวลผล และการแสดงผล มีค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจสูงที่สุด ($\overline{X}$=4.31, SD=0.43) เนื่องจากผู้ใช้พบว่าแอปพลิเคชันมีความถูกต้องในการเชื่อมโยง มีความรวดเร็วในการโหลดข้อมูล ค้นหาพรรณไม้ได้ตามที่ผู้ใช้ต้องการและความถูกต้องของการนำทางด้วยระบบจีพีเอส รองลงมาตามลำดับ คือ ด้านการออกแบบหน้าจอติดต่อกับผู้ใช้ ($\overline{X}$=4.30, SD=0.39) เนื่องจากแอปพลิเคชันฯ มีความสะดวกในการใช้งาน ใช้งานง่ายและสีสันสวยงาม สบายตา มีขนาดและรูปแบบตัวอักษรอ่านง่ายและชัดเจน และด้านลักษณะของแอปพลิเคชัน มีค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจน้อยที่สุด ($\overline{X}$=4.17, SD=0.33) เนื่องจากแอปพลิเคชันแสดงรูปพรรณไม้ในแผนที่มหาวิทยาลัย ในส่วนของผลการค้นหาเส้นทาง และความแม่นยำในการระบุพิกัดพรรณไม้ จากจำนวนพรรณไม้ทั้งหมด 69 ชนิด พบว่ามีเส้นทางทั้งหมด 514 เส้นทาง สามารถนำทางได้อย่างถูกต้อง 460 เส้นทาง มีความถูกต้องแม่นยำ คิดเป็นร้อยละ 89.50 เนื่องจากระบบ GPS มีสัญญาณมั่นคง ทำให้สามารถระบุตำแหน่งพรรณไม้ได้อย่างถูกต้อง อีก 54 เส้นทางนั้น เส้นทางไปยังพรรณไม้ที่มีความคลาดเคลื่อนคิดเป็นร้อยละ 10.50 เนื่องมาจากมีความคลาดเคลื่อนของระบบ GPS ทำให้ตำแหน่งพรรณไม้คลาดเคลื่อนออกไปจากตำแหน่งจริง

จากผลการประเมินความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันนี้โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ ปานจิตร์ หลงประดิษฐ์ และสุรสีห์ น้อยมหาไวย[5] ได้พัฒนาแอปพลิเคชันรับรู้และแสดงตำแหน่งสถานที่ท่องเที่ยวจังหวัดเพชรบุรีตามการจำแนกกลุ่มของผู้ใช้ด้วยกูเกิ้ลแมพเอพีไอบนมือถือระบบปฏิบัติการ ซึ่งผลการพัฒนาระบบการประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน จำนวน 30 คน ผลการประเมินการใช้งานแอปพลิเคชันที่พัฒนาโดยรวมอยู่ระดับมากที่สุด ($\overline{X}$=4.69, SD=0.40) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ กามีละห์ นารง, นาดีบะห์ อีซอ, อริสรา กองศรี และจริยา เกิดไกรแก้ว [1] ได้พัฒนาแอปพลิเคชันร้านอาหารมุสลิมในจังหวัดตรังบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ผลประเมินความพึงพอใจการใช้งานแอปพลิเคชันร้านอาหารมุสลิมในจังหวัดตรัง จำนวน 50 คน โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$=4.46, SD=0.67) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศุภลักษณ์ บาตโพธิ์ และชนินทร์ ปราณีสอน[7] ได้พัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนอุปกรณ์เคลื่อนที่สำหรับค้นหาและนำทางไปยังร้านอาหารใน

จังหวัดสมุทรสาคร ซึ่งผลการประเมินการยอมรับจากผู้ใช้งาน จำนวน 20 คน สรุปได้ว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นผลการยอมรับจากผู้ใช้งานอยู่ในระดับดี ($\overline{X}$=4.42, SD=0.18)

อย่างไรก็ตามแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นยังมีข้อจำกัดที่ทำงานได้เฉพาะบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ 4.1 ขึ้นไป และสามารถค้นหาพรรณไม้ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครเท่านั้นและในระหว่างการใช้งานทุกครั้งอุปกรณ์ของผู้ใช้ต้องเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตตลอดเวลา หากอินเตอร์เน็ตใช้งานไม่ได้หรือมีความเร็วต่ำแอปพลิเคชันจะไม่สามารถทำงานได้หรือใช้งานได้อย่างไม่มีประสิทธิภาพ

สรุป

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันค้นหาพรรณไม้ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลพรรณไม้ยืนต้นในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครในโครงการสวนพฤกษศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร เพื่อสนองพระราชดำริฯ ในโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ตามกิจกรรมการสร้างจิตสำนึกในการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช ซึ่งประกอบด้วยการสำรวจพรรณไม้ในมหาวิทยาลัย การทำทะเบียนพรรณไม้ การทำป้ายชื่อพรรณไม้ และศึกษาประโยชน์ของพรรณไม้แต่ละชนิด จากการสำรวจในครั้งนั้น พบว่ามีพรรณไม้ จำนวน 80 ชนิดภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ในการเก็บข้อมูลครั้งนี้ ผู้วิจัยได้บันทึกข้อมูลของพรรณไม้ผ่านเว็บ http://www.bellcenter-pnru.com/admin10/project/build/index.php และถ่ายภาพรายละเอียดส่วนต่าง ๆ ของพรรณไม้ ได้แก่ ใบ ดอก ผล เมล็ดและลำต้น จำนวน 69 ชนิด พร้อมทั้งจัดเก็บพิกัดของพรรณไม้ที่ควรได้รับการอนุรักษ์และพรรณไม้ที่มีค่าทางการรักษา จำนวน 69 ชนิด ชนิดละมากกว่า 1 ต้น เพื่อนำมากำหนดจุดที่ตั้งพรรณไม้แต่ละต้นในแผนที่ โดยใช้สัญลักษณ์ต่าง ๆ ในการปักหมุดแทนพรรณไม้แต่ละชนิด

การพัฒนาระบบใช้หลักการพัฒนาระบบแบบ Unified Process โดยใช้เครื่องมือโปรแกรม PhpStorm ในการพัฒนาแอปพลิเคชันด้วยภาษา Java Script และใช้ฐานข้อมูลพรรณไม้ MariaDB เมื่อได้แอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น ได้นำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างซึ่งจะทดลองใช้ระบบที่ติดตั้งบนระบบอินเทอร์เน็ตโดยใช้พื้นที่เซิฟเวอร์ bellcenter-pnru.com และนำแอปพลิเคชันเข้าสู่ Google Play Store การประเมินประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันโดยผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด และประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้โดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

1. กามีละห์ นารง, นาดีบะห์ อีซอ, อริสรา กองศรี และจริยา เกิดไกรแก้ว. การพัฒนาและประเมินความพึงพอใจแอปพลิเคชันร้านอาหารมุสลิมในจังหวัดตรังบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์. วารสารเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ. 2559; 1: 26-35.
2. เครือทิพย์ เจียระวานิช. พรรณไม้ในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร. 2542.
3. นัทธวัฒน์ มาตรวังแสง, ณัฐพล นิธิโชติการ, สมคิด สุทธิธารธวัช, รณกร รัตนธรรมมา และโองการ วณิชาชีวะ. การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันระบบฐานข้อมูลพรรณไม้ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร. การประชุมวิชาการระดับชาติวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 6 (The 6th Academic Science and Technology Conference: ASTC2018); วันที่ 6 มิถุนายน 2561; มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ.
4. บุปผา วิไลพันธ์. What–Why–Who–How ของเรื่อง Software Testing. G-Magz. 2555; 31: 1-32.
5. ปานจิตร์ หลงประดิษฐ์ และสุรสีห์ น้อยมหาไวย. แอพพลิเคชันรับรู้และแสดงตำแหน่งสถานที่ท่องเที่ยวจังหวัดเพชรบุรีตามการจำแนกกลุ่มของผู้ใช้ด้วยกูเกิ้ลแมพเอพีไอบนมือถือระบบปฏิบัติการ. วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม. 2559; 1: 74-82.

6. ราชการ ปรึกษาดี. การเปรียบเทียบหาเส้นทางที่ เหมาะสมโดยวิธีระบบมดและDijkstra's Algorithm [วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ; 2550.
7. ศุภลักษณ์ บาตโพธิ์ และชนินทร์ ปราณีสอน. โปรแกรมประยุกต์บนอุปกรณ์เคลื่อนที่สำหรับค้นหาและนำทางไปยังร้านอาหารในจังหวัดสมุทรสาคร. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยธนบุรี (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 2560; 1: 24-32.
8. อเสข ขันธวิชัย. จับเข่ามานั่งเคลียร์: ระบบแผนที่อย่าง Google Maps, Here Maps หรือ Apple Maps มันใช้วิธีอะไร? มาเลือกเส้นทางให้กับเรากันแน่ [อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ: APPDISQUS; 2560 [วันที่ปรับปรุง 6 กุมภาพันธ์ 2558; วันที่อ้างถึง 1 มีนาคม 2562]. ที่มา: https://www.appdisqus.com/2015/02/06/algorithm-of-google-here-apple-maps.html.
9. Fayossy. เผยสถิติการดาวน์โหลดและใช้แอปฯ ของคนไทย ในปี 2017 [อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ: Oops Network Co.,Ltd.; 2551 [วันที่ปรับปรุง 22 มกราคม 2561; วันที่อ้างถึง 1 มีนาคม 2562]. ที่มา: https://www.marketingoops.com/news/brand-move/thailand-mau-apps-2017/.
10. Gmlive [อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ: บริษัทจีเอ็ม มัลติมีเดีย กรุ๊ป จำกัด (มหาชน); 2560 [วันที่ปรับปรุง 15 ธันวาคม 2559; วันที่อ้างถึง 1 มีนาคม 2562]. ที่มา: https://gmlive.com/Googleเผยผลสำรวจการใช้แอพของคนไทย.
11. Google. Maps JavaScript API [Internet]. California: Google; 1998 [updated 2018 Dec 1; cited 2018 Dec 2]. Available from: https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/examples/.
12. Guru99. What is BLACK Box Testing? Techniques, Example & Types [Internet]. 2019 [updated 2019 Feb 1; cited 2019 Feb 2]. Available from: https://www.guru99.com/black-box-testing.html.

[INNO-007] ระบบการสั่งงานด้วยเสียงพูดสำหรับการทดสอบและปรับปรุงคุณภาพซอฟต์แวร์

Voice Command System for Software Testing and Quality Improvement

อภิสรา มิตรพิทักษ์ และณัฐพร นันทจิระพงศ์*
Apisara Mitpitak and Nathaphon Nanthajirapong*
สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: ntp.nanthajirapong@gmail.com

บทคัดย่อ

ระบบการสั่งงานด้วยเสียงพูดสำหรับการทดสอบและปรับปรุงคุณภาพซอฟต์แวร์ เป็นระบบที่มีวัตถุประสงค์เพื่อลดระยะเวลาในการถ่ายโอนซอฟต์แวร์ (Deploy) ที่บริษัท เมโทรอินโฟเทค จำกัด พัฒนาให้กับลูกค้าขององค์กรขึ้นไปบน Jenkins server โดยประยุกต์ใช้เสียงในการสั่งถ่ายโอนซอฟต์แวร์เพื่อไปทดสอบการทำงานของ Jenkins server การทำงานของระบบประกอบด้วย 4 ส่วนหลัก ได้แก่ 1) การเข้าสู่ระบบของผู้ใช้ 2) การสั่งถ่ายโอนซอฟต์แวร์เข้าสู่ Jenkins server 3) การทดสอบและปรับปรุงคุณภาพซอฟต์แวร์ และ 4) ส่วนแสดงผลการถ่ายโอนและปรับปรุงคุณภาพซอฟต์แวร์ โดยทฤษฎีที่ใช้ในการพัฒนาระบบที่สำคัญได้แก่ การปรับปรุงคุณภาพซอฟต์แวร์อย่างต่อเนื่อง (Continuous Integration) และการรู้จำเสียง (Speech Recognition) ส่วนเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบที่สำคัญได้แก่ PyCharm, SQLite, Jenkins API, WebKit Speech Recognition และ Flask Framework ผลจากการสำรวจความพึงพอใจการใช้งานระบบการสั่งงานด้วยเสียงพูดสำหรับการทดสอบและปรับปรุงคุณภาพซอฟต์แวร์ พบว่า ความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อระบบในภาพรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.02 อยู่ในระดับดี ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ระบบสามารถช่วยลดระยะเวลาในการทดสอบหรือถ่ายโอนซอฟต์แวร์ขึ้นบนเซิร์ฟเวอร์ Jenkins ได้ อีกทั้งสามารถช่วยเพิ่มคุณภาพการทำงานของทีมพัฒนาซอฟต์แวร์ของบริษัท เมโทรอินโฟเทค จำกัด ให้ดีขึ้น

คำสำคัญ: *การถ่ายโอนซอฟต์แวร์ การปรับปรุงคุณภาพซอฟต์แวร์อย่างต่อเนื่อง การรู้จำเสียง*

Abstract

Voice Command System for Software Testing and Quality Improvement is a system that aims to reduce the transfer time (Deploy) of software that Metro InfoTech Company developed for customer to Jenkins server by using the voice to deploy software to test on Jenkins server. There are 4 main parts in this system: 1) User login 2) Software deploys to Jenkins server 3) Continuous Integration and 4) Display software deploys result. The important theories which used to develop this project are Continuous Integration (CI) and Speech Recognition. PyCharm, SQLite, Jenkins API, Webkit Speech Recognition and Flask Framework are main tools that used for build this project. By result, the average of user satisfaction of this system was 4.02 which is good level. In summary, this system can reduce testing/deploy software on Jenkins server time. Furthermore, it can improve the quality of work for Metro InfoTech development team.

Keyword: *Software deploy, Continuous Integration, Speech Recognition*

บทนำ

บริษัท เมโทร อินโฟเทค จำกัด เป็นองค์กรจัดทำซอฟต์แวร์ที่ช่วยจัดการสายงานของธุรกิจพัฒนาซอฟต์แวร์ตามความต้องการที่ได้รับจากลูกค้า ซอฟต์แวร์ที่ได้จัดทำขึ้นมีการใช้ Jenkins Server ในการนำซอฟต์แวร์ขึ้น Server เพื่อให้เครื่องลูกข่ายสามารถใช้งานซอฟต์แวร์ที่จัดทำขึ้นได้ โดยต้องเข้าไปที่เว็บไซต์ Jenkins ขององค์กร ทำการเก็บซอฟต์แวร์ ไว้ที่ Jenkins Server และทำการ Deploy ซอฟต์แวร์ เมื่อทำการแก้ไขซอฟต์แวร์และ Update ซอฟต์แวร์ให้อยู่ในเวอร์ชั่นล่าสุดที่ทำการ Deploy ให้สามารถไปใช้กับเครื่องลูกข่ายได้

จากที่กล่าวมาข้างต้น คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำเทคโนโลยีการแปลงเสียงพูดเป็นข้อความตัวอักษร มาประยุกต์ใช้ในการดำเนินงานของสถานประกอบการ ในการเข้าไป Deploy ซอฟต์แวร์ขึ้น Jenkins Server โดยไม่ต้องเข้าผ่านเว็บไซต์ Jenkins กล่าวคือ คณะผู้วิจัยสามารถใช้เสียงพูดสั่ง Deploy ซอฟต์แวร์ขึ้น Jenkins server เพื่อช่วยลดระยะเวลาในการทำงานของทีมพัฒนาซอฟต์แวร์ขององค์กร

การพัฒนาระบบการสั่งงานด้วยเสียงพูดสำหรับการทดสอบและปรับปรุงคุณภาพซอฟต์แวร์ให้มีประสิทธิภาพและน่าเชื่อถือได้ ต้องอาศัยการอ้างอิงจากทฤษฎีต่าง ๆ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมถึงเครื่องมือที่เหมาะดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.1 การรู้จำเสียง (Speech Recognition)

การรู้จำเสียง [1] คือ การที่คอมพิวเตอร์สามารถแปลงเสียงพูด (Audio File) เป็นข้อความตัวอักษร (Text) โดยสามารถแจกแจงคำพูดต่าง ๆ จากไมโครโฟน โทรศัพท์ หรือ อุปกรณ์อื่น ๆ ได้ใกล้เคียงกับที่พูด โดยคณะผู้วิจัยได้นำการรู้จำเสียงมาประยุกต์ใช้ในส่วนจำเสียงมาแปลงเป็นข้อความเพื่อใช้งานระบบ

1.2 CI (Continuous Integration)

CI [2] คือการนำ Source Code ของสมาชิกในทีมพัฒนามารวบรวมให้อยู่ในที่เดียวกัน ตรวจสอบว่าระบบสามารถใช้ได้จริงไม่มีข้อผิดพลาดและนำขึ้น Server เมื่อเกิดข้อผิดพลาด CI สมาชิกในทีมทุกคนจะได้รับทราบ ทำให้สามารถดำเนินการแก้ไขให้ถูกต้องได้ในทันที ซึ่งวิธีการปฏิบัติ CI สามารถลดปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการรวม Source Code ของทีมพัฒนาทั้งหมดและมีส่วนช่วยตรวจสอบว่า Source Code ทั้งหมดนั้นเขียนถูกต้อง คณะผู้วิจัยได้นำทฤษฎี CI มาใช้ในการพัฒนาระบบในส่วนของการทดสอบและปรับปรุงคุณภาพซอฟต์แวร์

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1)โปรแกรมประยุกต์คำสั่งเสียงเพื่อเข้าสู่บทเรียนภาษาอังกฤษ [3] เป็นโปรแกรมประยุกต์บนระบบปฏิบัติการ Android ถูกสร้างขึ้นเพื่อช่วยการเข้าถึงบทเรียนภาษาอังกฤษ รวมถึงแปลความหมายจากภาษาอังกฤษเป็นภาษาไทยและภาษาไทยเป็นภาษาอังกฤษด้วย โดยใช้เสียงในการพูด หรือพิมพ์คำศัพท์ผ่านจากแป้นพิมพ์ แสดงผลลัพธ์ขึ้นมาในรูปแบบของบทสนทนา โดยใช้โปรแกรม Eclipse เป็นเครื่องมือในการพัฒนาและใช้ WebKit Speech Recognition สำหรับการพัฒนาส่วนการรู้จำเสียงพูด (Speech Recognition)

2) Automation Using Jenkins: Plugins, Test Design, Test Execution and Reporting [4] งานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดการทำงานของ Jenkins ว่ามีประสิทธิภาพในการทดสอบระบบอัตโนมัติตามหลักการ CI หรือไม่ โดยการทดสอบอัตโนมัติตามหลักการ CI ทำให้ช่วยลดเวลาในการฝึกอบรมนักวิศวกร และช่วยลดข้อผิดพลาดที่มนุษย์สร้างขึ้นได้ เนื่องจากมีการทดสอบโดยนักวิศวกรน้อยลงมาก โดยผลการวิจัยพบว่า การใช้ Jenkins สามารถลดระยะเวลาในการทำงานของทีมพัฒนาซอฟต์แวร์ได้

3. เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา

1) PyCharm [5] เป็นโปรแกรมสำหรับเขียนภาษา Python มีตัวช่วยในการเขียน คณะผู้วิจัยใช้ PyCharm ในการพัฒนาระบบ

2) Jenkins Server [6] เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการทดสอบซอฟต์แวร์อัตโนมัติ โดยการทำงานของ Jenkins ใช้แนวคิด Continuous integration คือแนวคิดในการรวบรวม Source Code ให้บุคลากรในทีมพัฒนาสามารถทำงานร่วมกันโดยการนำโค้ดไว้ที่ Git และทำการทดสอบอัตโนมัติผ่าน Jenkins คณะผู้วิจัยใช้ Jenkins Server ในการเก็บรวบรวมซอฟต์แวร์และทดสอบซอฟต์แวร์

3) WebKit Speech Recognition คือ เครื่องมือช่วยในการจดจำเสียงและแปลงเป็นข้อความ โดยใช้ในภาษา JavaScript รองรับการใช้งานบน Browser คณะผู้วิจัยใช้ WebKit Speech Recognition ในการแปลงเสียงเป็นข้อความ

4) Flask Framework เป็นกรอบงานของเว็บ (Web framework) ที่เขียนขึ้นมาสำหรับใช้งานในภาษา Python สำหรับการสร้างเว็บไซต์ ทำให้ภาษา Python มีความสามารถในการจัดการกับเว็บไซต์ ที่มีความสามารถคล้ายกับภาษา PHP ซึ่งสามารถใช้แทนภาษา PHP ได้ คณะผู้วิจัยใช้ Flask Framework เป็นตัวเชื่อมต่อระหว่างส่วนติดต่อผู้ใช้กับส่วนการจัดการข้อมูล

5) Python [7] เป็นภาษาโปรแกรมแบบ Interpreter ที่ถูกออกแบบโดยมีปรัญชาที่ทำให้โครงสร้างของภาษามีลักษณะกระชับและเข้าใจง่ายขึ้น คณะผู้วิจัยใช้ภาษา Python เป็นภาษาหลักในการเขียนโปรแกรมในส่วนของการควบคุมการทดสอบและปรับปรุงคุณภาพของซอฟต์แวร์

6) JavaScript [8] คือ ภาษาที่ถูกพัฒนาขึ้นทำให้การสร้างเว็บเพจต่าง ๆ และสามารถโต้ตอบกับผู้ใช้ได้อย่างทันทีและใช้ในการเป็นตัวกลางเชื่อมต่อระหว่างภาษา HTML กับภาษาอื่น ๆ โดยภาษา JavaScript คณะผู้วิจัยได้นำ JavaScript มาเป็นตัวกลางเพื่อส่งข้อมูลจาก HTML ไปยังภาษา Python เพื่อไปประมวลผล

วิธีดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยของระบบการสั่งงานด้วยเสียงพูดสำหรับการทดสอบและปรับปรุงคุณภาพซอฟต์แวร์ มีรายละเอียดดังนี้

1. ศึกษาปัญหาและความต้องการของระบบ

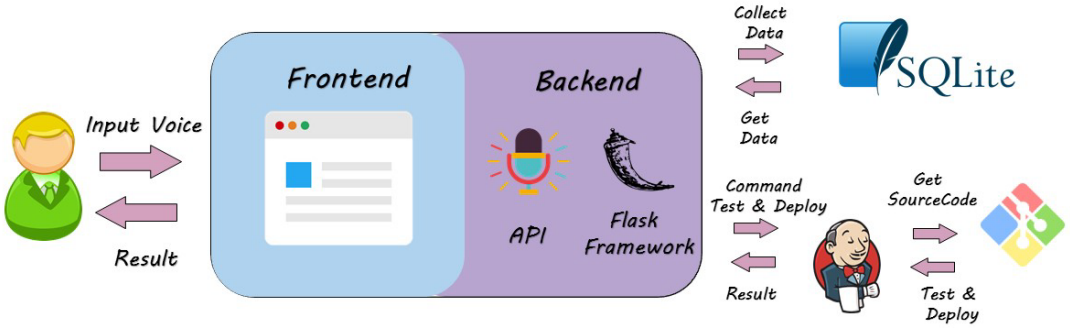
เนื่องจากองค์กรมีการพัฒนาซอฟต์แวร์ร่วมกันหลายคน จึงจำเป็นต้องมีสื่อกลางในการรวบรวม Source Code ที่ทีมพัฒนาซอฟต์แวร์ได้พัฒนาขึ้น โดยองค์กรได้ใช้ Jenkins Server ในการ Deploy ซอฟต์แวร์ โดยมีขั้นตอนในการเข้าใช้งานดังนี้

1) เข้าเว็บไซต์ Jenkins ขององค์กร
2) ทำการเข้าสู่ระบบ
3) เลือกซอฟต์แวร์ที่ต้องการทำการ Deploy
4) เลือก version ของซอฟต์แวร์
5) ทำการ Build ขึ้น Server จบขั้นตอนการ Deploy ซอฟต์แวร์

จากที่กล่าวมา ขั้นตอนในการทำการ Deploy มีหลายขั้นตอน คณะผู้วิจัยเล็งเห็นปัญหาส่วนนี้ จึงมีแนวคิดในการนำเทคโนโลยีการรู้จำเสียงมาช่วยในการลดขั้นตอนการ Deploy ซอฟต์แวร์ขององค์กร และเพิ่มความสะดวกในการทดสอบและปรับปรุงคุณภาพซอฟต์แวร์

2. สถาปัตยกรรมของระบบ

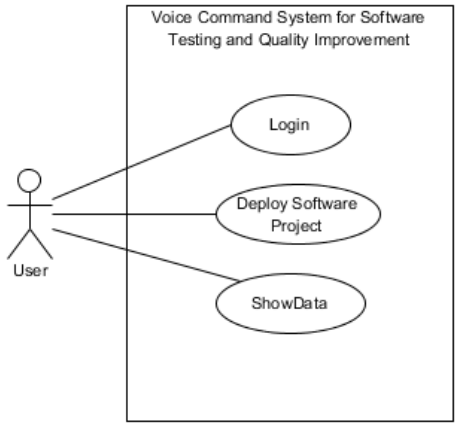
เพื่อให้ระบบสั่งงานด้วยเสียงพูดสำหรับการทดสอบและปรับปรุงคุณภาพซอฟต์แวร์สอดคล้องกับขอบเขตการทำงานที่ได้ตั้งไว้ คณะผู้วิจัยจึงได้ออกแบบสถาปัตยกรรมระบบไว้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 สถาปัตยกรรมระบบสั่งงานด้วยเสียงพูดสำหรับการทดสอบและปรับปรุงคุณภาพซอฟต์แวร์

3. การวิเคราะห์ระบบ (System Analysis)

การพัฒนาระบบสั่งงานด้วยเสียงพูดสำหรับการทดสอบและปรับปรุงคุณภาพซอฟต์แวร์ คณะผู้วิจัยได้แบ่งการทำงานของระบบดังภาพที่ 2



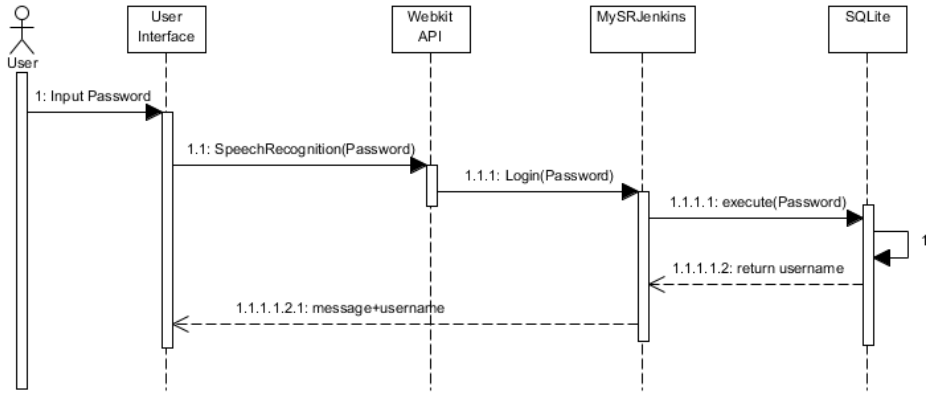
ภาพที่ 2 Use Case Diagram ของการพัฒนาระบบสั่งงานด้วยเสียงพูดสำหรับการทดสอบและปรับปรุงคุณภาพซอฟต์แวร์

จากภาพที่ 2 สามารถอธิบายการทำงานในส่วนของผู้ใช้ดังนี้

1) Login ผู้ใช้ทำการป้อนรหัสผู้ใช้ในการเข้าสู่ระบบโดยใช้คำสั่งด้วยเสียงเพื่อใช้งานในส่วนการ Deploy ซอฟต์แวร์
2) Deploy Software Project ผู้ใช้ทำการสั่งงานด้วยเสียงพูดเพื่อทำการ Deploy ซอฟต์แวร์
3) ShowData แสดงผลข้อมูลซอฟต์แวร์ที่ผู้ใช้ทำการ Deploy ซอฟต์แวร์

4. การออกแบบระบบ (System Design)

การพัฒนาระบบสั่งงานด้วยเสียงพูดสำหรับการทดสอบและปรับปรุงคุณภาพซอฟต์แวร์ ซึ่งต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ขอบเขตและความต้องการของผู้ใช้ ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงได้นำ Sequence Diagram มาใช้ในการออกแบบระบบดังตัวอย่างที่แสดงไว้ในภาพที่ 3-5



ภาพที่ 3 Sequence Diagram แสดงการทำงานเข้าสู่ระบบ

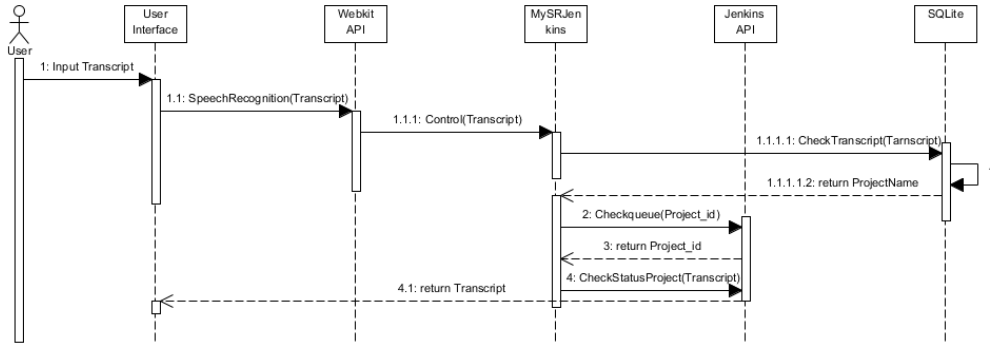
จากภาพที่ 3 สามารถอธิบายการทำงานโดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ผู้ใช้ทำการป้อนรหัสผู้ใช้ด้วยคำสั่งเสียงพูด

2) ระบบทำการแปลงค่าจากเสียงเป็นข้อความ

3) ทำการนำข้อความที่ได้จากการแปลงเสียงเป็นข้อความมาตรวจสอบรหัสผู้ใช้

4) นำชื่อที่ตรงกับผลลัพธ์มาแสดงผล



ภาพที่ 4 Sequence Diagram แสดงการทำงาน Deploy ซอฟต์แวร์

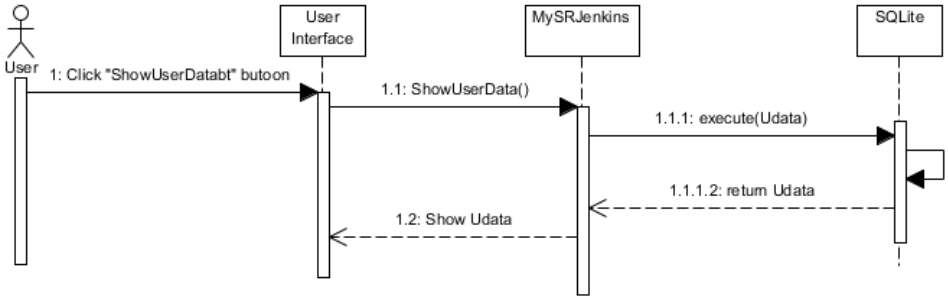
จากภาพที่ 4 สามารถอธิบายการทำงานโดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ผู้ใช้ทำการป้อนรหัสผู้ใช้ด้วยคำสั่งเสียงพูด

2) ระบบทำการแปลงค่าจากเสียงเป็นข้อความ

3) ทำการนำข้อความที่ได้จากการแปลงเสียงเป็นข้อความมาตรวจสอบกับข้อมูลในฐานข้อมูล

4) แสดงข้อมูลชื่อซอฟต์แวร์ที่ทำการ Deploy สถานะการ Deploy ซอฟต์แวร์และวันที่ทำการ Deploy ซอฟต์แวร์



ภาพที่ 5 Sequence Diagram แสดงผลข้อมูลซอฟต์แวร์ที่ผู้ใช้ทำการ Deploy ซอฟต์แวร์

จากภาพที่ 5 สามารถอธิบายการทำงานโดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ผู้ใช้ทำการเลือกดูข้อมูลผู้ใช้งานระบบ

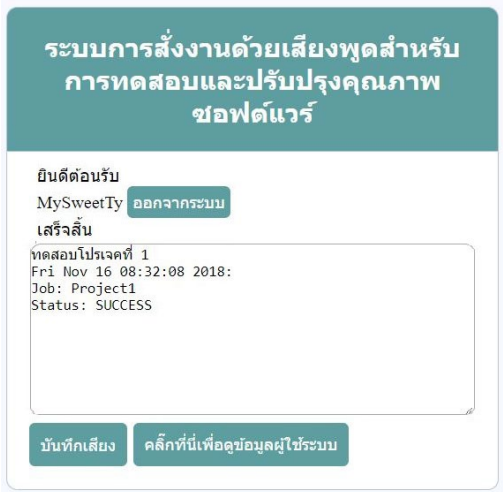
2) ระบบทำการแสดงข้อมูลผู้ใช้งานระบบ

3) แสดงข้อมูลชื่อซอฟต์แวร์ที่ทำการ Deploy สถานะการ Deploy ซอฟต์แวร์และวันที่ทำการ Deploy ซอฟต์แวร์

5. ผลการพัฒนาระบบ

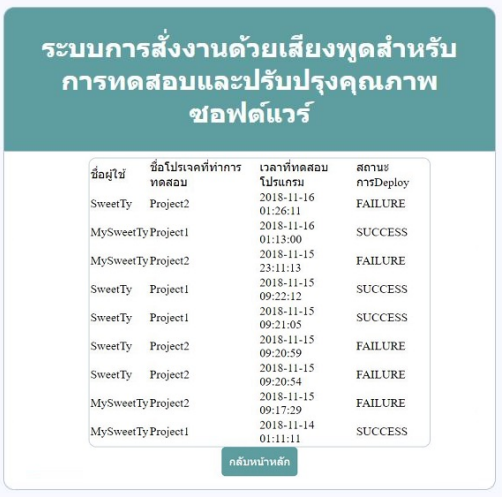
หลังจากทำการวิเคราะห์ระบบและออกแบบระบบ คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาผลระบบตามขอบเขตและสถาปัตยกรรมระบบ ซึ่งผลการพัฒนาระบบสามารถแสดงเป็นตัวอย่างหน้าจอการทำงานของระบบดังต่อไปนี้

1) หน้าจอในส่วนของการ Deploy ซอฟต์แวร์ เมื่อทำการกดปุ่มบันทึกเสียงระบบทำการบันทึกเสียงพูดจากไมค์ จากนั้นกดปุ่มหยุดบันทึกเสียงเพื่อทำการบันทึกเสียงที่พูดเสร็จสิ้นระบบจะทำการ Deploy ซอฟต์แวร์จากเสียงที่ผู้ใช้ทำการป้อนและแสดงผลดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 หน้าจอในส่วนของการ Deploy ซอฟต์แวร์

2) หน้าจอในส่วนของการแสดงผลข้อมูลซอฟต์แวร์ที่ผู้ใช้ทำการ Deploy ซอฟต์แวร์ โดยแสดงข้อมูล ชื่อผู้ใช้ ซอฟต์แวร์ที่ผู้ใช้ทำการ Deploy เวลาที่ทำการ Deploy และสถานะการ Deploy ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 หน้าจอในส่วนของการแสดงผลข้อมูลซอฟต์แวร์ที่ผู้ใช้ทำการ Deploy

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการทดสอบระบบการสั่งงานด้วยเสียงพูดสำหรับการทดสอบและปรับปรุงคุณภาพซอฟต์แวร์ โดยคณะผู้วิจัยสามารถสรุปผลการดำเนินงานได้ดังนี้

1. ผู้ใช้สามารถระบุตัวตนด้วยการเข้าสู่ระบบโดยใช้รหัสของผู้ใช้ในการเข้าสู่ระบบ
2. ผู้ใช้สามารถสั่งการด้วยเสียงเพื่อทดสอบหรือปรับปรุงคุณภาพซอฟต์แวร์ได้
3. ผู้ใช้สามารถดูข้อมูลที่ผู้ใช้ทำการทดสอบหรือปรับปรุงคุณภาพซอฟต์แวร์ไปแล้วได้โดยแสดงข้อมูลดังนี้

   1)ชื่อโครงงาน (Project)

   2)เวลาที่ทำการทดสอบและปรับปรุงคุณภาพซอฟต์แวร์

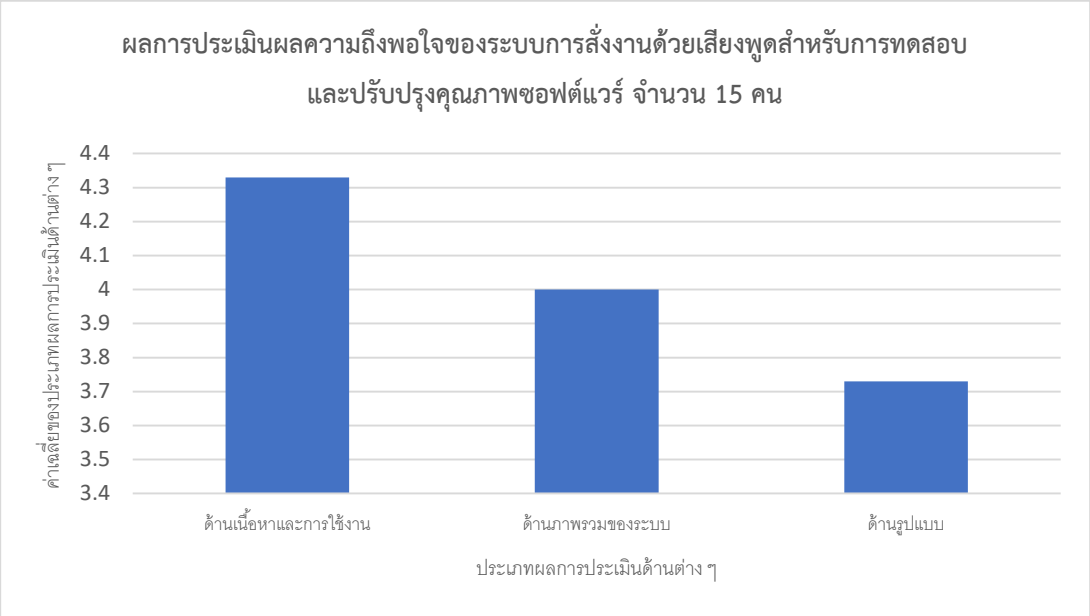
   3)สถานะของ Project ที่ทำการปรับปรุงคุณภาพซอฟต์แวร์

ส่วนผลการประเมินผลความพึงพอใจของระบบการสั่งงานด้วยเสียงพูดสำหรับการทดสอบและปรับปรุงคุณภาพซอฟต์แวร์โดยผู้ใช้งาน คณะผู้วิจัยได้กำหนดหัวข้อการประเมินไว้เป็น 3 ส่วนได้แก่ ด้านเนื้อหาและการใช้งาน ด้านภาพรวมของระบบ ด้านรูปแบบ โดยผู้ประเมินเป็นบุคลากรในทีมพัฒนาซอฟต์แวร์ทั้งหมดของบริษัท เมโทรอินโฟเทค จำกัด จำนวนทั้งสิ้น 15 คน ซึ่งผลการประเมินได้แสดงไว้ในรูปแบบของตารางและแผนภูมิ ดังตารางที่ 1 และแผนภูมิที่ 1 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ผลการสำรวจความคิดเห็นที่มีต่อการใช้งานโปรแกรมประยุกต์

รายการ	ค่าเฉลี่ย	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านเนื้อหาและการใช้งาน		
1.1 ข้อมูลมีความถูกต้อง	4.2	ดี
1.2 ข้อมูลมีประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน	4.6	ดีมาก
1.3 ระบบช่วยลดระยะเวลาในการดำเนินงาน	4.2	ดี
ค่าเฉลี่ยด้านเนื้อหาและการใช้งาน	**4.33**	**ดี**
2. ด้านภาพรวมของระบบ		
2.1 สามารถแสดงผลได้อย่างถูกต้อง	4.2	ดี
2.2 ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ	3.8	ดี
ค่าเฉลี่ยด้านเนื้อหาและการใช้งาน	**4.0**	**ดี**
3. ด้านรูปแบบ		
3.1 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	3.6	ดี
3.2 ความสวยงามของระบบ	3.4	พอใช้
3.3 รูปแบบง่ายต่อการใช้งาน	4.2	ดี
ค่าเฉลี่ยด้านรูปแบบ	**3.73**	**ดี**
ค่าเฉลี่ยความพึงใจโดยรวม	**4.02**	**ดี**

แผนภูมิที่ 1 ผลการประเมินผลความพึงพอใจของระบบการสั่งงานด้วยเสียงพูดสำหรับการทดสอบและปรับปรุงคุณภาพซอฟต์แวร์ จำนวน 15 คน



ระบบการสั่งงานด้วยเสียงพูดสำหรับการทดสอบและปรับปรุงคุณภาพซอฟต์แวร์มีส่วนช่วยในการเสริมประสิทธิภาพการทำงานภายในองค์กร ซึ่งสามารถแสดงข้อมูลประสิทธิภาพการทำงานเมื่อเทียบกับระบบปัจจุบันได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพการทำงานเมื่อเทียบกับระบบปัจจุบัน

รายการ	ระบบงานปัจจุบัน	ระบบงานใหม่
ระยะเวลาในการใช้งานระบบ	10-30 นาที	7-20 นาที
รูปแบบการใช้งานที่ระบบรองรับ	คอมพิวเตอร์ / โน๊ตบุ๊ค	สมาร์ทโฟน / คอมพิวเตอร์ / โน๊ตบุ๊ค
แสดงรายชื่อผู้ใช้ที่ทำการ Deploy ซอฟต์แวร์	ไม่สามารถระบุตัวตนได้	สามารถระบุตัวตนได้

สรุป

การพัฒนาระบบการสั่งงานด้วยเสียงพูดสำหรับการทดสอบและปรับปรุงคุณภาพซอฟต์แวร์ พัฒนาขึ้นโดยนำเทคโนโลยีใหม่ได้แก่ การรู้จำเสียงพูดมาประยุกต์ใช้งานกับระบบปัจจุบันเพื่ออำนวยความสะดวกของทีมพัฒนาซอฟต์แวร์ภายในองค์กร ซึ่งสามารถลดระยะเวลาในการ Deploy ซอฟต์แวร์ขององค์กรได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัย ขอขอบพระคุณ คุณกษิภัท โชติกรวรกุลรวมถึงบุคลากรของทีมพัฒนาซอฟต์แวร์ในบริษัท เมโทร อินโฟเทค จำกัด ที่ได้ให้คำปรึกษาและคำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาระบบจนสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

เอกสารอ้างอิง

1. ณัฐวุธ อวยชัยพรเลิศ. การรู้จำเสียงพูด (SPEECH RECOGNITION).[อินเทอร์เน็ต]. 2559 [เข้าถึงเมื่อ 8 กันยายน 2561] เข้าถึงได้จาก: https://biometricskmit.wordpress.com/2015/03/03/การรู้จำเสียงพูด-speech-recognition/
2. นลิสรา. การนำ Automated testing มารวมเข้ากับ กระบวนการ CI/CD. 2560 [เข้าถึงเมื่อ 10 กันยายน 2561] เข้าถึงได้จาก :https://medium.com/@narissara.tan/automated-testing-มารวมเข้ากับ-กระบวนการ-ci-cd-58c97e31e230
3. บุรัสกร อยู่สุข, คงเทพ บุญมี, วรพันธ์ สาระสุรีย์ภรณ์, และ นิติ วิทยาวิโรจน์. แอพพลิเคชันคำสั่งเสียงเพื่อเข้าสู่บทเรียนภาษาอังกฤษ.[อินเทอร์เน็ต]. 2558 [เข้าถึงเมื่อ 10 สิงหาคม 2561] เข้าถึงได้จาก: https://mitij.mju.ac.th/ARTICLE/R57006_05022558.pdf
4. Arpitha R1&Mrs. Kavitha S N. Automation Using Jenkins : Plugins, TestDesign, Test Execution and Reporting. [อินเทอร์เน็ต]. 2560 [เข้าถึงเมื่อ 20 สิงหาคม 2561] เข้าถึงได้จาก:www.onlinejournal.in/ /194.pdf
5. Ittichai_chupol. การหาฟังก์ชั่น,โมดูล,บิ๊วอินต่างๆ ใน Pycharm (ไพชาร์ม). [อินเทอร์เน็ต]. 2561 [เข้าถึงเมื่อ 27 สิงหาคม 2561] เข้าถึงได้จาก: https://www.mindphp.com/บทเรียนออนไลน์/83-python/6304-function-module-built-in-python-pycharm.html?bb _limitstart=20#board
6. Art. มารันเทสแบบอัตโนมัติ ด้วย Jenkins กันเถอะ [อินเทอร์เน็ต]. 2561 [เข้าถึงเมื่อ 8 กันยายน 2561] เข้าถึงได้จาก: https://www.qahive.com/2018/02/03/run-test-jenkins/
7. Marcuscode. ภาษา Python. [อินเทอร์เน็ต]. 2560 [เข้าถึงเมื่อ 14 สิงหาคม 2561] เข้าถึงได้จาก: http://marcuscode.com/lang/python

8. JavaScript คืออะไร จาวา สคริปต์ คือ ภาษาคอมพิวเตอร์สำหรับการเขียนโปรแกรมบนระบบอินเทอร์เน็ต. [อินเทอร์เน็ต]. 2560 [เข้าถึงเมื่อ 15 กันยายน 2561] เข้าถึงได้จาก: http:// www.mindphp .com/คู่มือ/73-คืออะไร/2187-java-javascript-คืออะไร.html

[INNO-008] แปลงปลูกพืชสำเร็จรูปแบบประหยัดน้ำ
Water Saving Ready-to-grow Planting Bed

ชัชชาพร กาลวิเศษ, จุฑามาส วิชัยวงษ์, กฤษณา รัตนะ, นีรชา สุทธิ, ธีรยุทธ คล้ำชื่น, และ อังคณา ธนกัญญา*
Chatchaphon Kanwiset, Jutamas Wichaiwong, Krissana Ratana, Neeracha Suthi, Teerayuth Klumcheun and Ankana Thanakanya*
สาขาการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล์: ankanath@exchange.rmutt.ac.th*

บทคัดย่อ

แปลงปลูกพืชสำเร็จรูปแบบประหยัดน้ำเป็นสิ่งประดิษฐ์ที่ใช้เทคโนโลยีอย่างง่ายช่วยลดปริมาณน้ำที่ใช้ในการปลูกพืช และเนื่องจากเป็นระบบปิดไม่มีน้ำรั่วไหลออกสู่ภายนอกจึงไม่เกิดการชะล้างธาตุอาหารพืช ช่วยให้ประหยัดน้ำและปุ๋ยที่ใช้ในการปลูกพืช และลดปัญหามลพิษที่เกิดจากธาตุอาหารพืชถูกชะล้างสู่สิ่งแวดล้อม การออกแบบทำโดยใช้กะละมังพลาสติกเหลี่ยมขนาด 40 ลิตรโดยด้านล่างของกะละมังทำหน้าที่เป็นอ่างเก็บน้ำ และด้านบนของกะละมังเป็นภาชนะปลูกพืช เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตรด้านข้างของกะละมังสูงจากพื้น 5 เซนติเมตรเป็นทางระบายน้ำ นำท่อพีวีซีขนาด 1 ½ นิ้ว มาประกอบเป็นกรอบสี่เหลี่ยมขนาดพอดีกับด้านในของกะละมังเป็นท่อส่งน้ำและฐานรองรับวัสดุปลูกพืช เจาะรูขนาดเล็กที่ท่อให้น้ำผ่านเข้าออกได้สะดวก หุ้มท่อด้วยผ้าใยสังเคราะห์เพื่อกันการอุดตัน ใช้ตะกร้าพลาสติกโปร่งคว่ำลงภายในกรอบที่ทำจากท่อพีวีซีเพื่อรองรับวัสดุปลูก แล้วเจาะรูที่ก้นตะกร้า สอดกระถางขนาด 3 นิ้วลงไปเพื่อทำหน้าที่ดูดน้ำส่งขึ้นไปเลี้ยงต้นพืช ใช้ผ้าใยสังเคราะห์ปูก้นตะกร้า และกรุในกระถาง ป้องกันกั้นไม่ให้วัสดุปลูกรั่วไหลลงไปในน้ำ ใส่วัสดุปลูกด้านบน แล้วทำการปลูกพืชผัก 5 ชนิด ได้แก่ผักกวางตุ้ง ผักคะน้า แมงลัก ผักวอเตอร์เครส และผักแพว ชนิดละ 3 ต้นจำนวนรวม 15 ต้น เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ เพื่อทดสอบระบบ พบว่าผักที่ปลูกสามารถเจริญเติบโตได้ดีมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อต้นเท่ากับ 66.86 19.14 9.87 49.30 และ 14.72 กรัม ตามลำดับ ภาชนะปลูกสามารถประหยัดน้ำและปุ๋ยได้ โดยหลังจากการเติมน้ำ 1 ครั้ง ปริมาตร 6 ลิตร ใส่ปุ๋ยเกล็ด และสารควบคุมแมลงละลายไปพร้อมกับน้ำ ทำให้ผักสามารถอยู่ได้ 2 สัปดาห์โดยไม่ต้องรดน้ำหรือดูแลอย่างอื่นอีก จึงเหมาะสำหรับปลูกพืชโดยไม่ต้องเสียเวลาในการรดน้ำหรือดูแลรักษาบ่อย

คำสำคัญ: *ประหยัดน้ำ การให้น้ำแบบใต้ผิวดิน ภาชนะปลูกพืช*

Abstract

Water saving ready-to-grow planting bed is the simple technology-based invention that can reduce water and fertilizers used in growing crops. As no water leaks out of the system, it causes less pollution to the environment. The design is made using a 40 liter plastic basin, with the bottom of the basin acting as a reservoir and the top of the basin is a plant growing container. Drill a 16 mm diameter hole on each side of the basin 5 cm from the ground to make drainage paths. The 1 ½ inches PVC pipe was assembled into a rectangular frame to make a water filling way and a base for planting materials. Drill small holes on the pipe to allow water to pass into the reservoir. Cover the pipe with a synthetic cloth to prevent clogging. Put a plastic basket upside down over the reservoir to support the planting material. Then punch a hole in the bottom of the basket and Insert a 3-inch pot to use as a wick to suck the water up to feed the plants. Synthetic fabric was laid to prevent planting material from dispersing into water reservoir. Planting material was added and 15 plants from 5 species of leafy vegetables were cultivated and they grew well. It was found that the container can save water and fertilizer. Adding 6 liters of water dissolved with fertilizer and insect control substances can support the growing plants up for 2 weeks.

Keywords: *water saving, sub-surface irrigation, planters*

บทนำ

ปัญหาใหญ่ในการปลูกพืชสำหรับคนทั่วไป คือ ไม่มีเวลาดูแลรักษาพืชที่ปลูก เช่นการต้องรดน้ำเป็นประจำทุกวัน การใส่ปุ๋ย และการจัดการศัตรูพืช เป็นระยะๆ รวมทั้งการปลูกพืชในภาชนะจำเป็นต้องรดน้ำบ่อย เป็นการสิ้นเปลืองน้ำ และน้ำส่วนเกินก็

ชะล้างแร่ธาตุอาหารพืชจากวัสดุปลูกปนเปื้อนลงสู่สิ่งแวดล้อม ก่อให้เกิดปัญหามลพิษในแหล่งน้ำ โดยกรมควบคุมมลพิษได้ระบุว่าแหล่งเพาะปลูกพืช เป็นแหล่งกำเนิดน้ำเสียที่สำคัญ ซึ่งน้ำเสียจากการเพาะปลูกจะมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และสารพิษต่าง ๆ ในปริมาณสูง(1) เพื่อเป็นการแก้ปัญหาดังกล่าว มีผู้คิดออกแบบภาชนะปลูกพืชที่มีระบบเก็บน้ำ และให้น้ำแบบใต้ผิวดินซึ่งได้รับการเผยแพร่ รวมทั้งผลิตเป็นการค้าในรูปแบบต่างๆกันมาเป็นระยะเวลาหนึ่งแล้วในต่างประเทศ(2) สำหรับในประเทศไทยมีผู้ผลิตกระถางปลูกพืชที่ใช้หลักการดังกล่าว มีชื่อว่ากระถางแก้มลิงซึ่งใช้วัสดุดินเผาเคลือบ(3) อย่างไรก็ตามภาชนะที่มีผู้เคยทำมาแล้วอาจมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไป การทดลองนี้จึงได้ศึกษาภาชนะปลูกที่มีผู้เคยออกแบบไว้ และทำการออกแบบภาชนะแบบใหม่ที่สามารถปลูกพืชได้ในพื้นที่กำจัด ประหยัดน้ำและเวลาที่ใช้ในการดูแลพืช โดยใช้วัสดุราคาถูกที่หาได้ง่ายตามท้องตลาด สามารถออกแบบผลิตได้อย่างง่าย เหมาะสำหรับการปลูกพืชผักกินใบที่นิยมบริโภคในครัวเรือน เพื่อช่วยสนับสนุนให้มีการปลูกผักไว้บริโภคเองมากขึ้น สอดคล้องกับสภาพที่อยู่อาศัยของคนในเมืองส่วนใหญ่มีพื้นที่เพาะปลูกจำกัด รวมทั้งเป็นแนวทางพัฒนาเป็นแปลงปลูกพืชที่ใช้ทดแทนแปลงผักหรือแปลงไม้ดอกที่มีขนาดใหญ่ขึ้นได้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาและออกแบบภาชนะปลูกพืช และดำเนินการจัดทำภาชนะตามที่ได้ออกแบบ

1.1 ศึกษาแบบของภาชนะปลูกพืชแบบที่มีระบบการให้น้ำแบบใต้ผิวดินที่มีผู้เคยทำมาก่อน

1.2 คัดเลือกวัสดุที่มีในท้องตลาด เพื่อนำมาใช้ทดแทนวัสดุในแบบที่สืบค้น

1.3 ทำการออกแบบภาชนะปลูกแบบใหม่ และจัดทำภาชนะตามแบบ

2. การทดสอบเบื้องต้น และการปรับปรุงภาชนะปลูก

2.1 ทดสอบปริมาตรน้ำ ปริมาตรวัสดุปลูกที่แช่อยู่ในน้ำ เมื่อใช้ภาชนะในการปลูกพืช

2.2 ทดสอบปลูกพืช โดยใช้ดินผสมทางการค้าที่มีจำหน่ายในท้องตลาด เติมลงในภาชนะจนเต็มถึงขอบกะละมังพลาสติก แล้วทดสอบปลูกพืช

2.3 เก็บความชื้นของวัสดุปลูกเป็นเวลา 7 วัน นำมาหาค่าเฉลี่ย

2.4 ประเมินการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูก

2.5 ปรับปรุงภาชนะตามผลการประเมิน

3. การทดลองปลูกพืช

4.1 เพาะต้นกล้าผัก 5 ชนิด ได้แก่ ผักกวางตุ้ง ผักคะน้า แมงลัก ผักวอเตอร์เครส และผักแพว

4.2 ย้ายต้นกล้าผัก 5 ชนิดลงปลูกในภาชนะ ชนิดละ 3 ต้น รดน้ำผิวดินให้ชุ่มตั้งไว้ในโรงเรือน

4.3 การดูแลในสัปดาห์แรก ให้รดน้ำผิวดินวันละ 1 ครั้ง เมื่อครบ 1 สัปดาห์ กรอกน้ำที่ละลายปุ๋ยเกล็ดสูตร 20-20-20 น้ำหนัก 30 กรัมและปุ๋ยยูเรีย 30 กรัมลงในช่องเติมน้ำ

4.4 สังเกตการเจริญเติบโตของผัก บันทึกปริมาณน้ำที่ใช้ และหาความชื้นเฉลี่ยของวัสดุปลูก

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ศึกษาและออกแบบภาชนะปลูกพืช และดำเนินการจัดทำภาชนะตามที่ได้ออกแบบ

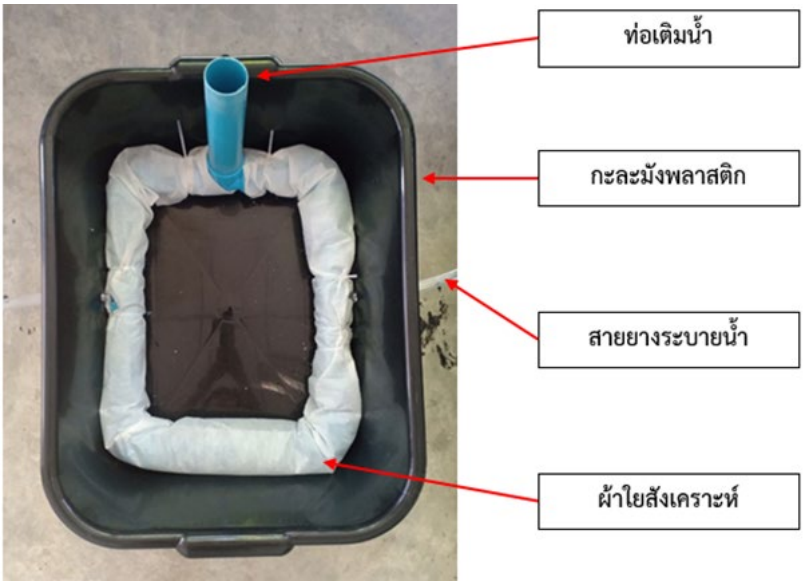
จากการสืบค้นข้อมูลเพื่อศึกษาลักษณะของภาชนะปลูกพืชที่มีผู้เคยทำมาก่อนจากการเผยแพร่ตามสื่อต่างๆ ทั้งในและต่างประเทศพบว่า รูปแบบที่มีศักยภาพสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ มีดังภาพที่ 1 เมื่อพิจารณาข้อดีข้อเสียต่างๆ ของภาชนะที่มีผู้เคยทำมาก่อนหน้านี้แล้ว พบว่าทั้งกระถางแก้มลิงและ wicking bed มีข้อดีคือมีส่วนที่บรรจุวัสดุปลูกสูง ทำให้สามารถปลูกพืชที่มีระบบรากลึก เช่นผักรับประทานผล หรือไม้ผลขนาดเล็กได้เพราะภาชนะมีความสูง ส่วนข้อจำกัด มีดังนี้คือ กระถางแก้มลิงแบบที่ 1 ใช้กระถางปลูกพืชธรรมดานำมาอุดก้นกระถางแล้วนำกระถางขนาดเล็กมาคว่ำลงที่ก้นกระถางเป็นที่เก็บน้ำและใส่กรวดลงไป มีข้อจำกัดคือมีน้ำหนักมากและความกว้างของกระถางจำกัดทำให้มีที่ปลูกพืชน้อย ส่วนกระถางแก้มลิงแบบที่ 2 เป็นกระถางดินเผา

เคลือบทำให้มีน้ำหนักมาก ส่วนกระถางแบบ wicking bed แม้จะมีพื้นที่ให้ปลูกพืชมากแต่การใช้กรวดใส่รองพื้นด้านล่างของภาชนะทำให้มีน้ำหนักมากและทำให้สามารถเก็บน้ำได้น้อยลง จึงได้ทำการออกแบบจัดทำต้นแบบภาชนะปลูกแบบใหม่ โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่สามารถหาซื้อได้ง่ายในท้องตลาด รายละเอียดของต้นแบบ มีดังต่อไปนี้

การออกแบบภาชนะปลูกพืชทำโดยใช้กะละมังพลาสติกเหลี่ยมขนาด 40 ลิตร และนำท่อพีวีซีขนาด 1 ½ นิ้ว มาประกอบเป็นกรอบสี่เหลี่ยมขนาดพอดีกับด้านในของกะละมัง ทำช่องทางในการเติมน้ำในระบบโดยการต่อท่อแนวตั้งสูงขึ้นมาถึงระดับปากกะละมัง เจาะรูขนาดเล็กที่ท่อให้น้ำผ่านเข้าออกได้หุ้มท่อด้วยผ้าใยสังเคราะห์ จากนั้นเจาะรูระบายน้ำขนาด 16 มิลลิเมตรด้านข้างกะละมังสูงจากพื้นประมาณ 5 เซนติเมตร ทั้งสองด้าน โดยเจาะผ่านท่อพีวีซี สอดสายยางให้ปลายสายยางเลยออกมาด้านนอกกะละมังเป็นทางระบายน้ำการใช้สายยางสอดเป็นช่องทางระบายน้ำ เป็นการป้องกันการอุดตันช่องทางระบายน้ำ และลดการระเหยของน้ำ การไม่เติมวัสดุเช่นกรวดลงในชั้นเก็บน้ำของภาชนะก็เพื่อให้ภาชนะมีน้ำหนักเบาและเก็บน้ำได้มากขึ้น มีการเพิ่มเติมใช้ผ้าใยสังเคราะห์ เพื่อป้องกันปัญหาการอุดตันที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้งานเป็นระยะยาวนาน ลักษณะของต้นแบบภาชนะที่ได้ออกแบบจัดทำขึ้นปรากฏดังภาพที่ 2



ภาพที่ 1 ภาชนะปลูกพืชที่มีระบบการให้น้ำใต้ผิวดินที่นำมาศึกษาเป็นต้นแบบ
(a) กระถางแก้มลิงแบบที่ 1 (b) กระถางแก้มลิงแบบที่ 2 (c) wicking bed ของ Semananda et al. (2016)
ที่มา: สวนหม่อนไม้ สวนกสิกรรมธรรม (ชาติ) วิถี (2559), Semananda et al. (2016)



ภาพที่ 2 ภาชนะปลูกพืชที่ออกแบบจัดทำขึ้นในการทดลองนี้

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบลักษณะของภาชนะปลูกพืชที่มีระบบการให้น้ำแบบใต้ดินที่มีผู้เคยทำมาก่อนกับภาชนะปลูกพืชที่ออกแบบและจัดทำในการทดลองนี้

ส่วนประกอบสำคัญของภาชนะปลูก	ภาชนะปลูกของ Semananda et al, (2016)	กระถางแก้มลิง (นภพล, 2559)	ภาชนะปลูกที่ออกแบบในการทดลองนี้
ภาชนะปลูกพืช	ถังพลาสติกทึบแสงทรงกระบอก	ถังพลาสติก/กระถางดินเผา	กะละมังพลาสติกเหลี่ยม สีดำ ขนาด 40 ลิตร
ช่องระบายน้ำ	เจาะรูต่อท่อด้านข้างด้านเดียว	เจาะรูด้านข้าง	เจาะรูด้านข้างสองด้านใส่ท่อพลาสติก
ส่วนกักเก็บน้ำ	ใส่กรวด	ใส่กรวด/ถ่าน	ไม่ใส่กรวดเพื่อให้เก็บน้ำได้มากขึ้นและมีน้ำหนักเบา
ช่องสำหรับเติมน้ำ	ท่อพีวีซี	ท่อพีวีซี/ช่องด้านข้างกระถาง	ท่อพีวีซี
พืชที่เหมาะสมที่จะปลูกในภาชนะ	มะเขือเทศ	ไม้ผล เช่นมะนาว	ผักรับประทานใบที่มีระบบรากตื้น

2. การทดสอบเบื้องต้น และการปรับปรุงภาชนะปลูก

จากการออกแบบภาชนะปลูกพืชในขั้นตอนที่ 1 นำมาทดสอบความสามารถในการเก็บน้ำพบว่าสามารถเก็บน้ำได้ 6 ลิตร และเมื่อทดสอบหาปริมาตรวัสดุปลูกที่แช่อยู่ในน้ำ พบว่ามีวัสดุปลูกปริมาตร 4,968.8 ลูกบาศก์เซนติเมตรที่แช่อยู่ในน้ำ จากนั้นทำการทดสอบปลูกพืช โดยใช้ดินผสมทางการค้าส่วนผสมที่ระบุไว้บนภาชนะบรรจุว่าประกอบด้วยดิน ขุยมะพร้าว แกลบดำ ปุ๋ยอินทรีย์ แต่ไม่ได้ระบุอัตราส่วน เติมลงในภาชนะจนเต็มถึงขอบ แล้วทดสอบปลูกพืช พบว่าพืชไม่เจริญเติบโตและทยอยเน่าตาย พืชแสดงอาการรากเน่าเหมือนวัสดุปลูกมีความชื้นสูงเกินไป จึงได้เก็บตัวอย่างวัสดุปลูกไปทดสอบหาความชื้น พบว่า มีความชื้นเฉลี่ย 73.32% โดยน้ำหนักซึ่งสูงเกินไป จากการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาได้ข้อสรุปว่าน่าจะมีสาเหตุหลัก 2 สาเหตุ จึงได้ดำเนินการปรับปรุงดังนี้

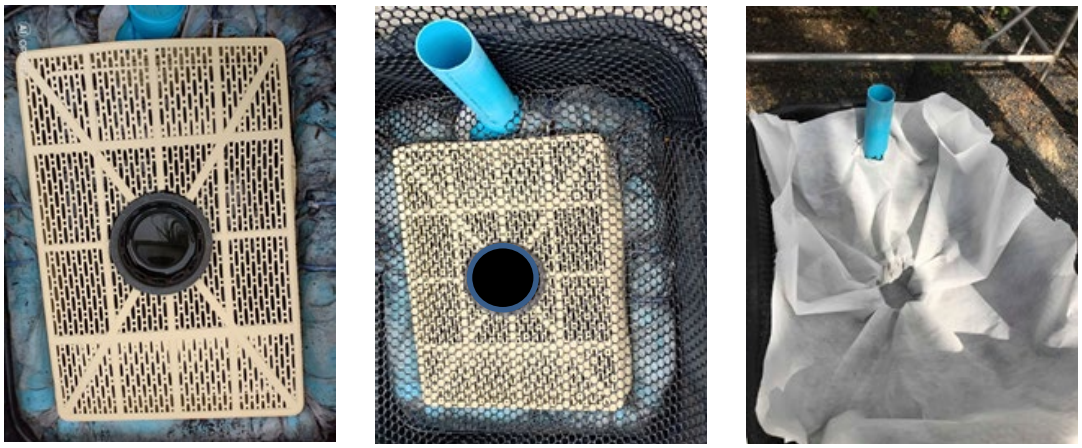
2.1 สาเหตุที่ 1 เกิดจากมีส่วนของวัสดุปลูกที่แช่อยู่ในน้ำมากเกินไป คือมีปริมาตรถึง 4,968.8 ลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อวัสดุส่วนนี้อิ่มตัวด้วยน้ำก็จะส่งความชื้นขึ้นไปด้านบนมาก ทำให้พืชได้รับน้ำมากเกินไป จึงดำเนินการปรับปรุงภาชนะปลูกโดยการใช้ตะกร้าพลาสติกคว่ำลงในช่องว่างระหว่างท่อ พีวีซี ตะกร้านี้จะทำหน้าที่แยกวัสดุปลูกไม่ให้แช่น้ำ และเจาะรูตะกร้าสอดกระถางกล้วยไม้ขนาด 3 นิ้ว ลงไปให้แช่อยู่ในน้ำ ซึ่งเมื่อใส่วัสดุปลูกลงในกระถางแล้ว ส่วนนี้จะทำหน้าที่ดูดน้ำส่งขึ้นไปสู่รากพืชสามารถลดปริมาตรของวัสดุที่แช่อยู่ในน้ำลงเหลือปริมาตร 377.14 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากนั้นใช้ตะแกรงพลาสติกปิดด้านบน ปูทับด้วยผ้าใยสังเคราะห์เพื่อป้องกันวัสดุปลูกไม่ให้รั่วไหลลงไปในน้ำ ดังภาพที่ 3

2.2 สาเหตุที่ 2 น่าจะเกิดจากส่วนผสมของดินผสมที่ใช้ในการปลูกพืช จากการสังเกตพบว่ามีขี้เถ้าแกลบ และขุยมะพร้าวในปริมาณมาก จึงผสมวัสดุปลูกเพื่อใช้ปลูกพืชขึ้นใหม่ โดยใช้ส่วนประกอบ แกลบดิบ ทราย หน้าดิน และปุ๋ยหมักในอัตราส่วน 2:1:1:1 เหตุผลที่ใช้ส่วนผสมดังกล่าวเนื่องจากหน้าดินที่ใช้เป็นดินเนื้อละเอียดเมื่อนำมาปลูกพืชในภาชนะอาจแน่นทึบทำให้รากพืชขาดอากาศหายใจ การเติมแกลบดิบ และทรายจะช่วยให้วัสดุมีความโปร่ง รากพืชไม่ขาดอากาศในการหายใจ ส่วนปุ๋ยหมักช่วยเพิ่มอินทรีย์วัตถุ เป็นอาหารของจุลินทรีย์ในดิน และเป็นแหล่งธาตุอาหารของพืชโดยเฉพาะจุลธาตุ

3. การทดลองปลูกพืช

จากการปลูกพืชผัก 5 ชนิด ได้แก่ผักกวางตุ้ง ผักคะน้า แมงลัก ผักวอเตอร์เครส และผักแพว ชนิดละ 3 ต้นจำนวนรวม 15 ต้น เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ เพื่อทดสอบระบบ พบว่าผักที่ปลูกสามารถเจริญเติบโตได้ดีมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อต้นเท่ากับ 66.86 19.14 9.87 49.30 และ 14.72 กรัมตามลำดับ (ภาพที่ 4) โดยเติมน้ำ 6 ลิตรก็สามารถอยู่ได้ 2 สัปดาห์โดยพืชไม่แสดงอาการเหี่ยว ผลจากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าระบบการปลูกสามารถประหยัดน้ำ และทรัพยากรการผลิตได้จริง รวมทั้งลดเวลาในการดูแลพืชที่

ปลูก ไม่ต้องเสียเวลาเตรียมแปลงปลูก และควรจะได้มีการทดลองปลูกภายนอกโรงเรือนแทนการทำแปลงผักเพื่อเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตต่อไป



ภาพที่ 4 การปรับปรุงภาชนะปลูกพืช (a) เพิ่มตะกร้าและกระถางขนาด 3 นิ้ว
(b) ใช้ตะแกรงพลาสติกรองวัสดุปลูก (c) ใช้ผ้าใยสังเคราะห์ปูทับตะแกรงพลาสติก



ภาพที่ 5 ภาชนะปลูกพืชภายหลังย้ายปลูกพืชเป็นเวลา 1 เดือน

สรุป

ภาชนะปลูกพืชที่มีระบบการให้น้ำใต้ผิวดินสามารถทำโดยใช้กะละมังพลาสติกเหลี่ยม และท่อพีวีซีขนาด 1 ½ นิ้ว มาประกอบเข้าด้วยกัน และเจาะรูระบายน้ำด้านข้างกะละมัง จากการทดสอบภาชนะปลูกที่จัดทำขึ้นพบว่ามีการอุ้มน้ำมากเกินไป ทำให้พืชไม่เจริญเติบโต การปรับปรุงภาชนะปลูก ทำได้โดยการลดปริมาตรของวัสดุปลูกที่แช่อยู่ในน้ำลง และเพิ่มการถ่ายเทอากาศใต้ชั้นวัสดุปลูกโดยเพิ่มตะกร้าโปร่งรองรับวัสดุปลูกส่วนใหญ่ไม่ให้แช่อยู่ในน้ำ จากการทดสอบการปลูกพืช พบว่าวัสดุปลูกซึ่งมีส่วนผสมประกอบด้วย แกลบ 2 ส่วน ทราย 1 ส่วน ดิน 1 ส่วน และปุ๋ยหมัก 1 ส่วน ทำให้ผักกวางตุ้ง วอเตอร์เครส แมงลัก ผักแพว และคะน้าเจริญเติบโตได้ดี และพบว่าภาชนะปลูกสามารถประหยัดน้ำได้ โดยหลังจากการเติมน้ำ 1 ครั้ง ปริมาตร 6 ลิตร ใส่ปุ๋ยละลายไปพร้อมกับน้ำ สามารถอยู่ได้ 2 สัปดาห์โดยไม่ต้องรดน้ำ จึงใช้ปลูกพืชโดยไม่ต้องเสียเวลาในการรดน้ำหรือดูแลรักษาบ่อย เหมาะกับสภาพที่อยู่อาศัยของคนในเมืองส่วนใหญ่มีพื้นที่เพาะปลูก และเวลาจำกัด

เอกสารอ้างอิง

1. กองจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ. 2561. คุณภาพน้ำและการจัดการ. เข้าถึงได้ที่: http://www.pcd.go.th/info_serv/water_water.htm สืบค้นเมื่อ 21 มีนาคม 2562.
2. Semananda, N.P.K., James D. Ward and Barden R. Myers. 2016. Evaluating The Efficiency of Wicking Bed Irrigation Systems for Small-Scale Urban Agriculture. from https://www.mdpi.com/2311-7524/2/4/13. Retrieved January 27, 2019.
3. สวนหม่อนไม้ สวนกสิกรรมธรรม(ชาติ)วิถี. 2559. “กระถางแก้มลิงรดน้ำหนเดียวอยู่เป็นเดือน”. เข้าถึงได้ที่: http://www.monmai.com/กระถางแก้มลิง/fbclid=IwAR2SpXgP5ZmfxXn4 C2xdnsB8S1OfQ-DgqqVileqdE4Pe59A15nL3ocvredE. สืบค้นเมื่อ 21 มีนาคม 2562.

[INNO-009] การย้อมสีผ้าฝ้ายด้วยบัวหลวงปทุม

Cotton Dyeing with East Indian Lotus

สาวิตรี แจ่มดวง, ศักดินันท์ ณัฐพรลาภิสรา, นวรัตน์ มากผึ้ง และ วีระศักดิ์ ศรีลารัตน์*
SawitreeJamduang, SakdinanNatthaphonlapisara, NawaratMakphung and VeerasakSeerarat*
หลักสูตรคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: veerasak@vru.ac.th*

บทคัดย่อ

การย้อมผ้าเป็นศิลปะได้รับความนิยมตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน มีวิธีการย้อมที่ไม่ซับซ้อน ดังนั้น จึงมีการศึกษากระบวนการย้อมสีผ้าแบบธรรมชาติและความพึงพอใจต่อผ้าฝ้ายย้อมสีจากส่วนประกอบของบัวหลวงพันธุ์สีชมพู โดยใช้กลีบดอก ใบบัว และฝักบัว เป็นวัตถุให้สีอย่างละ 3 กิโลกรัมสด ผสมกับน้ำสะอาด 15 ลิตร (1:5) ต้ม 1 ชั่วโมง นำสารละลายสกัดไปย้อมสีผ้าฝ้ายในเวลา1, 2 และ 3 ชั่วโมง ควบคุมอุณหภูมิหม้อต้มผ้าที่ 95 องศาเซลเซียส และประเมินความพึงพอใจต่อผ้าฝ้ายย้อมสี (n=100) ผลการศึกษาพบว่า ช่วงเวลาในการย้อมมีผลต่อสีสันของผ้าฝ้าย โดยการย้อมสีผ้าฝ้ายจากกลีบบัวที่ 1 ชั่วโมง ให้สีเปลือกไข่ เมื่อเพิ่มเวลาการย้อมเป็น 2 และ 3 ชั่วโมง ให้สีเหลืองเข้ม และเหลืองน้ำตาล ตามลำดับ ในขณะที่การย้อมในเวลา 1,2 และ 3 ชั่วโมงด้วยสารละลายสกัดจากใบบัวให้สี เหลืองอ่อน เหลืองนวล และสีน้ำตาลอ่อน ย้อมด้วยสารละลายสกัดฝักบัวจะให้สี น้ำตาลสว่าง น้ำตาลแกมส้ม และโอลด์โรส ตามลำดับ ทั้งนี้ ผ้าฝ้ายย้อมสีจากฝักบัวที่ 3 ชั่วโมง ให้สีน้ำตาลเข้ม ได้รับความพึงพอใจอันดับแรก รองลงมาคือ การย้อมสีจากใบบัวที่ 2 ชั่วโมง ให้สีเหลืองนวล และกลีบบัวที่ 1 ชั่วโมง ให้สีเปลือกไข่ โดยให้ค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.424.38 และ 4.36 ตามลำดับ

คำสำคัญ: *ผ้าฝ้าย, บัวหลวง, สีธรรมชาติ, การย้อมผ้า*

Abstract

Fabric dyeing is a popular art from the past to the present because the use of natural components, which are easy to be found. The method of dyeing is not complicated. Therefore, this research studied natural dyeing process and satisfaction of dyeing cotton from sacred lotus components by using lotus leaves, petals, and seed shells as materials for 3 kilograms of wet weight, mixed with 15 liters of clean water (1: 5). The mixture was boiled for about 1 hour and filtered to obtain dye. Then the dye was applied with cotton by varying the dyeing period for 1, 2 and 3 hours. The temperature of the boiler at dyeing process was controlled at 95 degrees Celsius. After that, we evaluated the satisfaction of dyeing cotton (n = 100). The results showed that the period of dyeing had affect to the color of cotton. The dyeing cotton fabric from the lotus leaves at 1 hour got eggshell yellow. When increasing the dyeing period to 2 and 3 hours got dark yellow and brownish yellow, respectively. While the dye from lotus leaves got yellowish colors (light yellow, eggshell yellow, and brownish yellow), and lotus seed shells got brownish colors (bright brown, orange brown, and old rose brown). The most satisfaction was old rose brown color from 3 hours of lotus seed shells, followed by dyeing from the lotus leaves at 2 hours giving a yellowish like eggshell color, and dying from petal lotus at 1 hour giving eggshell yellow by an average score of 4.42, 4.38, and 4.36, respectively.

Keywords: *cotton, sacred lotus, natural color, dyeing*

บทนำ

บัวหลวง (Lotus) เป็นไม้ล้มลุกจัดอยู่ในวงศ์ NELUMBONACEAE มีสกุลเดียวคือ Nelumbo แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ *Nelumbo nucifera* Gaertn. มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชีย ดอกสีขาวและสีชมพู และชนิด *Nelumbo Intea* Pers. มีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกาเหนือ ดอกสีเหลือง สำหรับบัวหลวงที่พบในประเทศไทยแบ่งเป็น 4 กลุ่มใหญ่ๆ คือ บัวหลวงปทุม บัวหลวงสัตตบงกช บัวหลวงปุณฑริก และบัวหลวงสัตตบุษย์ โดยมีผลผลิตรวมทั่วประเทศปีละ 2,472 ตัน บนเนื้อที่ 2,399 ไร่โดยพื้นที่ 1 ไร่ จะให้ผลผลิตดอกบัวได้มากถึงเดือนละ 10,000 ดอก[1,2] ซึ่งการแบ่งสัดส่วนการผลิตที่เน้นตัดดอกส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ส่วนแถบจังหวัดอยุธยา อ่างทอง และนครสวรรค์เน้นการผลิตเพื่อเก็บเมล็ด ตัดดอก และเกสรตากแห้ง สำหรับจังหวัดปราจีนบุรีปลูกเพื่อเก็บเกี่ยวไหล[3] ทั้งนี้ ทุกส่วนของบัวหลวงสามารถใช้ประโยชน์ได้เป็นอันดับหนึ่ง เช่น ใช้ประกอบอาหาร ใบบัวนิยมนำไปห่ออาหาร และสมุนไพรรักษาโรค ตลอดจนบัวหลวงมีความผูกพันกับวิถีชีวิตของชาวไทยในฐานะเป็นไม้ดอกที่มีความเกี่ยวข้องกับพุทธศาสนา นอกจากนี้ยังพบองค์ประกอบทางเคมีของส่วนประกอบบัวหลวง ได้แก่ เมล็ดมีสารอัลคาลอยด์ (alkaloids) และสารเบต้าซิโตสเตอรอล (Beta-sitosterol), ก้านใบและก้านดอกมีสารพวกอัลคาลอยด์และแทนนิน, ราก เหง้าบัว และเปลือกผลมีสารแทนนิน (tannin), ใบบัวมีสารสกัดกาบา (GABA) วิตามินซี (ascorbic acid) ฟลาโวนอยด์ (flavonoid) และฟีนอลิก (phenolic) และเกสรมีสารฟลาโลนอยด์ (flavonoid)[4,5,6] มีลักษณะเป็นสีเหลืองออกส้มและสีของเกสรเกิดจากกระบวนการชีวสังเคราะห์ของพืช โดยพืชมีสารสีแตกต่างกันที่พบในออร์แกเนลล์ที่เรียกว่า พลาสติด (plastid) แบ่งได้ 3 ชนิดคือ คลอโรพลาสต์ (chloroplast) เป็นพลาสติดสารสีเขียว, คลอโมพลาสต์ (chlomoplast) เป็นพลาสติดสารต่างๆ ยกเว้นสีเขียว เช่น กลุ่มสารแคโรทีนอยด์ (carotenoid) ทำให้เกิดสีแดง ส้ม และเหลือง ส่วนกลุ่มสารฟลาโวนอยด์ทำให้เกิดสารสีเหลือง ส้ม แดง ม่วง และสารสีอ่อน ซึ่งขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางเคมี, และลิวโคพลาสต์ (leucoplast) เป็นพลาสติดไม่มีสารสี ซึ่งมีหน้าที่สะสมเม็ดแป้งที่ได้จากการสังเคราะห์[7] ดังนั้น ศิลปะการย้อมผ้าด้วยสีธรรมชาติจึงเป็นภูมิปัญญาที่ผ่านการถ่ายทอดจากรุ่นสู่รุ่น โดยเน้นการใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติที่หาได้ง่าย วิธีการย้อมที่ไม่ซับซ้อน ให้สีสันคงทนสวยงามตามธรรมชาติ และไม่มีสารเคมีตกค้าง จึงถือได้ว่าเป็นกระบวนการย้อมสีผ้าฝ้ายที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (environmental-friendly dyeing)

ฝ้าย (cotton) คือเส้นใยชนิดหนึ่งซึ่งใช้ในการทอผ้ามาแต่สมัยโบราณ ซึ่งทุกครัวเรือนสามารถปลูกฝ้ายได้แล้วนำเส้นใยเส้นใย (cellulose) ของฝ้ายมาทอเป็นผืนผ้าสำหรับนุ่งห่มและใช้สอยในชีวิตประจำวัน เนื่องจากฝ้ายมีคุณสมบัติดูดความชื้นได้ดี สวมใส่สบายเหมาะสำหรับประเทศร้อน แต่ยับง่าย ซักแห้งช้า รีดลำบาก แต่เมื่อรีดให้เรียบจึงจะสวยงาม ดังนั้นจึงทำให้ผ้าฝ้ายได้รับความนิยมในปัจจุบันและเป็นสินค้าในอุตสาหกรรมสิ่งทอที่มีอิทธิพลต่อระบบเศรษฐกิจเพราะติดอันดับที่ 3 ของประเทศ สำหรับผ้าพิมพ์ฝ้าย มีมูลค่าการส่งออกสูงถึง 1,344 ล้านบาท (ข้อมูลจากด่านศุลกากรแม่สอด) และธุรกิจผ้าฝ้ายมีการจ้างงานสูงก่อให้เกิดการกระจายรายได้สู่ประชากรทั้งที่เป็นแรงงานมีฝีมือและแรงงานไร้ฝีมือตามโรงงานกว่า 4,500 แห่งทั่วประเทศ[8,9] ซึ่งการผลิตผ้าฝ้ายเป็นการทอผ้าจากฝ้ายโดยการฟอกสีหรือใช้สีธรรมชาติมีลักษณะเป็นผ้าสีพื้นและลายพิมพ์ โดยผ้าฝ้ายสามารถย้อมสีได้ง่าย ถ้าย้อมได้ดีและถูกวิธีจะทำให้สีไม่ตกและมีความคงทน ตลอดจนได้รับความนิยมกันอย่างแพร่หลาย โดยการย้อมฝ้ายด้วยสีธรรมชาติเป็นทางเลือกหนึ่งที่ได้รับความนิยมมาก การเลือกใช้วัสดุธรรมชาติที่หาได้จากท้องถิ่น เช่น ใบตะเคียนหนู ใบหูกวาง ใบลำไย ใบมะม่วง เปลือกประดู่ เปลือกตะแบก ใบหม่อน คำแสด ผลมะเกลือ เปลือกงิ้ว และกาแฟสำเร็จรูป แต่ยังไม่พบรายงานการใช้ส่วนประกอบของบัวหลวง (กลีบดอก ใบ และฝัก) ในการย้อมผ้าฝ้าย สำหรับการย้อมผ้าฝ้ายมีวิธีการต่างๆ ที่ผ่านการถ่ายทอดจากภูมิปัญญาชาวบ้าน เช่น การทำความสะอาดเส้นด้ายฝ้าย การปรับสภาพเส้นด้ายฝ้ายก่อนการย้อม และการย้อมเส้นด้ายฝ้าย[10]

ดังนั้น วัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้ เพื่อศึกษาการย้อมสีผ้าฝ้ายที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและประเมินความพึงพอใจต่อผ้าฝ้ายย้อมสีจากส่วนประกอบของบัวหลวงพันธุ์สีชมพู (บัวหลวงปทุม) โดยใช้ส่วนประกอบของกลีบดอก ใบ และฝักบัว ในการ

ย้อมสีผ้าฝ้ายที่ช่วงเวลาต่างๆ เพื่อเป็นทางเลือกรูปแบบการย้อมผ้าฝ้ายและความพอใจของผู้บริโภคในการผลิตผ้าฝ้ายย้อมสีธรรมชาติเป็นอุตสาหกรรมครัวเรือนต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมผ้าฝ้ายในการย้อมสี ผ้าฝ้ายที่นำมาใช้ในงานทดลองเป็นผ้าฝ้ายสีขาวที่ผ่านการตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ขนาด กว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร ก่อนนำไปใช้ในการย้อมสีให้ทำความสะอาดโดยการต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (การต้มผ้าฝ้ายเพื่อกำจัดสารเรซิน (resin) ซึ่งเป็นอุปสรรคในการย้อมสี)

2. การเตรียมทำน้ำย้อมจากส่วนประกอบของบัวหลวงปทุม นำส่วนประกอบของบัวหลวงปทุม (บัวหลวงพันธุ์ดอกชมพู หรือบัวแหลมชมพู) ได้แก่ กลีบดอก ใบบัวแก่ (ใบเขียวเข้ม) และฝักบัว ล้างให้สะอาด ชั่งน้ำหนักสดอย่างละ 3 กิโลกรัม หั่นให้เป็นชิ้นเล็ก และทำให้แห้งสนิทด้วยการตากแดด จากนั้นนำส่วนประกอบของบัวหลวงแต่ละชนิดใส่ในหม้อต้มน้ำย้อมที่บรรจุน้ำสะอาด 15 ลิตร (อัตราส่วน 3:15) โดยใช้เวลาในการต้ม 1 ชั่วโมง และควบคุมอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง และกรองด้วยผ้าขาวบางอย่างน้อย 2 ครั้ง เพื่อแยกกากออก จะได้สารละลายสีย้อม

3. การย้อมสีผ้า นำสีย้อมแต่ละชนิดที่ผ่านการกรองแล้วแต่ละชนิดต้มให้เดือด ใส่เกลือแกงปริมาณ 1 ช้อนโต๊ะ และคนให้เกลือแกงละลายหมด จากนั้นนำผ้าฝ้ายที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วใส่ลงในแต่ละหม้อต้มจำนวน 3 ชิ้น และควบคุมอุณหภูมิในการย้อมที่ 95 องศาเซลเซียส เมื่อช่วงเวลาในการต้มผ่านไปที่ 1, 2 และ 3 ชั่วโมง ให้นำผ้าฝ้ายออกจากหม้อต้มแต่ละชนิด โดยผ้าฝ้ายที่นำออกจากหม้อต้มแล้วนำไปล้างด้วยน้ำสะอาดล้างจนกว่าสีไม่หลุด ให้แช่ด้วยน้ำที่มีสารส้มละลายอยู่เป็นเวลา 15 นาที และตากให้แห้งสนิทแล้วรีดให้เรียบ ทำให้ได้ผ้าฝ้ายย้อมสีธรรมชาติจากกลีบดอก ใบบัวแก่ และฝักบัว ในช่วงเวลาที่ 1, 2 และ 3 ชั่วโมง รวมจำนวน 9 ชิ้น ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 แบบตามชั่วโมงการย้อมสีผ้าฝ้าย

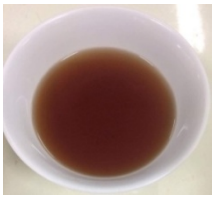
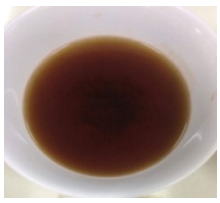
4. การประเมินความพึงพอใจของประชาชนต่อผ้าฝ้ายย้อมสีธรรมชาติจากกลีบดอก ใบบัวแก่ และฝักบัว ในช่วงเวลาที่ 1, 2 และ 3 ชั่วโมง โดยการใช้แบบสอบถามที่มีเกณฑ์การให้คะแนน 5 ระดับเรียงจากมากไปน้อยคือ คะแนนมากที่สุด (5), มาก (4), ปานกลาง (3), น้อย (2) และน้อยที่สุด (1) ส่วนเกณฑ์การประเมินความพึงพอใจแบ่งเป็น 5 ระดับเรียงจากมากไปน้อยคือ มากที่สุด (4.21–5.00), มาก (3.41–4.20), ปานกลาง (2.61–3.40), น้อย (1.81–2.60) และน้อยที่สุด (1.00–1.80) ซึ่งเลือกสอบถามกับประชาชนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 100 คน (n=100) และตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบสอบถามทั้ง 2 ส่วนคือ ข้อมูลส่วนบุคคลและข้อมูลความพึงพอใจ

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยลงรหัสแบบสอบที่ได้จากการกลุ่มตัวอย่างและทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปในการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามวิเคราะห์ด้วยความถี่และค่าร้อยละ และส่วนที่ 2 ข้อมูลความพึงพอใจของผู้ตอบแบบสอบถามวิเคราะห์ด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและแปลความหมายของระดับค่าเฉลี่ยมีเกณฑ์การให้คะแนน 5 ระดับ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลของการสกัดน้ำย้อมสีโดยการต้มจากส่วนประกอบของบัวหลวงปทุม ได้แก่ กลีบดอก ใบบัว และฝักบัว ที่ช่วงเวลา 1 ชั่วโมง ประเมินด้วยสายตาพบว่า ใบบัวมีสีเข้มกว่าฝักบัวและกลีบบัว และช่วงเวลาในการต้มที่นานขึ้นทำให้ความเข้มข้นของสีเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 1) ซึ่งเมื่อทำการย้อมผ้าฝ้ายด้วยสีย้อมที่สกัดได้จากการต้มที่ช่วงเวลา 1, 2 และ 3 ชั่วโมง พบว่า การย้อมสีผ้าฝ้ายจากกลีบบัวที่ 1 ชั่วโมง ให้สีเหลืองไข่ เมื่อเพิ่มเวลาการย้อมเป็น 2 และ 3 ชั่วโมง ให้สีเหลืองเข้ม และเหลืองน้ำตาล ตามลำดับ ในขณะที่การย้อมจากใบบัวให้สีเหลืองอ่อน เหลืองนวลคล้ายสีไข่ สีน้ำตาลอ่อน และการย้อมจากฝักบัวให้สีน้ำตาลสว่าง น้ำตาลโทนส้ม และน้ำตาลโอรส ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ซึ่งจากรายงานองค์ประกอบทางเคมีของใบบัวมีสารกลุ่มฟลาโลนอยด์ (flavonoid) ทำให้เกิดสารสีเหลือง ส้ม และสารสีอ่อน โดยสีของกลีบดอก ควบคุมด้วย organelle พิเศษ ในเซลล์พืชที่เรียกว่าโครโมพลาสต์ (chromoplast) เป็นพลาสติดสารต่างๆ ยกเว้นสีเขียว และมีสารที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางเคมี[4,7]

ตารางที่ 1 ลักษณะสีของน้ำย้อมจากส่วนประกอบของบัวหลวงปทุมในช่วงเวลาต่างๆ

การย้อม ในช่วงเวลาต่างๆ	**ลักษณะสีของน้ำย้อม**		
	กลีบบัว	**ใบบัว**	**ฝักบัว**
1 ชั่งโมง			
2 ชั่งโมง			
3 ชั่งโมง			

ตารางที่ 2 ลักษณะสีผ้าฝ้ายที่ย้อมจากส่วนประกอบของบัวหลวงปทุมในช่วงเวลาต่างๆ

การย้อม ในช่วงเวลาต่างๆ	**ลักษณะผ้าฝ้ายที่ผ่านการย้อมแล้ว**		
	กลับบัว	**ใบบัว**	**ฝักบัว**
1 ชั่งโมง			
2 ชั่วโมง			
3 ชั่วโมง			

ประชาชนกลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีอายุมากว่า 40 ปีขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 40.0 และส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงคิดเป็นร้อยละ 64.0 สถานภาพสมรสคิดเป็นร้อยละ 63.0 ประกอบอาชีพพนักงานมหาวิทยาลัยคิดเป็นร้อยละ 55.0 และมีรายได้อยู่ระหว่าง 15,001–25,000 บาทคิดเป็นร้อยละ 55.0 และการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรีคิดเป็นร้อยละ 71.0 ส่วนการประเมินความพึงพอใจของผู้ตอบแบบสอบถามการย้อมผ้าฝ้ายด้วยสีธรรมชาติด้วยสีบัวหลวงแบบที่ 1 การย้อมจากฝักบัวแห้งได้รับความพึงพอใจเป็นอันดับแรก รองลงมาคือ ย้อมจากกลีบบัวและย้อมจากใบบัว มีค่าเฉลี่ย 4.41, 4.36 และ 4.34 ตามลำดับ แบบที่ 2 การย้อมจากใบบัวได้รับความพึงพอใจเป็นอันดับแรก รองลงมาคือฝักบัวแห้งและกลีบบัว มีค่าเฉลี่ย 4.38 , 4.36 และ 4.34 ตามลำดับ แบบที่ 3 การย้อมจากฝักบัวได้รับความพึงพอใจมากที่สุดมีค่าเฉลี่ย 4.42 เป็นอันดับแรก รองลงมาคือ ย้อมจากใบบัวและย้อมจากกลีบบัวมีค่าเฉลี่ย 4.32 และ 4.27 ตามลำดับ (ตารางที่ 3) แสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นวัยทำงานที่แต่งงานแล้วและการศึกษาค่อนข้างสูง ซึ่งทำให้ผ้าฝ้ายย้อมสีจากฝักบัวที่ 3 ชั่วโมง ให้สีน้ำตาลโอรส ได้รับความพึงพอใจอันดับแรก รองลงมาคือ การย้อมสีจากใบบัวที่ 2 ชั่วโมง ให้สีเหลืองนวลคล้ายสีไข่ และกลีบบัวที่ 1 ชั่วโมง ให้สีเหลืองไข่ แต่อย่างไรก็ตามความพึงพอใจสีผ้าฝ้ายย้อมจากสีธรรมชาติมีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 3 ความพึงพอใจของประชาชนต่อผ้าฝ้ายย้อมสีธรรมชาติจากกลีบดอก ใบบัวแก่ และฝักบัว ในช่วงเวลาต่างๆ

แบบการย้อมผ้า	**ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจ (SD)**			**การประเมิน**
	กลีบบัว	ใบบัว	ฝักบัว	
แบบที่ 1 (ย้อม 1 ชั่วโมง)	4.36 (0.08)	4.34 (0.11)	4.41 (0.10)	มาก
แบบที่ 2 (ย้อม 2 ชั่วโมง)	4.34 (0.05)	4.38 (0.24)	4.36 (0.04)	มาก
แบบที่ 3 (ย้อม 3 ชั่วโมง)	4.27 (0.05)	4.32 (0.08)	4.42 (0.08)	มาก

บทสรุป

กระบวนการย้อมสีผ้าแบบธรรมชาติและความพึงพอใจต่อผ้าฝ้ายย้อมสีจากส่วนประกอบของบัวหลวงปทุม ซึ่งสีของผ้าฝ้ายขึ้นอยู่กับช่วงเวลาในการย้อม โดยใบบัวมีสีเข้มกว่าฝักบัวและกลีบบัว และช่วงเวลาในการต้มที่นานขึ้นทำให้ความเข้มข้นของสีเพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยสีผ้าฝ้ายที่ผ่านการย้อมแล้วส่วนใหญ่ให้สีเหลืองอ่อนไปจนถึงน้ำตาลอ่อน และสีน้ำตาลโอรสได้รับความพึงพอใจอันดับแรก รองลงมาคือ สีเหลืองนวลคล้ายสีไข่และสีเหลืองไข่ ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี ที่สนับสนุนเงินทุนเผยแพร่ผลงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. กรมส่งเสริมการเกษตร. ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านเกษตรออนไลน์. [อินเตอร์เน็ท]. 2560. [เข้าถึงเมื่อ 14 เมษายน 2562] เข้าถึงได้จาก http://production.doae.go.th
2. La-ongsri, W. and Trisonthi C. Management and use of *Nelumbo nucifera* Gaertn. In Thai wetlands. Wetlands Ecol. Manage. Volume 17, Issue 4 : 279–289, 2009.
3. อรวรรณ วิชัยลักษณ์ และภูริพันธุ์ สุวรรณเมฆ. การผลิตบัวหลวงตัดดอก. กรุงเทพฯ : กรมส่งเสริมการเกษตร. ม.ป.ป.
4. ศิริลักษณ์ กมลวรรณสิทธิ์. ประโยชน์ของบัวหลวง. [อินเตอร์เน็ท]. 2560. [เข้าถึงเมื่อ 15 เมษายน 2562] เข้าถึงได้จาก http://agri-tech.sakaeo.buu.ac.th/images/imagenews/article/21-8-2560.pdf

5. Akinjogunla, O.J., Adegoke, A.A., Udokang, I.P., and Adebayo-Tayo, B.C. Antimicrobiol potential of *Nymphaea* lotus (Nymphaeaceae) against wound pathogens. Journal of Medicinal Plants Research. Volume 3, Issue 3 : 138–141, 2009.
6. ธัญลักษณ์ ธนิกกุล, สุเชษฐ์ สมุหเสนีโต และปริญดา เพ็ญโรจน์. สภาวะการสกัดต่อสมบัติสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดใบบัวหลวง. Naresuan University Journal: Science and Technology. Volume 23, Issue 3 : 34–42, 2015.
7. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. สีของพืช ผัก และผลไม้สำคัญอย่างไร. 2555. [เข้าถึงเมื่อ 15 เมษายน 2562] เข้าถึงได้จาก http://biology.ipst.ac.th/?p=937
8. กระทรวงการคลัง. ผ้าผ้าย. ม.ป.ป. [เข้าถึงเมื่อ 15 เมษายน 2562] เข้าถึงได้จาก http://taxclinic.mof.go.th/pdf/CEEDF610_0C1F_156D_1687_91146A13B18A.pdf
9. รัชฎา สุขแสงสุวรรณ. การอนุรักษ์วัฒนธรรมและผ้าทอไทคั่งไทเวียง. ชัยนาท : กรมการศึกษานอกโรงเรียน. 2545.
10. พรเพ็ญ โชชัย, ระมัด โชชัย และเมทินี ทวีผล. การย้อมเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติจากเปลือกงิ้วสำหรับอุตสาหกรรมครอบครัว. วารสารสักทอง. ปีที่ 18, ฉบับที่ 1 (มกราคม–มิถุนายน): 20–30.

[INNO-010] การศึกษาและพัฒนาระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ผู้เลี้ยงและบ่อเลี้ยงปลาสลิดของพื้นที่ตำบลคลองด่าน อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ

Studying and Development a Geographic Information System for Fisher and Snakeskin gourami (*Trichogaster pectoralis*) farm in Khlongdan Bangbo Samutprakan

วรนุช มีภูมิรู้*, เปรมรัตน์ พูลสวัสดิ์, และ ยุวธิดา ชิวปรีชา
Woranuch Meepoomroo* Premrat poolsawat and Yuwathida Chiwpreechar
สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: pleeworanuch@gmail.com*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำฐานข้อมูล โดยบันทึกข้อมูลเชิงคุณลักษณะของผู้เลี้ยงปลาสลิด และเชื่อมโยงไปยังข้อมูลเชิงพื้นที่ตำแหน่งบ่อเลี้ยงปลาสลิดของสมาชิกสหกรณ์บริการปลาสลิดบางบ่อ จำกัด ตำบลคลองด่าน อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ และพัฒนาในรูปแบบของโปรแกรมประยุกต์บนเว็บที่รองรับการแสดงผลบนทุกอุปกรณ์ ระบบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1) ส่วนของเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบที่สามารถจัดการข้อมูลสมาชิกสหกรณ์ ระบุพิกัดตำแหน่งบ่อเลี้ยงปลาของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาสลิดโดยใช้กูเกิลแมพเอพีไอ สืบค้นข้อมูล และกรองข้อมูลที่แสดงบนแผนที่ได้ตามมุมมองที่ต้องการ 2) ส่วนของบุคคลทั่วไปสามารถกรองข้อมูลตามเงื่อนไขที่กำหนด ระบบพัฒนาด้วยภาษาโปรแกรมจาวา ร่วมกับ Spring MVC Framework และ Hibernate ใช้ฐานข้อมูล MySQL จากการประเมินระบบโดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจการใช้งานระบบกับกลุ่มผู้ทดลองใช้จำนวน 69 ราย ซึ่งเป็นการสุ่มเลือกหน่วยตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ พบว่าอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.14 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55

คำสำคัญ: *ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ โปรแกรมประยุกต์บนเว็บ ปลาสลิด*

Abstract

The objective of this research was to create a database and record attribute data of the fisher and link to spatial data, the location of the Snakeskin gourami (*Trichogaster pectoralis*) farm from all members in the Cooperative Plasalid Bangbo Limited in Khlongdan sub-district Bangbo district Samutprakan province. The system was based on the Geographic Information technology and developed in the form of a web application by responsive web design technology. The system divided in two main running sectors; the first sector, the administrator could be able to control and manage the information, details of cooperative members, via using the Google map API for indicating the location coordinates of Snakeskin gourami farm, searching and filtering the information displayed on the map according to the desired view. Second sector, the general user could be filtered the data via Google map. This system is developed with Java language in conjunction with the Spring MVC Framework and Hibernate, and uses MySQL database. The efficiency system for this project was evaluated by using a questionnaire with user 69 subjects by stratified random sampling. The result of satisfied user shows average value 4.14 and standard deviation 0.55.

Keywords: *Geographic Information System (GIS), web application, Snakeskin gourami*

บทนำ

เอกลักษณ์และความมีชื่อเสียงของปลาสลิด จังหวัดสมุทรปราการ เป็นที่รู้จักและยอมรับว่ามีรสชาติอร่อยดังเห็นได้จากคำขวัญของจังหวัดที่ว่า "ป้อมยุทธนาวี พระเจดีย์กลางน้ำ ฟาร์มจระเข้ใหญ่ งามวิไลเมืองโบราณ สงกรานต์พระประแดง ปลาสลิดแห้งรสดี ประเพณีรับบัว ครบถ้วนทั่วอุตสาหกรรม" ด้วยเหตุนี้แนวโน้มความต้องการปลาสลิดในตลาดจึงมีมากขึ้น ทั้งรูปแบบของปลาสดที่นำไปแปรรูปด้วยการตากแห้ง หรือการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์แบบต่าง ๆ เพื่อเพิ่มมูลค่า แต่เนื่องจากจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในปี 2561 คาดว่าจะมีจำนวนโรงงาน 7,765 โรงงาน (โดยมีช่วงคาดการณ์ที่ 7,755 – 7,774 ณ เดือนธันวาคม 2561) และในปี 2562 พยากรณ์ว่าจะมีจำนวน 7,923 โรงงาน (โดยมีช่วงคาดการณ์ที่ 7,884 – 7,962 ณ เดือนธันวาคม 2561) [(1)] ประกอบกับรัฐบาลมีนโยบายในการส่งเสริมสนับสนุนผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) ให้สามารถประกอบธุรกิจได้อย่างต่อเนื่องในภาวะเศรษฐกิจที่ชะลอตัว จึงสร้างแรงจูงใจให้นักลงทุนเกิดความเชื่อมั่นต่อการลงทุนภาคอุตสาหกรรมในจังหวัด นอกจากนี้ผู้เลี้ยงปลาสลิดยังประสบปัญหาด้านมลพิษน้ำเสียในชุมชน โรคของปลา ราคาขายทั้งปลาสดและผลิตภัณฑ์ปลาแปรรูปไม่คงที่ ผู้เลี้ยงปลาสลิดจึงเปลี่ยนไปประกอบอาชีพด้านอื่น หรือขายที่ดินที่เคยใช้เพาะเลี้ยงปลาสลิดให้กับนายทุน ซึ่งจากการสำรวจข้อมูลของสำนักงานประมงจังหวัดสมุทรปราการพบว่าเกษตรกรที่เลี้ยงปลาสลิดในเขตอำเภอบางบ่อลดลงทุกปี

การเลี้ยงปลาสลิดส่วนใหญ่เป็นภูมิปัญญาที่เสริมสร้างเศรษฐกิจของชุมชน ส่งผลให้เกิดเป็นรูปวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ส่วนมากเป็นการรวมกลุ่มเป็นสหกรณ์ เพื่อเสริมสร้างศักยภาพความเข้มแข็ง [(2)] ซึ่งกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาสลิดของตำบลคลองด่าน อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ จึงร่วมตัวกันจัดตั้งสหกรณ์บริการปลาสลิดบางบ่อ จำกัด ตำบลคลองด่าน อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ ขึ้นเมื่อวันที่ 14 กันยายน พ.ศ. 2555 มีหน้าที่หลักในการส่งเสริมการเลี้ยงปลาสลิดของชุมชนเก็บรวบรวมข้อมูลสมาชิกเพื่อนำเสนอแนวคิดของชุมชนในการวางแผนพัฒนาชุมชน วางแผนเรื่องงบประมาณ ตลอดจนช่วยแก้ปัญหาความเดือดร้อนของชุมชน โดยเริ่มต้นจากสมาชิกที่เป็นเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาสลิด 79 ครัวเรือน ในจำนวนนี้มีทั้งที่เลี้ยงปลาโดยใช้ที่ดินของตนเองและเช่าที่ดินจากผู้อื่น รูปแบบการเลี้ยงปลาสลิดแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ 1) แบบผสมผสาน และ 2) แบบภูมิปัญญา ต่อมามีการรับสมาชิกเพิ่ม โดยเจ้าหน้าที่ของสหกรณ์ฯ จะจดบันทึกข้อมูลสมาชิกทั้งหมดลงในแฟ้มกระดาษ และจัดทำแผนที่ทำมือ โดยนำภาพถ่ายพื้นที่มาทำสัญลักษณ์ระบุตำแหน่งที่ตั้งบ่อปลาสลิดของแต่ละครัวเรือน ซึ่งที่ผ่านมาพบว่าเกิดความยุ่งยาก หากผู้บริหารต้องการนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้สำหรับวางแผนในการจัดโครงการเพื่อพัฒนาสหกรณ์ ฯ รวมถึงข้อมูลที่มีอยู่ยังไม่สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อวางแผนการดำเนินงานหรือช่วยในการตัดสินใจได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ เนื่องจากยังขาดข้อมูลด้านกายภาพในเชิงลึกมีความคลาดเคลื่อนจากพื้นที่จริง อีกทั้งการเพิ่มเติม แก้ไขหรือสืบค้นข้อมูลกระทำได้ไม่สะดวก

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษาและพัฒนาระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ผู้เลี้ยงและบ่อเลี้ยงปลาสลิดขึ้นเพื่อจัดทำฐานข้อมูลของสมาชิกสหกรณ์ที่เป็นเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาสลิดในพื้นที่ตำบลคลองด่าน อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ โดยอาศัยเทคโนโลยีระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System) ที่จัดเก็บข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Attribute data) ได้แก่ ประวัติสมาชิกสหกรณ์บริการปลาสลิดบางบ่อ จำกัด ตำบลคลองด่าน อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ สภาพทางเศรษฐกิจและสังคม ลักษณะการถือครองที่ดิน พื้นที่บ่อเลี้ยง รูปแบบการเลี้ยง และเชื่อมโยงไปยังตำแหน่งบ่อเลี้ยงปลาสลิดที่เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) ซึ่งพัฒนาในลักษณะโปรแกรมประยุกต์บนเว็บที่ออกแบบการนำเสนอบนเว็บไซต์ที่รองรับการแสดงผลบนทุกอุปกรณ์ (Responsive web design) ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อผู้บริหาร และเจ้าหน้าที่ในการบริหารจัดการการดำเนินงานของสหกรณ์บริการปลาสลิดบางบ่อ จำกัด โดยระบบสามารถแสดงรายละเอียดของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาสลิดและตำแหน่งบ่อเลี้ยง ทำให้เห็นภาพที่ชัดเจน ช่วยในการตัดสินใจจัดกิจกรรมหรือโครงการเพื่อพัฒนาพื้นที่

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาและพัฒนาระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ซึ่งเก็บข้อมูลผู้เลี้ยงและบ่อเลี้ยงปลาสลิดของพื้นที่ตำบลคลองด่าน อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ โดยการดำเนินงานการวิจัยครั้งนี้ ได้บูรณาการเข้ากับกระบวนการการพัฒนาระบบด้วยวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) มีรายละเอียดตามนี้

1. วางแผนการดำเนินงาน เก็บรวบรวมข้อมูลและความต้องการของระบบ

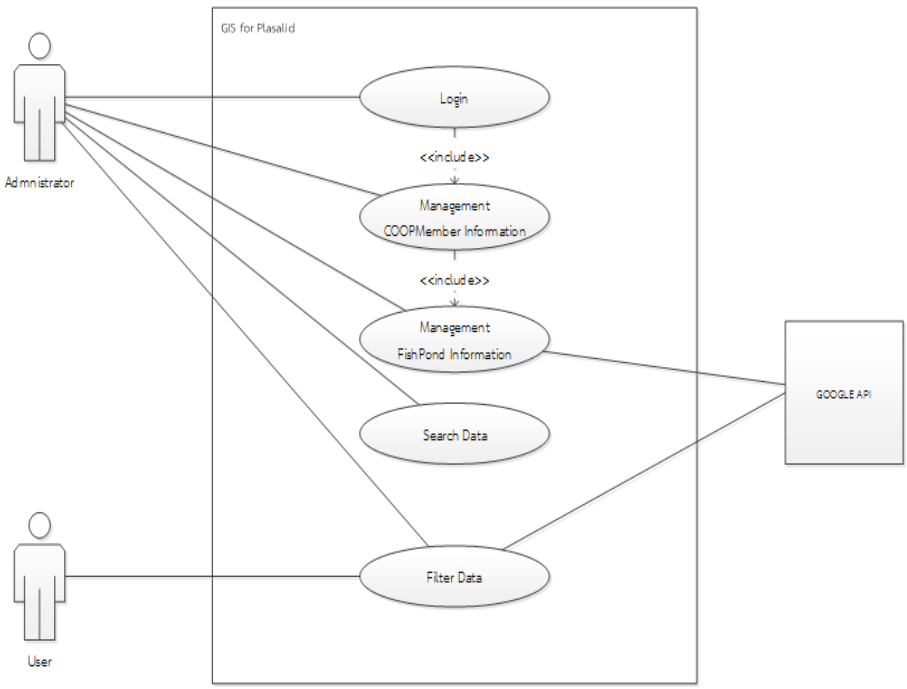
การพัฒนาระบบ จำเป็นต้องศึกษาข้อมูลต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการวางแผนการดำเนินงานรวมถึงการกำหนดขอบเขตการทำงาน และรูปแบบการใช้งานระบบ โดยข้อมูลดังกล่าวได้ศึกษาและรวบรวมจาก

- เอกสารที่เกี่ยวข้อง (Documentary Research)
- ข้อมูลโดยการสัมภาษณ์เชิงลึก และใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) เพื่อเก็บข้อมูลผู้มีส่วนได้ส่วนเสียกับระบบ ได้แก่
  - ผู้บริหารองค์การบริหารส่วนตำบลคลองด่าน (อบต. คลองด่าน) จำนวน 1 คน
  - เจ้าหน้าที่องค์การบริหารส่วนตำบลคลองด่าน (อบต. คลองด่าน) จำนวน 1 คน
  - ประธานสหกรณ์บริการปลาสลิด จำกัด ตำบลคลองด่าน อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ จำนวน 1 คน
  - ปราชญ์เกษตรกรผู้เลี้ยงปลาสลิด จำนวน 1 คน

2. การวิเคราะห์ระบบ

จากข้อมูลที่รวบรวมได้จากขั้นตอนที่ 1 ได้นำมาวิเคราะห์และออกแบบระบบ โดยอาศัยหลักการเชิงวัตถุ (Object Oriented Analysis and Design) ซึ่งอธิบายด้วยแบบจำลองต่าง ๆ ของยูเอ็มแอล (Unified Modeling Language : UML) ได้แก่ แผนภาพยูสเคส (Use case diagram) แผนภาพซีเควน (Sequence diagram) และแผนภาพคลาส (Class diagram) ดังนี้

- แผนภาพยูสเคส อธิบายขอบเขตของงานต่าง ๆ ภายในระบบ ซึ่งประกอบด้วย 5 ยูสเคส ได้แก่ Login, Management COOPMember Information, Management Fish Pond Information, Search Data, Filter Data และมีผู้กระทำ (Actor) 3 ผู้กระทำ ได้แก่ ผู้ใช้ (User) ผู้ดูแลระบบ (Administrator) และ Google MAP API ดังภาพที่ 1.1

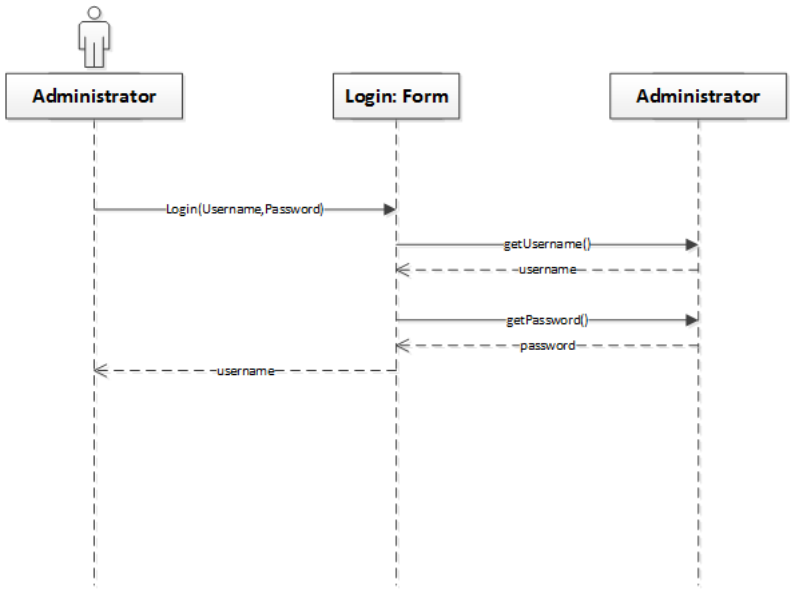


ภาพที่ 1 แผนภาพยูสเคสของระบบ

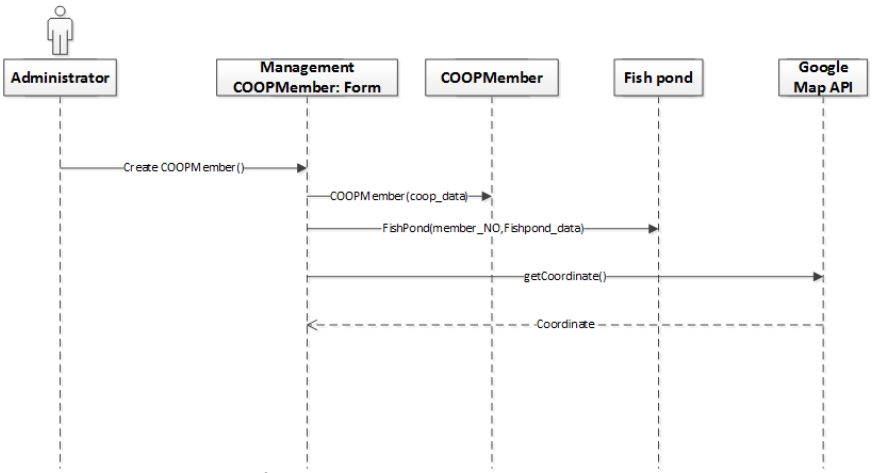
รายละเอียดของแต่ละยูสเคสมีดังนี้

- Login เป็นส่วนของการเข้าสู่ระบบโดยผู้ดูแลระบบ ซึ่งระบบจะทำการตรวจสอบสิทธิ์การใช้งานจากชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านของผู้ดูแลระบบว่าตรงกับข้อมูลในฐานข้อมูลหรือไม่
- Management COOPMember Information เป็นส่วนที่ผู้ดูแลระบบสามารถจัดการเพิ่ม ลบ และแก้ไขข้อมูลสมาชิกสหกรณ์
- Management Fish Pond Information เป็นส่วนที่ผู้ดูแลระบบสามารถจัดการเพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูลบ่อเลี้ยงปลา โดยการเพิ่มข้อมูลสามารถทำได้เมื่อมีข้อมูลสมาชิกสหกรณ์ผู้เป็นเจ้าของบ่อเลี้ยงปลาก่อน ซึ่งข้อมูลพิกัดของบ่อเลี้ยงปลาได้จากกูเกิลแมพเอพีไอ
- Search Data เป็นส่วนที่ผู้ดูแลระบบทำการค้นหาข้อมูลสมาชิกสหกรณ์ จากชื่อสมาชิก และประเภทของบ่อเลี้ยงปลา
- Filter Data เป็นส่วนที่ผู้ใช้สามารถทำการกรองข้อมูลที่แสดงบนแผนที่ได้ตามมุมมองที่ต้องการ เช่น ให้แสดงข้อมูลบ่อเลี้ยงปลาแยกตามขนาดบ่อ หรือแสดงข้อมูลบ่อเลี้ยงปลาแยกตามวิธีการเลี้ยง โดยพิกัดของบ่อเลี้ยงปลาได้จากกูเกิลแมพเอพีไอ

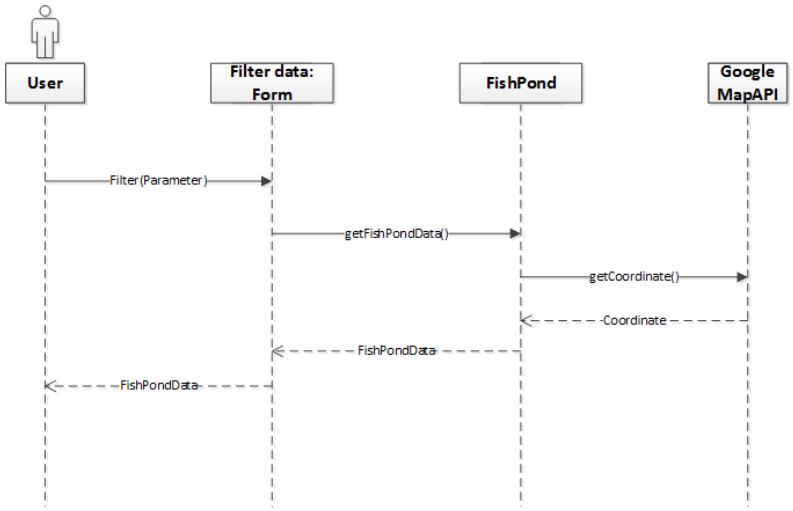
- แผนภาพซีแควน อธิบายลำดับการทำงานที่มีความสัมพันธ์กันระหว่างวัตถุภายในระบบ โดยประกอบด้วย ส่วนการเข้าสู่ระบบ (Login) ส่วนการจัดการข้อมูลสมาชิก (Management COOPMember) ส่วนการกรองข้อมูล (Filter) และส่วนของการค้นหาข้อมูล (Search) ดังภาพที่ 2-5 ตามลำดับ



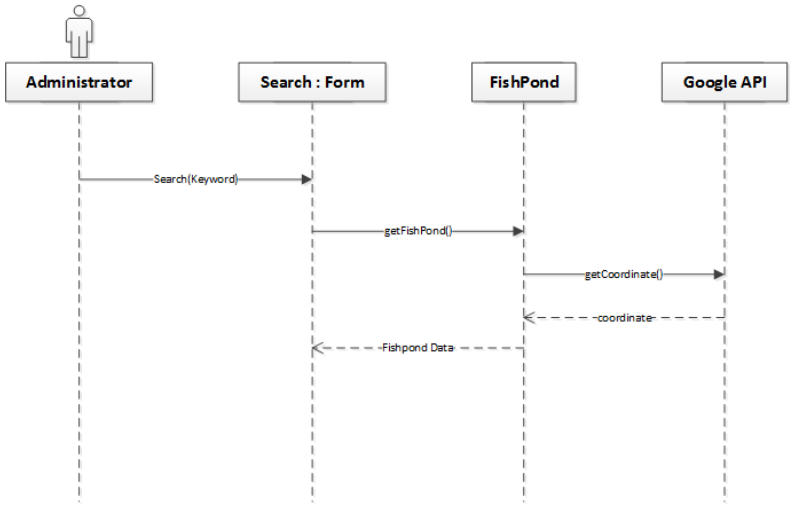
ภาพที่ 2 แผนภาพซีเควนเชียลการเข้าสู่ระบบ



ภาพที่ 3 แผนภาพซีแควนการจัดการข้อมูลสมาชิก



ภาพที่ 4 แผนภาพซีเควนเชียลการกรองข้อมูล



ภาพที่ 5 แผนภาพซีเควนเชียลการค้นหาข้อมูล

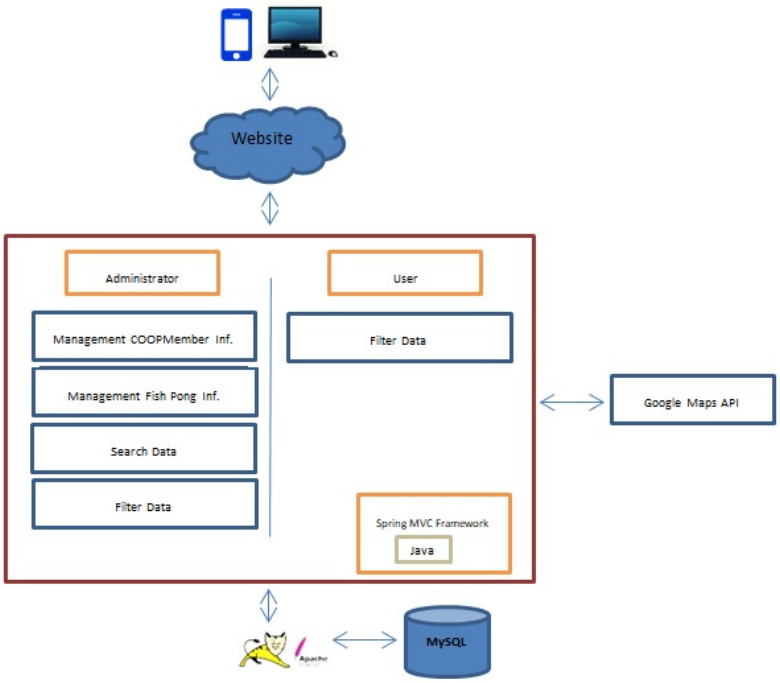
3. การออกแบบระบบ

การจัดเก็บข้อมูลแบ่งออกเป็น 10 ตาราง ได้แก่ ผู้ดูแลระบบ สมาชิกสหกรณ์ รายละเอียดบ่อเลี้ยงปลา ประเภทสมาชิกสหกรณ์ สิทธิ์การครอบครอง วิธีการเลี้ยงปลา จังหวัด อำเภอ ตำบล และรหัสไปรษณีย์ ทุกตารางมีคุณสมบัติ 3 NF (Third Normal Form) โดยข้อมูลแสดงดังแผนภาพคลาส ดังภาพที่ 6

4. การพัฒนา

การพัฒนาระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ผู้เลี้ยงและบ่อเลี้ยงปลาสลิดของพื้นที่ตำบลคลองด่าน อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบ สามารถจัดการข้อมูลสมาชิกสหกรณ์ และข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ได้แก่ รายละเอียดบ่อเลี้ยงปลา ประเภทสมาชิกสหกรณ์ สิทธิ์การครอบครอง และวิธีการเลี้ยงปลาสลิด นำกูเกิลแมพเอพีไอ (Google Map API) มาช่วยในการระบุพิกัดตำแหน่งบ่อเลี้ยงปลาของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาสลิด สืบค้นข้อมูล และกรองข้อมูลที่แสดงบนแผนที่ได้ตามมุมมองที่ต้องการ และบุคคลทั่วไป สามารถกรองข้อมูลตามเงื่อนไขที่กำหนด

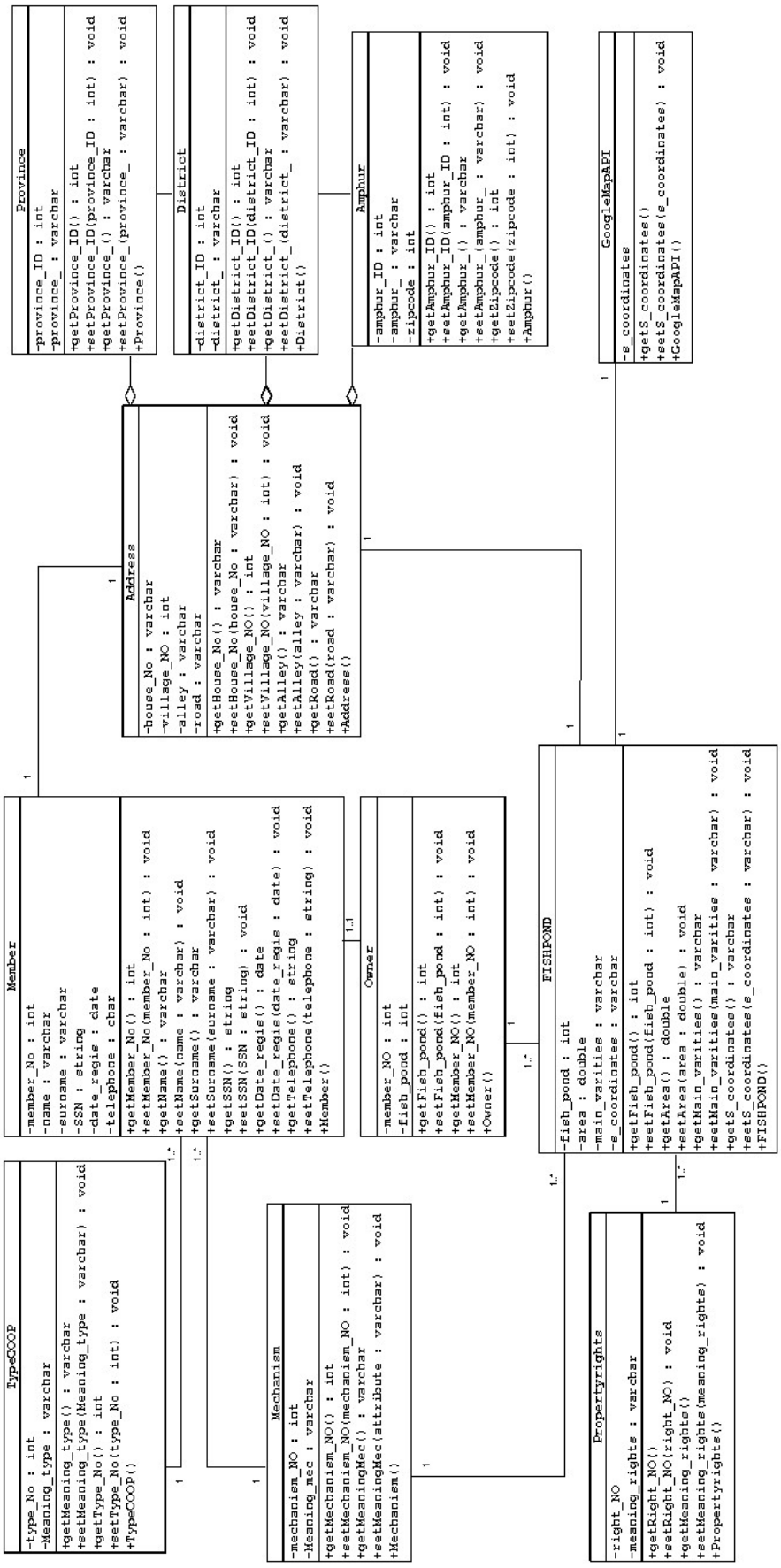
ภาษาโปรแกรมและเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ ได้แก่ ภาษาจาวา (Java) ร่วมกับกรอบการทำงานสปริงค์ เอ็มวีซี (Spring MVC Framework) ไอเบอร์เนต (Hibernate) ใช้ฐานข้อมูลมายเอสคิวแอล (MySQL) และดึงคุณสมบัติของกูเกิลแมพเอพีไอ (Google map API) มาช่วยในการระบุพิกัดพื้นที่ โดยพัฒนาในรูปแบบโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ (Web application) ที่รองรับการแสดงผลบนทุกอุปกรณ์ (Responsive web design) ภาพรวมการทำงานของระบบสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ภาพรวมการทำงานของระบบ

5. การติดตั้งและใช้งานระบบ

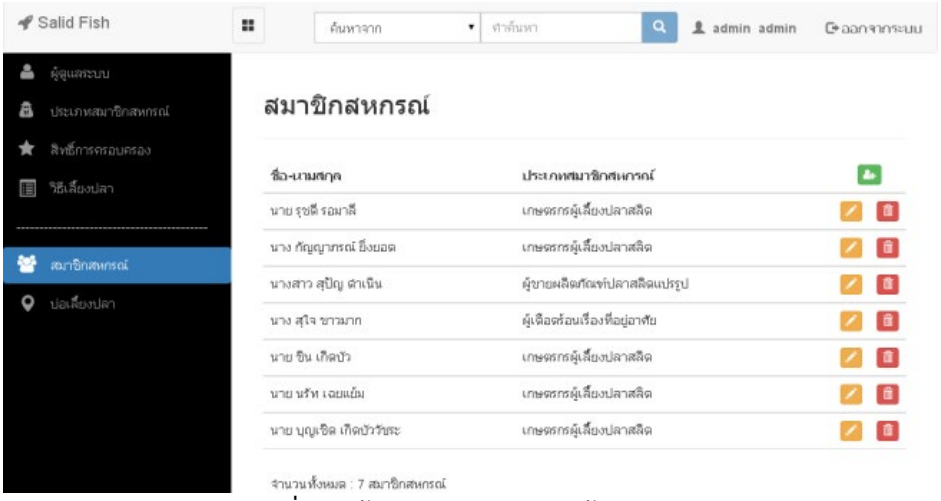
การทดสอบการทำงานของระบบแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 การทดสอบขั้นแอลฟา (Alpha Stage) โดยนำระบบไปทดลองใช้งานเบื้องต้น เพื่อเก็บรวบรวมปัญหาที่เกิดขึ้น และนำมาปรับปรุงระบบให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และส่วนที่ 2 การทดสอบขั้นเบต้า (Beta Stage) เพื่อทดสอบการทำงานในภาพรวมของระบบภายใต้ภาวะแวดล้อมจำลอง และภาวะแวดล้อมจริง พร้อมลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลเกษตรกรและตำแหน่งบ่อเลี้ยงปลาสลิด โดยบันทึกลงในระบบเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นให้กับเจ้าหน้าที่ และวัดประสิทธิภาพและความพึงพอใจต่อการใช้งานของผู้ใช้งานตามวิธีของไลเคอร์ท (Likert) ที่ประกอบด้วยมาตรอันดับ 5 ระดับ



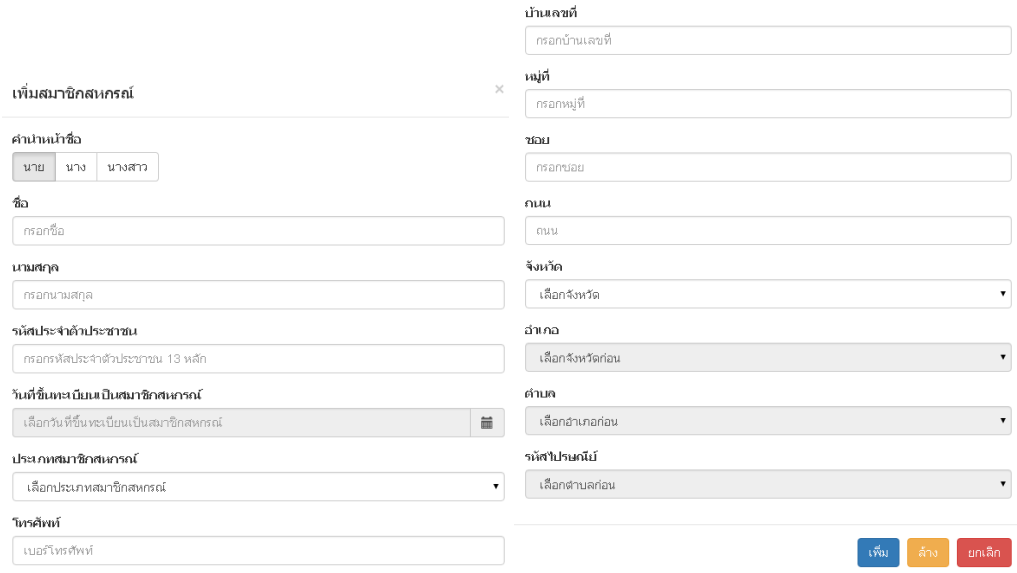
ภาพที่ 6 แผนภาพคลาสของระบบ

ผลการศึกษา

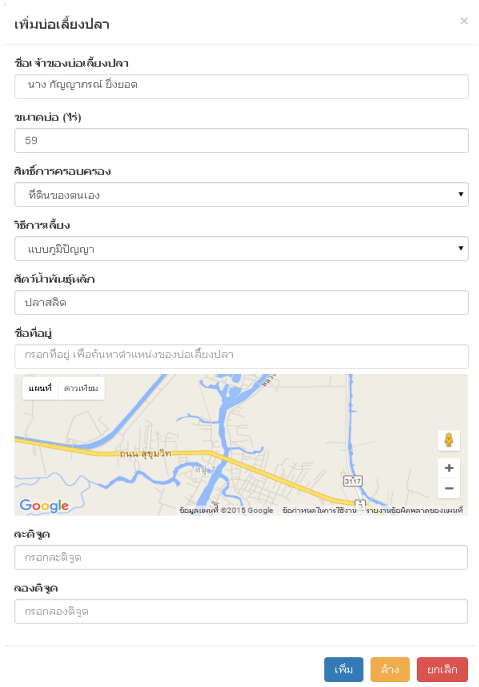
ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ผู้เลี้ยงและบ่อเลี้ยงปลาสลิดของพื้นที่ตำบลคลองด่าน อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ สามารถใช้งานได้จริงตรงตามวัตถุประสงค์และขอบเขตที่กำหนด โดยระบบแสดงข้อมูลเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาสลิดและเชื่อมโยงไปยังข้อมูลเชิงพื้นที่ตำแหน่งบ่อเลี้ยงปลาสลิด ระบบติดตั้งอยู่บนเครื่องให้บริการเชื่อมต่อเข้ากับเว็บไซต์ขององค์การบริหารส่วนตำบลคลองด่าน อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ (http://www.klongdanlocal.go.th) ผู้ใช้แต่ละระดับสามารถเข้าถึงระบบผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์สมาร์ทโฟนตามสิทธิ์ที่ได้รับอนุญาต ระบบช่วยให้เจ้าหน้าที่และผู้บริหารในการเข้าถึงข้อมูลในรูปแบบการสืบค้น และการกรองข้อมูลที่แสดงบนแผนที่ได้ตามมุมมองที่ต้องการ ส่งผลทำให้เห็นภาพรวมที่ชัดเจน ช่วยในการตัดสินใจจัดกิจกรรมหรือโครงการเพื่อพัฒนาพื้นที่ได้ดีกว่าแผนที่แบบกระดาษ อีกทั้งช่วยในการจัดการข้อมูลได้สะดวกและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น ตัวอย่างหน้าจอระบบแสดงดังภาพที่ 8-14



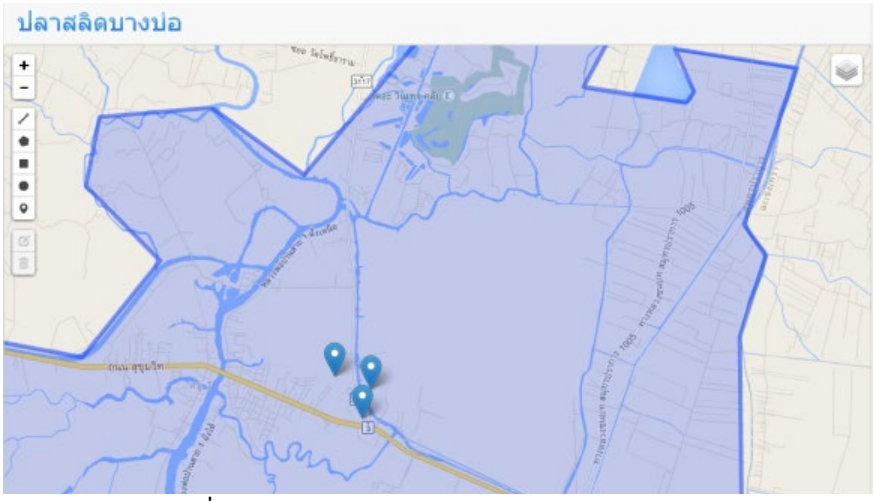
ภาพที่ 8 หน้าหลักของระบบ (ส่วนผู้ดูแลระบบ)



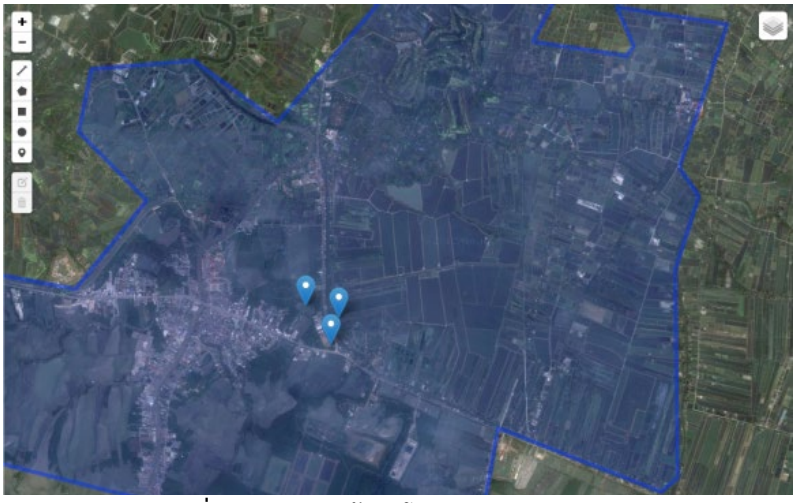
ภาพที่ 9 หน้าจอการเพิ่มข้อมูลสมาชิก



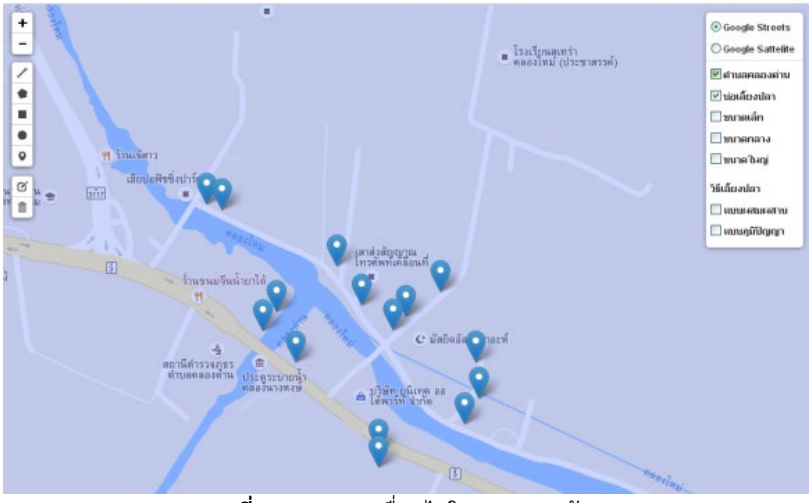
ภาพที่ 10 หน้าจอการเพิ่มข้อมูลบ่อเลี้ยงปลาสลิด



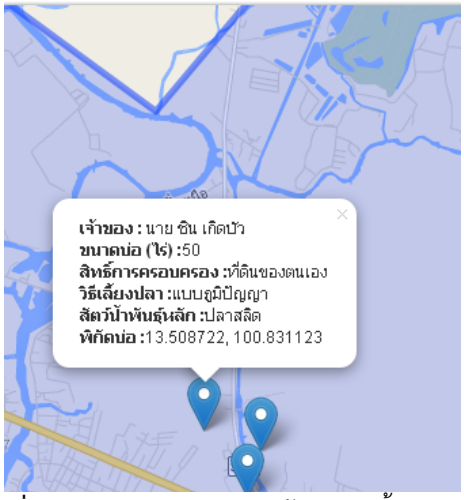
ภาพที่ 11 การแสดงข้อมูลโดยมุมมองแบบกูเกิลสตรีท



ภาพที่ 12 การแสดงข้อมูลโดยมุมมองแบบดาวเทียม



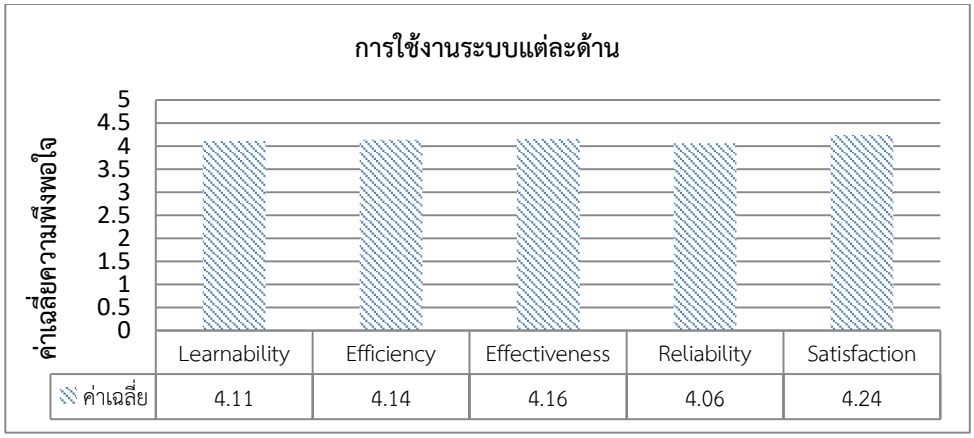
ภาพที่ 13 การระบุเงื่อนไขในการกรองข้อมูล



ภาพที่ 14 การแสดงรายละเอียดข้อมูลบ่อเลี้ยงปลาสลิด

ผลการประเมินและการอภิปรายผล

จากการทดสอบและประเมินผลการตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานและประสิทธิภาพของการใช้งานระบบในรูปแบบของแบบสอบถามที่ได้ผ่านกระบวนการตรวจสอบหาค่าความเชื่อมั่นแล้ว จากผู้ตอบแบบสอบถามจำนวนทั้งสิ้น 69 คน แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียกับระบบงานจำนวน 4 คน ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน และบุคคลทั่วไปจำนวน 62 คน ซึ่งเป็นการสุ่มเลือกหน่วยตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified random sampling) พบว่าผลการดำเนินงานเป็นไปตามแผนและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ โดยมีผลอยู่ในระดับดี คิดเป็นค่าเฉลี่ยได้เท่ากับ 4.14 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55 ซึ่งจากการประเมินระบบ พบว่า ผู้ใช้มีความพึงพอใจในการใช้งานระบบ (Satisfaction) มากที่สุด โดยให้ความเห็นตรงกันว่ารูปแบบของเว็บไซต์ดูง่าย หน้าจอการใช้งานมีความสวยงามเหมาะสม ตัวอักษรอ่านง่าย วิธีการใช้งานเมนูไม่ยุ่งยาก ถือเป็นจุดเด่นของระบบและตรงตามวัตถุประสงค์ของคณะผู้วิจัย รองลงมา ได้แก่ ด้านประสิทธิผล (Effectiveness) ด้านประสิทธิภาพ (Efficiency) ด้านความสามารถในการเรียนรู้ (Learnability) ส่วนความพึงพอใจด้านความน่าเชื่อถือ (Reliability) ในการใช้งานมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด ซึ่งเป็นผลมาจากผู้ใช้ยังไม่มีมั่นใจในการระบุพิกัดตำแหน่งบ่อเลี้ยงปลาสลิด เนื่องจากยังขาดความคุ้นเคยในการใช้งานระบบ คาดว่าหากมีการใช้งานระบบไประยะหนึ่ง ความมั่นใจและความถูกต้องในการระบุพิกัดตำแหน่งจะมากขึ้น ดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 สรุปการประเมินผลแยกตามองค์ประกอบ 5 ด้าน

จากการศึกษาและพัฒนาระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ผู้เลี้ยงและบ่อเลี้ยงปลาสลิดของพื้นที่ตำบลคลองด่าน อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ พบว่ามีความสอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ในการจัดทำฐานข้อมูลการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจังหวัดภูเก็ต ซึ่งจัดเป็นประเภทของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ที่แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงคุณลักษณะของวัตถุต่าง ๆ บนพื้นโลก ช่วยทำให้เห็นภาพที่ชัดเจน นอกจากนี้ยังเหมาะเป็นเครื่องมือในการสนับสนุนการวางแผน การตัดสินใจ และการจัดการปัญหาเชิงพื้นที่ที่ซับซ้อนดังเช่นงานวิจัยเรื่อง Using Geographic Information Systems (GIS) For Spatial Planning and Environmental Management in India

สรุป

การวิจัยครั้งนี้เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เข้ากับงานด้านการบริการชุมชน มุ่งอนุรักษ์การประกอบอาชีพของคนในชุมชน โดยจัดเก็บข้อมูลของสมาชิกสหกรณ์บริการปลาสลิดบางบ่อ จำกัด ตำบลคลองด่าน อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ และต่อไปในอนาคตจะขยายการจัดเก็บข้อมูลเพิ่มขึ้น เพื่อรองรับศูนย์การเรียนรู้และแปรรูปปลาสลิดของกลุ่มจังหวัดภาคกลางตอนกลาง ในพื้นที่ตำบลคลองด่าน อำเภอบางบ่อ ที่ทางจังหวัดสมุทรปราการได้จัดสร้างขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณเอนก สุขสำราญ นายกองค์การบริหารส่วนตำบลคลองด่าน คุณณรงค์เดช วงศ์ประเสริฐ รองนายกองค์การบริหารส่วนตำบลคลองด่าน และคุณปรีชา สมานมิตร สมาชิกสหกรณ์บริการปลาสลิดบางบ่อ จำกัด เป็นอย่างยิ่ง

การวิจัยนี้เป็นหนึ่งในชุดโครงการวิจัยนวัตกรรมพัฒนาพื้นที่เพื่อเพิ่มมูลค่าของห่วงโซ่เศรษฐกิจปลาสลิดบางบ่อตามยุทธศาสตร์ส่งเสริมสินค้าเกษตรปลอดภัยเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมจังหวัดสมุทรปราการสนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

เอกสารอ้างอิง

1. สำนักงานคลังจังหวัดสมุทรปราการ. รายงานประมาณการเศรษฐกิจจังหวัดสมุทรปราการปี 2561 (ไตรมาสที่ 4/2561). สมุทรปราการ: สำนักงานคลังจังหวัดสมุทรปราการ ศาลากลางจังหวัดสมุทรปราการ; ธันวาคม 2561. สำนักงานคลังจังหวัดสมุทรปราการ
2. เยาวภา ไหวพริบ และคณะ. การเพิ่มศักยภาพการเพาะเลี้ยง และการพัฒนาคุณภาพมาตรฐานความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ปลาสลิด [โครงการวิจัย]. กรุงเทพฯ: สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน); 2560.
3. จินตนา อมรสงวนสิน. ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน. JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT [อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ. [เข้าถึงเมื่อ 30 มี.ค. 2562]; 3(2). เข้าถึงได้จาก: https://www.tci-thaijo.org/index.php/JEM/article/view/31993
4. กลุ่มงานยุทธศาสตร์การพัฒนาจังหวัด สำนักงานจังหวัดสมุทรปราการ. แผนพัฒนาจังหวัดสมุทรปราการ 4 ปี (พ.ศ. 2561-2564). สมุทรปราการ: กลุ่มงานยุทธศาสตร์และข้อมูลเพื่อการพัฒนาจังหวัด; 2561. กลุ่มงานยุทธศาสตร์และข้อมูลเพื่อการพัฒนาจังหวัด สำนักงานจังหวัดสมุทรปราการ
5. สุวณิช ชัยนาค และคณะ. การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ในการจัดทำฐานข้อมูลการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจังหวัดภูเก็ต [อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำนักหอสมุด; 2556 [เข้าถึงเมื่อ 30 มี.ค. 2562]. เข้าถึงได้จาก: http://newtdc.thailis.or.th/docview.aspx?tdcid=157095
6. Ana Simão, Paul J. Densham and Mordechai (Muki) Haklay. Web-based GIS for collaborative planning and public participation: An application to the strategic planning of wind farm sites. Journal of Environmental Management. 2009; Vol 90, Issue 6: pp. 2027–2040.
7. Martin J. Bunch, T. Vasantha Kumaran and R. Joseph. Using Geographic Information Systems (GIS) For Spatial Planning and Environmental Management in India. International Journal of Applied Science and Technology. 2012. Vol 2, No 2: pp. 40-54.

[AS-P10] โครมาโทรกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงแบบหลายความยาวคลื่น สำหรับการวิเคราะห์กรดซิตริก กรดเบนโซอิก และ กรดซอร์บิก ในน้ำส้มคั้น

Multi Wavelength - High Performance Liquid Chromatography for Analysis of Citric Acid, Benzoic acid and Sorbic acid in Orange Juices

ประสิทธิ์ ปุระชาติ*
Prasit Purachat*
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: tonooo@windowslive.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการหาสภาวะที่เหมาะสมของวิธีโครมาโทรกราฟฟีของเหลวสมรรถนะสูงแบบหลายความยาวคลื่น สำหรับหาปริมาณกรดซิตริก กรดเบนโซอิก และ กรดซอร์บิก ในตัวอย่างน้ำส้มคั้น โดยใช้คอลัมน์ชนิด C18 และตัวตรวจวัดแบบโฟโต้ไดโอดอาร์เรย์ จากการศึกษาพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์กรดซิตริก กรดเบนโซอิก และกรดซอร์บิก ที่ความยาวคลื่น 190, 230 และ 240 นาโนเมตร ตามลำดับอย่างต่อเนื่อง ตัวเคลื่อนที่ที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ คือ แอมโมเนียมอะซิเตรตบัฟเฟอร์ ที่ค่าความเป็นกรด 4.5 กับ อะซิโตไนไตร์ อัตราส่วน 60 : 40 (ต่อปริมาตร) ที่อัตราการไหล 0.8 มิลลิลิตรต่อนาที พบ กรดซิตริก กรดเบนโซอิก และ กรดซอร์บิก ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 3.6, 4.6 และ 5.0 นาที ตามลำดับ และมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 4,102.44, 45.57 และ 52.77 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จากความสามารถของเทคนิคพบว่า ค่าร้อยละการนำกลับของกรดซิตริก กรดเบนโซอิก และ กรดซอร์บิก เท่ากับ, 82.3 92.6 และ 103.52 ตามลำดับ ขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัดกรดซิตริก กรดเบนโซอิก และ กรดซอร์บิก เท่ากับ 1,243.26, 101.79 และ 60.48 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

คำสำคัญ: *กรดซิตริก กรดเบนโซอิก กรดซอร์บิก น้ำส้มคั้น โครมาโทรกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงแบบหลายความยาวคลื่น*

Abstract

The purpose of this research was to determine the optimum condition of Multi Wavelength - High Performance Liquid Chromatography for the analysis of citric acid, benzoic acid and sorbic acid in orange juice samples by using C-18 column and photodiode array detector. From this study, it was found that the optimum wavelength of 190, 230 and 240 nm. were selected for simultaneous determination of citric acid, benzoic acid and sorbic acid, respectively. The optimum mobile phase was pH 4.5 ammonium acetate buffer with acetonitrile (60:40 v/v) at a flow rate of 0.8 mL/min. It was found that the retention time of citric acid, benzoic acid and sorbic acid were 7.1, 9.2 และ 9.9 min, respectively. The average concentration of citric acid, benzoic acid and sorbic acid in orange juice samples were 4,102.44, 45.57 and 52.77 mg/L, respectively. The percentage recoveries of citric acid, benzoic acid and sorbic acid were 82.30, 92.60 and 103.52, respectively. The limit of detection (LOD) for citric acid, benzoic acid and sorbic acid was found to be 1,243.26, 101.79 and 60.48 mg/L, respectively.

Keywords: *citric acid, benzoic acid, sorbic acid, orange juice, Multi-Wavelength High Performance Liquid Chromatography*

บทนำ

น้ำผลไม้สำเร็จรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมจากคนทุกเพศทุกวัย ไม่ว่าจะเป็นวัยเด็ก หนุ่มสาว หรือ วัยชรา เพราะเนื่องจากประเทศไทยมีอากาการร้อนเครื่องดื่มน้ำผลไม้จะช่วยเพิ่มความสดชื่นให้กับร่างกาย โดยการดื่มน้ำผลไม้ที่มีรสเปรี้ยวจะช่วยทำให้ร่างกายรู้สึกสดชื่นมากขึ้น นอกจากนี้ยังได้รับประโยชน์อีกมากมายจากการดื่มน้ำผลไม้ เช่น วิตามินซี วิตามินเอ และอื่น ๆ อีกมากมายตามชนิดของผลไม้นั้น ๆ ในการผลิตน้ำผลไม้นอกจากจะต้องคำนึงถึงคุณค่าทางโภชนาการแล้ว ความน่ารับประทานจะเป็นที่น่าจูงใจผู้บริโภคอีกด้วย จึงมีการเติมสารบางอย่างเพื่อปรับปรุงรสชาติ กลิ่น และสี รวมทั้ง หรือ เพื่อยืดอายุของผลิตภัณฑ์อีกด้วย ทำให้การตลาดเกิดการแข่งขันโดยการลดต้นทุนการผลิตละเพิ่มมูลค่ากำไร โดยการลดปริมาณน้ำผลไม้ลง แต่ใช้สารเคมีเพื่อปรุงแต่งรสชาติ สี และกลิ่นมากขึ้น การปรุงแต่งรสชาติของน้ำผลไม้โดยใช้สารเคมีในปริมาณที่มากเกินไปจะส่งผลต่อสุขภาพของผู้บริโภค[1]

น้ำส้มคั้นเป็นน้ำผลไม้ที่คนไทยคุ้นเคยกันดี เพราะน้ำส้มคั้นจะมีรสชาติเปรี้ยวนิดหวานหน่อย จึงนิยมนำมาดื่มเพื่อคลายร้อน นอกจากจะช่วยคลายร้อนแล้วน้ำส้มยังมีประโยชน์อีกหลายอย่าง เช่น มีวิตามินซีสูง ช่วยให้ผิวสุขภาพดี บำรุงสายตา จึงทำให้น้ำส้มคั้นเป็นที่นิยมของคนไทย ด้วยความนิยมที่เพิ่มมากขึ้นจึงทำให้น้ำส้มคั้นจึงมีขายมากขึ้นจากแหล่งผลิต และกรรมวิธีการผลิตที่แตกต่างกันน้ำส้มคั้น 100% มีต้นทุนการผลิตที่สูง ส่งผลให้ผู้ผลิตลดต้นทุนในการผลิตโดยการปรับแต่งรสชาติ สี และการยืดอายุของเครื่องดื่มโดยการผสมสารเคมีลงไป การเติมสารเคมีลงไปในน้ำส้มคั้นในปริมาณที่พระราชบัญญัติอาหารกำหนด จะไม่เกิดปัญหาต่อผู้บริโภค แต่ถ้าปริมาณที่เติมลงไปมากเกินกว่าที่กำหนดไว้อาจส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้บริโภค ได้แก่ สารให้รสเปรี้ยว (sour) เช่น กรดซิตริก เป็นสารอินทรีย์ เป็นกรดอ่อนที่ใช้ในการปรุงแต่งอาหารและน้ำผลไม้เพื่อให้ได้รสชาติ ที่เปรี้ยวถ้าหากรับประทานซิตริก ในขนาดที่มากเกินไป จะทำให้มีอาการ ปวดท้อง คลื่นไส้ ท้องเดิน และ สารกันบูด (preservatives) เช่น กรดซอร์บิก เป็นวัตถุเจือปนอาหารที่อยู่ในกลุ่มซอร์เบต (sorbate) ที่ใช้เป็นสารกันเสีย ป้องกันการเจริญของยีสต์ (yeast), รา (mold) และแบคทีเรีย (bacteria) กรดซอร์บิก มีค่า pKa ประมาณ 4.8 ใช้ได้ดีกับอาหารที่เป็นกรด และอาหารที่ปรับให้เป็นกรด เช่น น้ำผลไม้ (fruit juice) ผัก และผลไม้ดอง กรดซอร์บิกอาจใช้ร่วมกับเกลือเบนโซเอตในเครื่องดื่มน้ำผลไม้ และผลิตภัณฑ์ผลไม้ หรือ ใช้ร่วมกับสารละลายเกลือแกงเข้มข้น ร้อยละ 8 จะเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของกรดซอร์บิกได้ประมาณ 3-5 เท่าในประเทศไทยอนุญาตให้ใช้ปริมาณ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และกรดเบนโซอิก เป็นสารถนอมอาหารหรือสารกันบูด ถ้าได้รับปริมาณเบนโซอิกในปริมาณมากเกินไป จะทำให้เกิดอาการอาเจียน ปวดท้อง ท้องเสีย เลือดตกใน อัมพาต และยังพบว่า ถ้าใช้สารนี้กับเด็กสมาธิสั้นเกิน 6 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม จะทำให้เสียชีวิตได้ ประเทศไทยอนุญาตให้ใช้ปริมาณ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม[2]

การวิเคราะห์สารปรุงแต่งในเครื่องดื่ม เช่น กรดเบนโซอิก กรดซอร์บิก กรดเอสคอร์บิก กรดซิตริก แอสพาแทม คาเฟอีน และซักคารีน ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงเป็นที่นิยมกันมาก[3-10] นอกจากนี้ยังได้มีการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์แบบต่อเนื่องโดยใช้หลายความยาวคลื่น โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นที่ดีที่สุดเฉพาะสารแต่ละชนิด ซึ่งจะทำให้ผลการวิเคราะห์มีประสิทธิดีขึ้นกว่าแบบใช้ความยาวคลื่นเดียว[11] แต่การวิเคราะห์กรดซิตริก กรดเบนโซอิก และกรดซอร์บิกอย่างต่อเนื่องในเครื่องดื่มโดยใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงแบบหลายความยาวคลื่น ยังไม่ปรากฏให้เห็นมากนัก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์หาปริมาณ กรดซิตริก กรดเบนโซอิก และ กรดซอร์บิก ในตัวอย่างน้ำส้มคั้น โดยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงแบบหลายความยาวคลื่น ที่สะดวก รวดเร็ว และมีความแม่นยำสูง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. เครื่องมือ
    1) เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High performance liquid chromatography, HPLC ประกอบด้วย คอลัมน์: C18 ขนาด 250 x 4.1 mm id, เครื่องตรวจวัดแบบการดูดกลืนแสงชนิดโฟโต้ไดโอดอาร์เรย์

2) อ่างกำจัดแก๊สด้วยคลื่นความถี่สูง (ultrasonic bath)

3) เครื่องวัดความเป็นกรด-เบส (pH-meter)

4) เครื่องปั่นเหวี่ยง (centrifuge)

2. สารเคมี

1) สารมาตรฐานกรดซอร์บิก (sorbic acid: $C_6H_8O_2$)

2) สารมาตรฐานกรดเบนโซอิก (benzoic acid: C_6H_5COOH)

3) สารมาตรฐานกรดซิตริก (citric acid: $C_6H_{10}O_8$)

4) อะซิโตไนไตรล์ (acetonitrile: CH_3CN)

5) เมทานอล (Methanol: CH_3OH)

6) แอมโมเนียมอะซิเตต (ammonium acetate: $NH_4CH_3CO_2$)

7) กรดฟอสฟอริก (phosphoric acid: $H_3PO_{4)}$

8) โพแทสเซียมไดรไฮโดรเจนฟอสเฟส (potassium dihydrogen phosphate: KH_2PO_4),

9) กรดอะซิตริก (acetic acid: CH_3COOH)

10) น้ำปราศจากอิออนความบริสุทธิ์สูง (ultrapure water)

3. การเก็บและการเตรียมสารตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างน้ำส้มคั้นที่ผลิต และวางขาย ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี จำนวน 7 ตัวอย่าง นำมาปั่นเหวี่ยง ความเร็ว 5,000 รอบ/นาที ใช้เวลา 10 นาที นำมากรองผ่านเมมเบน ขนาดรูพรุน 0.45 µm นำมากำจัดแก๊สด้วยเครื่อง ultrasonic bath เป็นเวลา 10 นาที แล้วใส่ลงขวด vial เพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป

4. การหาสภาวะที่เหมาะสมของเครื่อง HPLC

การหาความยาวคลื่นแสงที่เหมาะสม:

นำสารละลายมาตรฐานผสมของกรดซิตริก กรดเบนโซอิก และ กรดซอร์บิกเข้มข้น 100, 100 และ 1,000 mg/L ตามลำดับ ปริมาตร 20 µL ฉีดเข้าระบบโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง ซึ่งประกอบด้วยคอลัมน์ C18 แล้วทำการบันทึกโครมาโทรแกรมที่ความยาวคลื่น 190-800 nm เพื่อเลือกความยาวคลื่นที่เหมาะสมสำหรับกรดซอร์บิก กรดเบนโซอิก และกรดซิตริก

การหาชนิดของตัวเคลื่อนที่เหมาะสม:

นำสารละลายมาตรฐานผสมของกรดซิตริก กรดเบนโซอิก และ กรดซอร์บิกเข้มข้น 100, 100 และ 1,000 mg/L ตามลำดับปริมาตร 20 µL ฉีดเข้าระบบโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง ซึ่งประกอบด้วยคอลัมน์ C18 โดยมีตัวเคลื่อนที่ที่ต้องการศึกษา มีอัตราการไหล 1.0 mL/min แล้วทำการบันทึกโครมาโทแกรม

การหาอัตราการไหลที่เหมาะสม:

นำสารละลายมาตรฐานผสมของกรดซิตริก กรดเบนโซอิก และ กรดซอร์บิกเข้มข้น 100, 100 และ 1,000 mg/L ตามลำดับ ปริมาตร 20 µL ฉีดเข้าระบบโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง ซึ่งประกอบด้วยคอลัมน์ C18 โดยมีตัวเคลื่อนที่ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม ที่อัตราการไหล 0.5 , 0.8 และ 1.0 mL/min แล้วทำการบันทึกโครมาโทแกรม ที่ความยาวคลื่นที่เหมาะสม

5. การศึกษาความแม่น ความเที่ยง และขีดจำกัดของการตรวจวัด

การศึกษาความแม่น (accuracy):

ใช้วิธีการหาค่าร้อยละการนำกลับ (%recovery) โดยการเติมสารละลายมาตรฐานของกรดซิตริก กรดเบนโซอิก และกรดซอร์บิกที่ทราบความเข้มข้น ผสมกับสารตัวอย่างที่ทราบความเข้มข้น ในอัตราส่วน 1:1 แล้วทำการวิเคราะห์ปริมาณสารมาตรฐานที่เติม

การศึกษาความเที่ยงของวิธีวิเคราะห์ (precision):

โดยการหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%relative standard deviation)

การศึกษาขีดจำกัดของการตรวจวัด (Limit of detection, LOD):

โดยฉีดสารละลายแบลงค์เข้าสู่ระบบโครมาโทกราฟฟีของเหลวสมรรถนะสูง โดยใช้สภาวะเดียวกับการวิเคราะห์ตัวอย่าง จำนวน 5 ครั้ง แล้วคำนวณ LOD = $mean_{blank}$ + 3SD

6. การสร้างกราฟมาตรฐาน

สร้างกราฟมาตรฐานของกรดซิตริก กรดเบนโซอิก และ กรดซอร์บิกโดยการเตรียมสารละลายกรดซอร์บิก และกรดเบนโซอิก ที่ความเข้มข้น 0-50 mg/L และกรดซิตริก ที่ความเข้มข้น 0-5000 mg/L นำไปฉีดเข้าระบบโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงภายใต้สภาวะที่เหมาะสม วัดพื้นที่ใต้พีค และสร้างกราฟมาตรฐานของกรดซอร์บิก กรดเบนโซอิก และกรดซิตริก

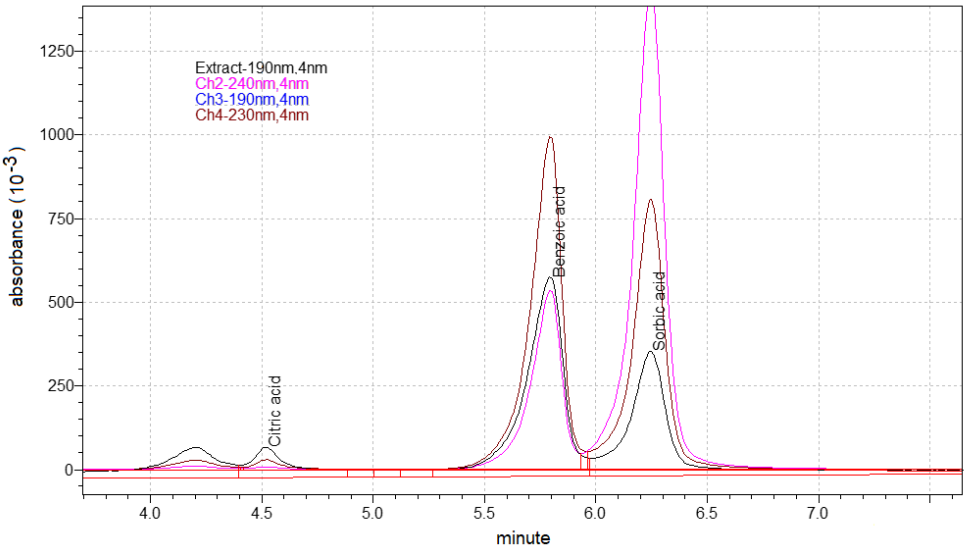
7. การวิเคราะห์กรดซิตริก กรดเบนโซอิก และ กรดซอร์บิกในตัวอย่างน้ำส้มคั้น

น้ำส้มคั่นตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการเตรียมแล้ว ฉีดเข้าระบบโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงภายใต้สภาวะที่เหมาะสม นำพื้นที่ใต้พีคไปเทียบกับกราฟมาตรฐาน เพื่อคำนวณหาความเข้มข้นกรดซิตริก กรดเบนโซอิก และกรดซอร์บิก

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการหาความยาวคลื่นแสงที่เหมาะสม

โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานผสมของกรดเบนโซอิก กรดซอร์บิก ความเข้มข้น 100 mg/L และกรดซิตริก ความเข้มข้น 1,000 mg/L ปริมาตร 20 µL โดยมีตัวเคลื่อนที่เป็นอะซิโตไนไตรล์ กับ แอมโมเนียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ pH 4.5 ในอัตราส่วน 40 : 60 มีอัตราการไหล 0.8 mL/min พบว่า ที่ความยาวคลื่นที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์หากรดซิตริก กรดเบนโซอิก และกรดซอร์บิก ได้แก่ 190, 230 และ 240 nm ตามลำดับ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 โครมาโทแกรมของกรดซิตริก กรดเบนโซอิก และกรดซอร์บิก ที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ

จากโครมาโทรแกรม จะเห็นว่าที่ความยาวคลื่นที่ 190 nm จะปรากฏพีคของกรดซิตริกสูงที่สุด ในขณะที่พีคของกรดเบนโซอิก ปรากฏพีคสูงสุดที่ 230 nm และกรดซอร์บิก ปรากฏพีคสูงสุดที่ความยาวคลื่นที่ 240 nm ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ความยาวคลื่นที่ 190, 230 และ 240 nm สำหรับการวิเคราะห์หากรดซิตริก กรดเบนโซอิก และกรดซอร์บิก อย่างต่อเนื่องซึ่งจะให้ผลการวิเคราะห์ดีกว่าการใช้เครื่องตรวจวัดแบบความยาวคลื่นเดียว

2. ผลการหาชนิดของตัวเคลื่อนที่เหมาะสม

นำสารละลายมาตรฐานผสมของกรดเบนโซอิก, กรดซอร์บิก ความเข้มข้น 100 mg/L และกรดซิตริกความเข้มข้น 1000 mg/L ปริมาตร 20 µL ฉีดเข้าระบบโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง ซึ่งประกอบด้วยคอลัมน์ C18 โดยมีตัวเคลื่อนที่ที่ต้องการศึกษา คือ

1) 40% เมทานอล : 60% อะซิโตไนไตรล์ และฟอสเฟสบัฟเฟอร์ pH 2.5 ในอัตราส่วน 30:70 มีอัตราการไหล 1.0 mL/min
2) อะซิโตไนไตรล์ และฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH 2.3) ในอัตราส่วน 30 : 70 มีอัตราการไหล 1.0 mL/min
3) แอมโมเนียมอะซิเตต บัฟเฟอร์ pH 4.5 และ อะซิโตไนไตรล์ ในอัตราส่วน 60 : 40 มีอัตราการไหล 1.0 mL/min

พบว่า แอมโมเนียมอะซิเตต บัฟเฟอร์ pH 4.5 และอะซิโตไนไตรล์ ในอัตราส่วน 60 : 40 เป็นตัวเคลื่อนที่ที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจาก ได้ค่า resolution เป็น 2.5 ซึ่งมีค่ามากที่สุด และ run time ที่ 5.03 นาที เป็นเวลาที่น้อยที่สุด

3. ผลการหาอัตราการไหลที่เหมาะสม

นำสารละลายมาตรฐานผสมของ กรดเบนโซอิก, กรดซอร์บิก เข้มข้น 100 mg/L และ กรดซิตริก เข้มข้น 1,000 mg/L. ปริมาตร 20 µL ฉีดเข้าระบบโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง ซึ่งประกอบด้วยคอลัมน์ C18 โดยมีตัวเคลื่อนที่ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม คือ 40% อะซิโตไนไตรล์ และ 60% แอมโมเนียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ pH 4.5 ที่อัตราการไหล 0.5, 0.8 และ 1.0 mL/min ตามลำดับ พบว่า อัตราการไหลที่เหมาะสม ได้แก่ 0.8 mL/min เนื่องจากได้ค่า resolution = 3.0 ซึ่งมีค่ามากที่สุด และ run time ที่สั้นเพียง 6.2 นาที เท่านั้น

4. ผลการหาค่าร้อยละของการนำกลับของกรดซอร์บิก กรดเบนโซอิก และกรดซิตริก

การเติมสารละลายมาตรฐานผสมของกรดซอร์บิก กรดเบนโซอิก และกรดซิตริก เข้มข้น 100, 100 และ 1,000 mg/L ตามลำดับ ลงไปในสารตัวอย่างแล้วทำการวิเคราะห์หาปริมาณที่แท้จริงของกรดซอร์บิก กรดเบนโซอิก และกรดซิตริก ที่เติมลงไป แล้วคำนวณค่าร้อยละการนำกลับ ปรากฏว่า ค่าร้อยละการนำกลับของกรดซิตริก กรดเบนโซอิก และ กรดซอร์บิก เท่ากับ ,82.30, 92.60 และ 103.52 ตามลำดับ

5. ผลการศึกษาค่าความเที่ยงของการตรวจวัด

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) ของการวิเคราะห์ โดยทำการฉีดสารละลายมาตรฐานผสมของกรดซอร์บิก กรดเบนโซอิก เข้มข้น 100 mg/L และกรดซิตริก เข้มข้น 1000 mg/L จำนวน 5 ครั้ง ได้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของกรดซอร์บิก กรดเบนโซอิก 20.42, 30.99 และ 28.06 ตามลำดับ

6. ผลการศึกษาขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัด

การศึกษาขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัดวิธีวิเคราะห์ โดยนำสารละลาย blank (ตัวเคลื่อนที่) ฉีดเข้าระบบโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง บันทึกโครมาโทรแกรม และนำพื้นที่ใต้กราฟมาคำนวณหาความเข้มข้น แล้วคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัด (LOD) ได้ขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัดกรดซิตริก กรดเบนโซอิก และ กรดซอร์บิก เท่ากับ 1,243.26, 101.79 และ 60.48 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

7. ผลการสร้างกราฟมาตรฐาน

จากการฉีดสารละลายมาตรฐานของกรดซอร์บิก และกรดเบนโซอิก ที่ความเข้มข้น 20, 40, 60, 80 และ 100 mg/L และกรดซิตริก ที่ความเข้มข้น 1,000, 2,000, 3,000, 4,000 และ 5,000 mg/L ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม ของเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง แล้วสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้น กับ ค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้พีค (peak area) ปรากฏว่า ได้สมการกราฟเส้นตรง ดังนี้

กรดซิตริก : $Y = 1059.4X - 76{,}1215$, $r^2 = 0.9874$

กรดเบนโซอิก : $Y = 89{,}857X + 112{,}991$, $r^2 = 0.9993$

กรดซอร์บิก : $Y = 129{,}629X - 105{,}100$, $r^2 = 0.9990$

เมื่อ Y = พื้นที่ใต้พีค, X = ความเข้มข้น (mg/L)

8. การวิเคราะห์ปริมาณกรดซอร์บิก กรดเบนโซอิก และกรดซิตริก ในตัวอย่างน้ำส้มคั้น

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำส้มคั้น 7 ตัวอย่าง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการหาปริมาณกรดซอร์บิก กรดเบนโซอิก และกรดซิตริก ในตัวอย่างน้ำส้มคั้น

จุดที่เก็บตัวอย่าง	ชนิดของสารที่วิเคราะห์	ปริมาณที่พบเฉลี่ย (mg/L)*	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	กรดซอร์บิก	260.22	8.80
	กรดเบนโซอิก	83.67	15.54
	กรดซิตริก	ND	-
2	กรดซอร์บิก	3.2	20.12
	กรดเบนโซอิก	0.0	-
	กรดซิตริก	5,509.64	180.99
3	กรดซอร์บิก	21.06	12.93
	กรดเบนโซอิก	ND	-
	กรดซิตริก	5,370.68	100.76
4	กรดซอร์บิก	16.98	14.60
	กรดเบนโซอิก	33.75	4.82
	กรดซิตริก	1427	23.87
5	กรดซอร์บิก	ND	-
	กรดเบนโซอิก	49.61	1.57
	กรดซิตริก	ND	-
6	กรดซอร์บิก	13.46	1.95
	กรดเบนโซอิก	47.21	0.36
	กรดซิตริก	ND	-
7	กรดซอร์บิก	ND	-
	กรดเบนโซอิก	12.80	3.37
	กรดซิตริก	ND	-

หมายเหตุ * ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

สรุป

1. การกำหนดเอกลักษณ์ของพีค กรดซิตริก กรดเบนโซอิก และ กรดซอร์บิก ที่เวลารีเทนชัน เท่ากับ 3.6, 4.6 และ 5.0 นาที ตามลำดับ

2. สภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ ได้แก่

1) ความยาวคลื่นที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์กรดซิตริก กรดเบนโซอิก และ กรดซอร์บิก ที่ความยาวคลื่น 190, 230และ 240 nm

2) ตัวเคลื่อนที่ที่เหมาะสม ได้แก่ แอมโมเนียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ pH 4.5 และ อะซิโตไนไตรล์ ในอัตราส่วน 60 : 40

3) อัตราการไหลที่เหมาะสม ได้แก่ 0.8 mL/min

3. ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดซอร์บิก กรดเบนโซอิก และกรดซิตริก ในน้ำส้มคั้น พบ ปริมาณเฉลี่ยของกรดซอร์บิก กรดเบนโซอิก และกรดซิตริก เท่ากับ 52.77, 45.57 และ 4102.44 mg/L ตามลำดับ เมื่อนำไปเทียบกับค่ามาตรฐานของกระทรวงสาธารณะสุข ซึ่งกำหนดไว้ว่า กรดซอร์บิกและเบนโซอิกรวมกันต้องไม่เกิน 200 mg/L และกรดซิตริก ต้องไม่เกิน 2000 mg/L ผลการวิเคราะห์ปรากฏว่า กรดซอร์บิกและกรดเบนโซอิก ไม่เกินค่ามาตรฐาน แต่กรดซิตริกมีค่าเกินมาตรฐาน

เอกสารอ้างอิง

1. สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. (2559). การประเมินความเสี่ยงของกรดเบนโซอิกและกรดซอร์บิกในอาหารต่อคนไทย. กรุงเทพมหานคร : วารสารการสาธารณสุข. 2559.
2. กลุ่มกำหนดมาตรฐาน สำนักอาหาร. แนวทางการใช้วัตถุเจือปนอาหารและกฎหมายที่เกี่ยวข้อง ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2556 สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2556.
3. ลัดดา วัฒนศิริธรรม และ กุลวดี ตรองพาณิชน์. การวิเคราะห์กรดเบนโซอิกและซอร์บิกในน้ำมะตูมน้ำกระเจี๊ยบและน้ำหวานเข้มข้น โดยการกลั่นไอน้ำ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2549.
4. สุวรรณี ธีรภาพธรรมกุล. การตรวจวิเคราะห์วัตถุเจือปนในอาหาร กรดซอร์บิก กรดเบนโซอิก และ สีผสมอาหาร ด้วยเทคนิค HPLC. กรุงเทพมหานคร : กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2559.
5. Ene C. P., Diacu E. High performance liquid chromatography method for the determination of benzoic acid in beverages. U.P.B. Sci. Bull., series B, vol. 71, ISS. 4, ISSN 1454-2331:2009
6. Lateef S. S. Analysis of ascorbic acid, citric acid and benzoic acid in orange juice (Publication Number 5990-8720EN). Agilent Application Solution. Bangalore, India. 2011
7. Lee, H. S., Rouseff, R. L., & Fisher, J. F. Determination of food preservatives in orange juice by reversed-phase liquid chromatography. Journal of Food Science, 51(3), 568–570: 1986.
8. Montano, A., S_anchez, A. H., & Rejano, L. Determination of benzoic and sorbic acids in packaged vegetable products. Comparative evaluation of methods. Analyst, 120(10), 2483–2487. 1995.
9. Novakova L., Solich P., Solichova D. HPLC methods for simultaneous determination of ascorbic acid and dehydroascorbic acids. Trends in Analytical Chemistry, 27: 942-958, 2008.
10. Salman, S. L., Analysis of ascorbic acid, citric acid and benzoic acid in orange juice. Agilent Technologies, 1, 1-12: 2011.
11. Mackenzie, R. and Stoa, E. Simultaneous determination of aspartame, benzoic acid, caffeine and saccharin in sugar-free beverages using HPLC. Concordia College Journal of Analytical Chemistry 1, 73-77: 2011.

ขอขอบพระคุณ

ผู้สนับสนุน

การจัดประชุมวิชาการ

meiji

Thai Meiji Pharmaceutical Co., Ltd.


















AD_Analytik Jena.pdf 1 2/12/2018 9:35:32 AM

analytikjena
An Endress+Hauser Company

Analytik Jena Far East (Thailand) Ltd.

Analytik Jena Far East (Thailand) Ltd. is a provider of instruments and products in the areas of analytical measuring technology. Its portfolio includes the most modern analytical technology such as AAS, HR-CS AAS, AFS, ICP-OES, ICP-MS, UV VIS/NIR, sample preparation, TOX/TOC/TN, water determination, elemental analysis of C/N/S/Cl ,determination of antioxidant capacity, Life Science product and high-end optical consumer products.

Analytik Jena Far East (Thailand) Ltd. stands for excellent customer service and support. In addition to equipment installation and testing the analytical functionality of your equipment, we offer comprehensive advice, method development and trainings by our application specialists. Our application specialists are always there to meet your special analytical requirements.

Beyond that, we support you in equipment qualification and validation processes. Thus, compliance with worldwide norms, standards and regulations is guaranteed.















Analytik Jena Far East (Thailand) Ltd.
35 Moo 5, 345 Road, Klongkhoi,
Pakkret, Nonthaburi. 11120 Thailand.
Phone: +66(2) 1062970-72 | Fax: +66(2) 1062973
Call Center +66(0) 99-285-9063 | info@analytik-jena.co.th
Facebook: ajfareastth | **www.analytik-jena.com**

Made in Germany
Technology
Quality
Innovation
analytikjena

SHIMADZU
Excellence in Science

World Class Products Support for Science & Technology

We have been Exclusive Distributor of SHIMADZU Product,
a Reputable Manufacturer of Scientific Instruments
that have been widely used all over the world for over 140 years.
And General Laboratory Equipment & Supplies for
One Stop Shopping of world Class Science & Technology.



UV-1900



LCMS-9030



GCMS-TQ-8050

One Stop Shopping of Shimadzu Human Technology

Analytical Instruments

Spectrophotometric
- UV-VIS Spectrophotometer
- Spectrophotometric
- Atomic Absorption Spectrophotometer
- Inductively Coupled Plasma Spectrometer
- Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer
- Spectrofluorophotometer
- Fourier Transform Infrared Spectrophotometer
- Infrared Microscope

Chromatographic
- High Performance Liquid Chromatograph
- Gas Chromatograph

Mass Spectrometer
- LC-MS/MS
- LC-MS
- LCMS-IT-TOF MS
- GC-MS/MS
- GC-MS

Life Science
- Imaging Mass Microscope
- MALDI TOF(/TOF) Mass Spectrometer
- Microorganism Identification (MALDI TOFMS)
- Microchip Electrophoresis (DNA/RNA Analysis)
- Functional Near-infrared Spectroscopy System For Research

Physical Properties Analyser
- Thermal Analyzer
- Particle Size Analyzer
- Total Organic Carbon Analyzer

Scientific Equipments

Elemental Analysis
- Energy Dispersive X-Ray Fluorescence Spectrometer
- Wavelength Dispersive X-Ray Fluorescence Spectrometer
- Optical Emission Spectrometer

Surface Analysis
- X-Ray Diffractometer
- Scanning Probe Microscope
- Nano Search Microscope
- Electron Probe Micro Analyzer
- X-Ray Photoelectron Spectroscopy

Testing Machines

Testing Machines
- Universal Testing Machine
- Fatigue Testing Machine
- Hardness Tester
- Sample preparation Machine
- Viscosity Tester
- Special Purpose Tester

Consumables

Consumables
- HPLC Columns and Consumables
- Vials and Accessories
- GC Columns and Consumables
- Spectrum Consumables
- Gas Filtration

One Stop Shopping for General Equipments & Supplies

GL Sciences Inc — GL Science: GC & HPLC Column & Accessories; Equipment for VOCs & Positive List

KUDOTA — Centrifuges: Table-top Centrifuge; High Speed Refrigerated Centrifuge

EYELA — Laboratory Equipment: Rotary Evaporators; Low Temperature Circulator

TAITEC — Shaker Technology: Incubator Shaker; Water Bath

Mini-Pump: Environmental Measuring Field

DAICEL — CHIRALPAK® CHIRALCEL® CROWNPAK®: Chiral Stationary Phase

Shodex — Shodex HPLC Column: Sugar Analysis Column; GPC Column

TOKI SANGYO — Viscosity Measurement: Portable Viscometer; Digital Viscometer

BRAUN — Inertgas Technology: Glove Box System; Solvent Purification System

AS ONE — AS ONE: General Lab Equipment; Consumable & Supplies

TSI — TSI: ProRaman-L Benchtop Raman Analyzer; Handheld Raman Analyzer; Portable Raman Analyzer

Vision Engineering — Microscope Technology: Stereo Microscopes; Measuring Microscopes

NMReady — Benchtop NMR Spectrometer: Frequency 60 MHz, 1.34 Tesla; Permanent Magnet, Cryogen Free

LCTech — LCTech: Auto Sample Preparation System; Auto Dioxin Sample Preparation System

Biotage — Biotage: Flash Purification Systems; Automated Solvent Evaporation System; Microwave Synthesizer; Peptide Synthesis and Purification; Walk-up, Walk-away Evaporation System; Cartridge Processing Stations

BARA SCIENTIFIC
Solution of Success

Bara Scientific Co., Ltd.
968 U Chu Liang Building Floor7
Rama 4 Road Silom Bangrak Bangkok 10500 Thailand
Tel : 02-6324300 (auto 20 lines) Fax : 02-6375496-7
www.barascientific.com

Certificate Number : TH15/4737 Certificate Number : TH16/4738 NSC-TISI-TIS 17025

Health



STERILE PROCESSING

ENGINEERING SERVICES

LABORATORY SERVICES

SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

LINEN MANAGEMENT

Living · Healthy · Daily

www.nhealth-asia.com
Call Center: (66) 2762 4000
Fax: (66) 2762 4196

Healthcare Services Solution

Eppendorf CellXpert C 170i – a new family of Eppendorf CO_2 incubators







Individually-controlled heating circuits in every wall (6-sided direct heating) - Fast circulation and mixture of the atmosphere is ensured by powerful natural convection caused by temperature gradients in the heating circuits

Stay flexible for the future: Advanced user interface for easy and complete control over parameter settings, monitoring, and documentation

Safety for your cells:
- Uniform temperature with multiple sensors verified at 27 points (German Norm DIN 12880)
- Fast temperature and CO_2 recovery in less than 5 minutes without overshoot
- Vibration and turbulence protection with fan-less design

Easy cleaning and disinfection: Seamless chamber, easy disassembling

Effective contamination protection: 180 °C High Temperature Disinfection (HTD) with protocol, no internal HEPA-filters



BNK Bioscience Limited





บริษัท โฟร์ดี อี.เอ็ม. จำกัด

ผู้แทนจำหน่าย

หุ่นจำลองทางการศึกษาแพทย์
และพยาบาล จากประเทศญี่ปุ่น
อเมริกา อังกฤษ และเยอรมนี

4Dem

Gaumard · CARDIO Simulator · MEDSIM
KOKEN · axis SCIENTIFIC · Nursing Times
CLA



QR Code

- หุ่นฝึก LAPAROSCOPIC TECHNIQUES
- เครื่อง BIOFEEDBACK จากประเทศแคนาดา
- อุปกรณ์และเครื่องมือทางการแพทย์และพยาบาล

โทร: 02 965 0523-7 FAX: 02 965 0528
www.fourd-simulator.com
fourd-simulator

บริษัท โฟร์ดี อี. เอ็ม. จำกัด
39 ซ.กรุงเทพนนท์ 6 ต.บางเขน อ.เมือง จ.นนทบุรี 11000



The 7th Academic Science and Technology Conference

Health Promotion Through Research Integration and Innovation

Student Center, Rangsit University

7 th June 2019

www.astcconference.com