



วารสารวิจัยและพัฒนา
วลัยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

VRU Research and Development Journal // ISSN 2351-0366
Science and Technology

ปีที่ 18 ฉบับที่ 3 (เดือนกันยายน - เดือนธันวาคม 2566)
Volume 18 Number 3 (September- December 2023)



วัตถุประสงค์

1. เพื่อเป็นสื่อกลางในการเผยแพร่ผลงานบทความวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ อาหาร วิทยาศาสตร์การแพทย์และสุขภาพ วิทยาศาสตร์ธรรมชาติ เกษตรศาสตร์ วิทยาศาสตร์ประยุกต์ วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม และเทคโนโลยีสารสนเทศ สู่นักวิจัย นักวิชาการและผู้สนใจทั่วไป
2. เพื่อเผยแพร่ผลงานบทความวิจัย เพื่อการพัฒนาพื้นที่ในระดับจังหวัด กลุ่มจังหวัด ตำบล หมู่บ้าน หรือชุมชน แก่นักวิจัย นักวิชาการและบุคคลทั่วไป ได้เสนองานผลงานวิจัยสู่สาธารณะ
3. เพื่อส่งเสริมความร่วมมือในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ อาหาร วิทยาศาสตร์การแพทย์และสุขภาพ วิทยาศาสตร์ธรรมชาติ เกษตรศาสตร์ วิทยาศาสตร์ประยุกต์ วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม และเทคโนโลยีสารสนเทศ รวมไปถึงประสบการณ์ในการวิจัยระหว่างสถาบัน

เจ้าของ

สถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์

กำหนดออกเผยแพร่

ปีละ 3 ฉบับ

ฉบับที่ 1 (มกราคม – เมษายน)

ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม – สิงหาคม)

ฉบับที่ 3 (กันยายน – ธันวาคม)

คณะที่ปรึกษา

รศ.ดร.สมบัติ คชสิทธิ์

รศ.ดร.อรสา จรุงธรรม

ผศ.ดร.ภคศักดิ์ กัลยาณมิตร

บรรณาธิการ

ผศ.ดร.บุญนุษ นิลแสง

รองบรรณาธิการ

ผศ.กุลชาติ พันธะกุล

คณะผู้จัดทำวารสารและเผยแพร่

ผศ.ดร.วีระวัฒน์ อุ๋นแสนหา

อ.ดร.มนฤดี ช่างฉำ

นางวารุณี จันทพิง

น.ส.ปรียา ยอดจันทร์

นายชูศักดิ์ ชันธชาติ

กองบรรณาธิการ

- | | |
|---------------------------------|--|
| 1. ศ.ดร.สมจิตต์ สุพรรณทัศน์ | มหาวิทยาลัยมหิดล |
| 2. รศ.ดร.ธีระชัย ธนานันต์ | มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| 3. รศ.ดร.สุทธิพันธุ์ แก้วสมพงษ์ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 4. รศ.ดร.ปรัชญนันท์ นิลสุข | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
| 5. รศ.ดร.ชูลิทธิ์ ประดับเพชร | มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา |
| 6. รศ.ดร.ดวงใจ บุญกุล | มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี |
| 7. รศ.ดร.เจษฎา มิ่งฉาย | มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ |

ติดต่อสอบถามรายละเอียดได้ที่

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
เลขที่ 1 หมู่ 20 ถนนพหลโยธิน กม.48 ปนจ.ประตูน้ำพระอินทร์
ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 13180
โทรศัพท์/โทรสาร 0 2909 3036
E-mail: rdi_journalsci@vru.ac.th
Website: <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/vrurdistjournal/>

โรงพิมพ์

ศูนย์เรียนรู้การผลิตและจัดการธุรกิจสิ่งพิมพ์ดิจิทัล
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
เลขที่ 1 หมู่ 20 ถนนพหลโยธิน กม.48 ปนจ.ประตูน้ำพระอินทร์
ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 13180
จำนวน 40 เล่ม

ข้อความและบทความในวารสารนี้
เป็นความคิดเห็นของผู้นิพนธ์โดยเฉพาะ
กองบรรณาธิการไม่มีส่วนรับผิดชอบในเนื้อหา
และข้อคิดเห็นอื่นๆ แต่อย่างใด

วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

VRU Research and Development Journal

Science and Technology

บทบรรณาธิการ

วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นสื่อกลางในการเผยแพร่ผลงานบทความวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สู่นักวิจัยและผู้สนใจทั่วไป และเพื่อส่งเสริมความร่วมมือในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และประสบการณ์ในการวิจัยระหว่างสถาบัน ซึ่งได้รับการประเมินคุณภาพวารสารวิชาการจากศูนย์อ้างอิงดัชนีวารสารไทย (TCI) โดยถูกจัดให้เป็น วารสารกลุ่มที่ 1 สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีกำหนดออกเผยแพร่ ปีละ 3 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 (เดือนมกราคม – เดือนเมษายน) ฉบับที่ 2 (เดือนพฤษภาคม – เดือนสิงหาคม) ฉบับที่ 3 (เดือนกันยายน – เดือนธันวาคม) สำหรับนักวิจัยที่มีความประสงค์จะส่งต้นฉบับเพื่อลงตีพิมพ์ในวารสารวิจัยและพัฒนาฯ สามารถส่งบทความวิจัยดังกล่าวมายังกองบรรณาธิการได้โดยตรง ทั้งนี้บทความวิจัยที่เสนอขอตีพิมพ์จะต้องไม่เคยหรือได้อยู่ในระหว่างขอเสนอลงตีพิมพ์ในวารสารฉบับอื่นมาก่อน ซึ่งบทความวิจัยดังกล่าวจะต้องได้รับการอ่านและประเมินคุณภาพพร้อมได้รับความเห็นชอบให้ตีพิมพ์เผยแพร่จากผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review) ในสาขาวิชานั้น ๆ ที่มาจากหลากหลายสถาบัน ของวารสารวิจัยและพัฒนาฯ จำนวน 3 ท่านก่อนลงตีพิมพ์ โดยผู้ทรงคุณวุฒิไม่ทราบชื่อผู้พิมพ์ และผู้พิมพ์ไม่ทราบชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ (Double-blinded Review) บทความวิจัยที่ได้รับการพิจารณาตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิจัยและพัฒนาฯ ถือเป็นกรรมสิทธิ์ของสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ห้ามนำข้อความทั้งหมดหรือบางส่วนไปพิมพ์ซ้ำ เว้นแต่จะได้รับอนุญาตจากมหาวิทยาลัยเป็นลายลักษณ์อักษรหรือมีการอ้างอิงอย่างถูกต้องชัดเจน โดยเนื้อหาต้นฉบับที่ปรากฏในวารสารวิจัยและพัฒนาฯ เป็นความรับผิดชอบของผู้พิมพ์บทความวิจัยเอง ทั้งนี้ไม่รวมความผิดพลาดอันเกิดจากเทคนิคการพิมพ์

ปัจจุบันวารสารวิจัยและพัฒนาฯ ปีที่ 18 ฉบับที่ 3 (เดือนกันยายน – เดือนธันวาคม 2566) ฉบับนี้ได้รับรวบรวมบทความวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 12 เรื่อง เผยแพร่ผ่าน 3 ช่องทาง ได้แก่ การจัดพิมพ์เป็นรูปเล่มวารสาร การเผยแพร่ออนไลน์ผ่านทางเว็บไซต์ <http://rd.vru.ac.th> และเว็บไซต์ <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/vrurdistjournal/>

สุดท้ายนี้ ทางกองบรรณาธิการ ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้การสนับสนุนและส่งผลงานบทความวิจัยเข้าร่วมลงตีพิมพ์ในวารสารวิจัยและพัฒนาฯ อย่างดีตลอดมา

บรรณาธิการ

สารบัญ

	หน้า
ความสัมพันธ์ระหว่างแบบแผนความเชื่อทางด้านสุขภาพและการเข้ารับวัคซีนเข็มกระตุ้นเพื่อป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ของประชาชนในจังหวัดชัยภูมิ	1
เดชาวัตร ครองสมบัติ ปกกมล เหล่ารักษาวงษ์ นาฏนภา ทิพย์แก้ว ปัตติสาสุวรรณ	
การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปัสติลจากแป้งลูกเดี๋ย	17
สินีนารถ สุขทนารักษ์ ศรีัญญา วอชวา	
การศึกษาผลกระทบด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมจากสถานที่กำจัดมูลฝอย กรณีศึกษา: สถานที่กำจัดมูลฝอยองค์การบริหารส่วนตำบลนาพุ อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดอุดรธานี	29
อมรรัตน์ ศรีอ่อนแสง ฤทธิรงค์ จังโกฏี สุทิน ชนะบุญ นัฐชานนท์ เขาราช	
การจำลองระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อมุ่งสู่เป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอนของอาคารในมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต	43
ประยุทธ์ ฤทธิเดช ศุภรัชชัย วรรัตน์ อำนาจ ผดุงศิลป์	
การพัฒนากระบวนการผลิตบ้องแฉ่วหม้อเพื่อยกระดับคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษา	57
นภาพันธุ์ โชคอำนวยพร	
การออกแบบและพัฒนาส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งานสำหรับคัดกรองโรคหอบหืดระยะรุนแรง	73
หลังเคลื่อน	
ภักศจิกรณ์ ชันทอง กชกร เจตนิย ปกรณ์ กัลป์ตี สุภารัตน์ สุขโท สุรศักดิ์ สุขสาย	
การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมหินฟองทองจากแป้งข้าวหอมมะลิเสริมผงอัลมอนต์	89
วรรัตน์ สานนท์	
ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดของโรคโควิด-19 ของผู้สูงอายุในอำเภอมือง จังหวัดปทุมธานี	105
อัษฎาวุฒิ โยธาสุภาพ	
การพัฒนาแผ่นขึ้นไม้ตัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยมชนิดเพื่อสร้างรายได้ให้ชุมชนท้องถิ่นและส่งเสริมแนวคิดขยะเหลือศูนย์	121
กิตติพันธ์ บุญโตสิตรทะกุล ปราโมทย์ วีรานุกุล อธิธิ พลิตศิริ กิตติพงษ์ สุวิโร	
การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์จำนวนนักศึกษาแรกเข้า คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์	137
คชินทร์ โภกนุทาภรณ์	
การผลิตขนมขบเคี้ยวเสริมผงแคลเซียมเสริมกระดูกปลาแซลมอนโดยกระบวนการเอ็กซ์ทราซัน	151
ภาพิมล ประจักษ์พันธ์ ลลิตา ปานแก้ว รังสิตา จันทรหอม	
การศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพ-เคมีของผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวโดยใช้เห็ดนางฟ้าทดแทนเนื้อปลาเพื่อเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระ	165
นิตยา ภูงาม สุภารัตน์ สุการี ศุภลักษณ์ เกตุตากแดด วีรเวทย์ อุทโธ	
เจนจิรา พากวาลัย ฌัญวลินคล เศรษฐปราโมทย์	

ความสัมพันธ์ระหว่างแบบแผนความเชื่อทางด้านสุขภาพและการเข้ารับวัคซีนเข็มกระตุ้น เพื่อป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ของประชาชนในจังหวัดชัยภูมิ

เดชาวัต ครองสมบัติ¹ ปกมล เหล่ารักษาวงษ์^{2*} นาฏนา ทิพย์แก้ว ปิตาสุวรรณ์³

Received : May 27, 2023

Revised : September 2, 2023

Accepted : September 8, 2023

บทคัดย่อ

แบบแผนความเชื่อทางด้านสุขภาพ (Health Belief Model; HBM) เป็นทฤษฎีทางจิตวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจของบุคคลที่แสวงหาแนวทางเพื่อปฏิบัติตามคำแนะนำและปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพแบบองค์รวมให้เป็นไปในทิศทางที่ดีและเหมาะสมซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในปัจจุบันที่มีการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ซึ่งทำให้ประชาชนเจ็บป่วยและเสียชีวิตเพิ่มมากขึ้น การรับวัคซีนเข็มกระตุ้นสามารถลดความรุนแรงและการเสียชีวิตจากโรคโควิด-19 ได้ แต่พบว่าประชาชนบางกลุ่มยังมีความลังเลใจในการที่จะเข้ารับวัคซีนเข็มกระตุ้น การศึกษานี้เป็นการวิจัยแบบภาคตัดขวางเชิงวิเคราะห์มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) อัตราการรับวัคซีนเข็มกระตุ้นป้องกันโรคติดเชื้อโควิด-19 2) ระดับการรับรู้แบบแผนความเชื่อทางด้านสุขภาพเกี่ยวกับการเข้ารับวัคซีนเข็มกระตุ้น และ 3) ความสัมพันธ์ระหว่าง HBM และการเข้ารับวัคซีนเข็มกระตุ้น กลุ่มตัวอย่างคือ ประชาชนจังหวัดชัยภูมิจำนวน 1,872 ราย โดยใช้การสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม ระหว่างเดือน มกราคม ถึง เมษายน 2566 และวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนาและการวิเคราะห์การถดถอยลอจิสติกอย่างง่าย

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีอัตราการรับวัคซีนเข็มกระตุ้น ร้อยละ 91.24 และการรับรู้ความเชื่อทางด้านสุขภาพโดยรวม อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}$ = 112.99, S.D = 14.80) เมื่อจำแนกรายด้านพบว่า ด้านการรับรู้โอกาสเสี่ยง ($\bar{X}$ = 20.20, S.D = 4.00) และการรับรู้ความสามารถของตนเอง ($\bar{X}$ = 11.15, S.D = 2.28) อยู่ในระดับมาก ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเข้ารับวัคซีนเข็มกระตุ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ การรับรู้โอกาสเสี่ยงของการติดเชื้อ (OR = 2.11, 95%CI = 1.08-4.12, p-value = 0.028) การรับรู้ประโยชน์ (OR = 3.64, 95%CI = 2.04-6.48, p-value < 0.001) และการรับรู้ความสามารถของตนเอง (OR = 3.38, 95%CI = 1.91-6.00, p-value < 0.001) การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า หน่วยงานภาครัฐควรสร้างแนวทางและพัฒนาช่องทางการสื่อสารเพื่อให้ประชาชนรับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับวัคซีนเข็มกระตุ้นภูมิคุ้มกันโรคโควิด-19 เพื่อป้องกันการติดเชื้อและความรุนแรง

คำสำคัญ: การรับรู้ แบบแผนความเชื่อทางด้านสุขภาพ โรคโควิด-19 วัคซีนเข็มกระตุ้น

¹ นักศึกษาหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

อีเมล: deachawat.k@kku.ac.th

² อาจารย์ประจำหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

อีเมล: pokkla@kku.ac.th

³ อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาการส่งเสริมสุขภาพ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

อีเมล: natnpa@kku.ac.th

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: pokkla@kku.ac.th

THE ASSOCIATIONS BETWEEN THE HEALTH BELIEF MODEL AND UPTAKE OF BOOSTER VACCINATION AGAINST CORONAVIRUS 2019 INFECTION AMONG THE POPULATION IN CHAIYAPHUM PROVINCE

Deachawat Kongsombat¹ Pokkamol Laoraksawong^{2*} Natnapa Heebkaew Padchasuwan³

Abstract

The Health Belief Model (HBM) is a psychological theory related to individuals' decision-making processes in seeking guidance and making positive and appropriate changes in their overall health behavior. It has been widely used, particularly during the current COVID-19 pandemic, where the increase in morbidity and mortality rates emphasizes the need for effective health behavior changes. Vaccination is considered the most effective way to reduce the severity and mortality rates of COVID-19. However, some groups of people are still hesitant to receive the vaccine. This cross-sectional study aimed to investigate: 1) the rate of booster vaccination against coronavirus 2019, 2) the level of the Health Belief Model in relation to booster vaccination, and 3) the relationship between the Health Belief Model and booster vaccination behavior. The study was conducted among a sample population of 1,872 individuals in Chaiyaphum province using multi-stage sampling. Data were collected through questionnaires from January to April 2023 and analyzed using descriptive and simple logistic regression statistics.

The study found that the vaccination rate was 91.24%, and the overall health belief level was at a moderate level ($\bar{X} = 112.99$; S.D = 14.80). In the HBM classification, perceived susceptibility ($\bar{X} = 20.20$; S.D = 4.00) and self-efficacy ($\bar{X} = 11.15$; S.D = 2.28) were found to be at a high level. Perceived susceptibility to infection (OR = 2.11, 95%CI = 1.08-4.12, p-value = 0.028), the perception of benefits (OR = 3.64, 95%CI = 2.04-6.48, p-value < 0.001), and self-efficacy (OR = 3.38, 95%CI = 1.91-6.00, p-value < 0.001) were statistically significant factors influencing booster vaccination behavior. This study suggests that government agencies should create and develop communication channels focusing on the factors of the Health Belief Model to provide information about COVID-19 vaccination to prevent the spread of the virus.

Keywords: Perception, Health belief model, Covid-19, Booster vaccination

¹ Student of the Master of Public Health Program, Faculty of Public Health, Khon Kaen University,
e-mail: deachawat.k@kkumail.com

² Lecturer of Department of Master of Public Health, Faculty of Public Health, Khon Kaen University,
e-mail: pokkla@kku.ac.th

³ Lecturer of Department of Health Promotion, Faculty of Public Health, Khon Kaen University,
e-mail: natnpa@kku.ac.th

* Corresponding author, e-mail: pokkla@kku.ac.th

บทนำ

แบบแผนความเชื่อทางด้านสุขภาพ เป็นแนวคิดในการศึกษาพฤติกรรมสุขภาพเพื่อหลีกเลี่ยงการเป็นโรค ซึ่งบุคคลนั้นจะต้องมีความเชื่อว่าตนเองจะมีโอกาสเสี่ยงต่อการเป็นโรค และโรคที่เป็นนั้นจะมีความรุนแรงต่อชีวิต เมื่อปฏิบัติพฤติกรรมสำหรับการป้องกันโรคแล้วจะก่อให้เกิดผลดีช่วยลดโอกาสเสี่ยงในการเกิดโรคไม่เป็นอุปสรรคต่อการปฏิบัติของตนเอง รวมถึงมีความสามารถในการดูแลตนเอง โดยมีปัจจัยต่าง ๆ เป็นสิ่งกระตุ้นในการปฏิบัติเพื่อป้องกันโรค (Becker, 1977) ซึ่งแบบแผนความเชื่อทางด้านสุขภาพเคยถูกนำมาใช้ในการป้องกันโรคมาเร็งเต้านม โดยดำเนินการจัดกิจกรรมการณรงค์ให้ความรู้และค้นหาวิธีการลดความเสี่ยงของโรค เพื่อเสริมสร้างการรับรู้และความตระหนักต่อสุขภาพในการป้องกันโรคของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Delpech & Haynes-Smith, 2015) และจากปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบันคือ การแพร่ระบาดของโรคเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ทำให้มีอัตราป่วยและอัตราเสียชีวิตเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลกระทบต่อระบบต่าง ๆ ของสังคม โดยเฉพาะระบบสาธารณสุข ซึ่งมีสาเหตุมาจากประชาชนขาดการรับรู้และความตระหนักในการป้องกันโรค ดังนั้นจึงมีการนำแบบแผนความเชื่อทางสุขภาพมาประยุกต์ในการสร้างแนวทางหรือส่งเสริมการรับรู้ในด้านต่าง ๆ และความตระหนักของประชาชนเพื่อป้องกันตนเองและผู้อื่นจากโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ได้

โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 หรือโรคโควิด 2019 เป็นโรคอุบัติใหม่ มีสาเหตุมาจากเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ SARS-CoV-2 ซึ่งติดต่อโดยการสัมผัสสิ่งคัดหลั่งต่าง ๆ ของผู้ป่วยเช่น น้ำลาย น้ำมูกที่เกิดจากการไอ จามจึงทำให้เกิดการกระจายได้อย่างรวดเร็ว (Chen et al., 2020) หากติดเชื้อจะมีการไข้ ไอ เจ็บคอ ปวดศีรษะ ท้องเสีย หายใจลำบาก และอาจรุนแรงถึงขั้นเสียชีวิต (Wang et al., 2022) โดยเฉพาะกลุ่มผู้สูงอายุและผู้มีโรคประจำตัวเป็นกลุ่มเสี่ยงที่จะมีอาการรุนแรง (กรมการแพทย์, 2565) ปัจจุบันมีการแพร่ระบาดของโรคโควิด 2019 ไปทั่วโลก ซึ่งมีอัตราป่วย เท่ากับ 229,571 รายต่อแสนประชากร และมีอัตราการตายอย่างหยاب 2,076 รายต่อแสนประชากร (World Health Organization, 2023) สำหรับจังหวัดชัยภูมิ พบอัตราป่วยด้วยโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 จำนวน 2,888 รายต่อแสนประชากร และอัตราตายอย่างหยاب 6.58 รายต่อแสนประชากร (สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดชัยภูมิ, 2565) จากสถานการณ์ดังกล่าวนอกจากส่งผลกระทบต่อสุขภาพแล้วยังส่งผลกระทบต่อภาวะเศรษฐกิจและสังคม เนื่องจากการใช้มาตรการลดการแพร่กระจายของโรคตามคำแนะนำขององค์การอนามัยโลก (World Health Organization, 2022a) จึงทำให้ธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับการเดินทางหรือการท่องเที่ยวต้องหยุดชะงัก ส่งผลต่อรายได้ คุณภาพชีวิต เกิดภาวะเครียด และผลกระทบด้านอื่น ๆ มากมาย ทั้งนี้มาตรการดังกล่าวเป็นเพียงวิธีการป้องกันและลดการแพร่เชื้อเท่านั้น แต่ยังไม่ครอบคลุมถึงการลดความรุนแรงของโรคหรือลดการเสียชีวิต เหมือนกับการรับวัคซีนป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019

สถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ในประเทศไทย รัฐบาลได้จัดตั้งศูนย์บริหารสถานการณ์โควิด-19 เพื่อดำเนินงาน ติดตาม และควบคุมสถานการณ์การระบาดของโรค และดำเนินงานตามคำแนะนำขององค์การอนามัยโลกอย่างต่อเนื่อง โดยกระทรวงสาธารณสุข นำวัคซีนป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 เข้ามาฉีดให้กับประชาชน เพื่อเสริมสร้างภูมิคุ้มโรค ซึ่งพบว่าประชาชนเข้ารับวัคซีนจำนวน 2 เข็ม ร้อยละ 75.39 (ข้อมูล ณ มิถุนายน 2565) (กรมควบคุมโรค, 2565) ถึงแม้การรับวัคซีนครอบคลุมจำนวน 2 เข็มช่วยลดความรุนแรงของโรคได้ แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไประดับภูมิคุ้มกันต่อเชื้อไวรัสในร่างกายลดลงตามระยะเวลาที่ผ่านไป ด้วย ดังนั้น ศูนย์บริหารสถานการณ์โควิด-19 จึงมีคำแนะนำให้ฉีดวัคซีนกระตุ้นเข็มที่ 3 (Bar-On et al., 2021) เพื่อเพิ่มภูมิคุ้มกัน ลดอัตราการเสียชีวิต และความรุนแรงของโรคให้แก่ประชาชนชาวไทย (Juno & Wheatley, 2021) ซึ่งพบว่าประเทศไทยมีอัตราการเข้ารับวัคซีนกระตุ้นเข็มที่ 3 เพียงร้อยละ 47.8 ซึ่งต่ำกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ร้อยละ 80 (World Health Organization, 2022b) สำหรับจังหวัดชัยภูมิ

คณะกรรมการโรคติดต่อจึงได้ปรับเปลี่ยนกลยุทธ์ในการจัดการบริหารวัคซีนโดยเปลี่ยนมาใช้วัคซีนชนิดเอ็มอาร์เอ็นเอเพื่อกระตุ้นภูมิคุ้มกันแก่ประชาชน เนื่องจากการรับวัคซีนครบ 2 เข็มเมื่อระยะเวลาผ่านไปภูมิคุ้มกันลดลง จำเป็นต้องรับการกระตุ้นเพิ่ม (อุดม ลิขิตวรรณวุฒิ, 2564) โดยพบว่า การรับวัคซีนเข็มกระตุ้นของประชาชนจังหวัดชัยภูมิ มีเพียงร้อยละ 32.0 (สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดชัยภูมิ, 2565) ซึ่งอาจมีหลายสาเหตุที่เกี่ยวข้องที่ยังไม่มีความชัดเจนเกี่ยวกับการไม่ยอมเข้ารับวัคซีนเข็มกระตุ้นของประชาชน ดังนั้นผู้วิจัยจึงศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแบบแผนความเชื่อทางด้านสุขภาพและการรับวัคซีนเข็มกระตุ้นป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ของประชาชน จังหวัดชัยภูมิ เพื่อให้ทราบข้อมูลหรือปัจจัยพื้นฐานที่จะสามารถนำมาพัฒนาแนวทางสำหรับการปรับเปลี่ยนทัศนคติและพฤติกรรมในการเข้ารับวัคซีนเข็มกระตุ้นของประชาชนที่ดีขึ้น รวมทั้งสามารถนำข้อมูลที่ได้นำไปพัฒนาและวางแผนนโยบายสำหรับการเข้ารับวัคซีนเข็มกระตุ้นของประชาชนจังหวัดชัยภูมิ และจังหวัดอื่น ๆ ได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาอัตราการรับวัคซีนเข็มกระตุ้นป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ของประชาชนในจังหวัดชัยภูมิ
2. เพื่อศึกษาระดับการรับรู้แบบแผนความเชื่อทางด้านสุขภาพเกี่ยวกับการเข้ารับวัคซีนเข็มกระตุ้นป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ของประชาชน ในจังหวัดชัยภูมิ
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแบบแผนความเชื่อทางด้านสุขภาพกับการเข้ารับวัคซีนเข็มกระตุ้นป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ของประชาชน ในจังหวัดชัยภูมิ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบภาคตัดขวางเชิงวิเคราะห์ (Cross-sectional analytic study) ดำเนินการศึกษาระหว่างช่วงเดือน มกราคม ถึง เมษายน 2566 ซึ่งประชากรในการศึกษาครั้งนี้ คือ ประชากรชาวไทย ที่มีอายุ 18 ปีขึ้นไป มีภูมิลำเนาและอาศัยอยู่ในจังหวัดชัยภูมิเป็นเวลาอย่างน้อย 6 เดือนและมีประวัติการได้รับวัคซีนป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ครบจำนวน 2 เข็ม โดยกลุ่มตัวอย่าง คือ ประชาชนที่อาศัยอยู่ในจังหวัดชัยภูมิ เคยได้รับวัคซีนป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ครบจำนวน 2 เข็ม และไม่มีประวัติการแพ้วัคซีน ซึ่งคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของ Hsieh et al. (1998) กำหนดค่า P เท่ากับ 0.66 (Malik et al., 2020) ได้กลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 1,782 ราย เพื่อป้องกันการสูญหายของข้อมูล ผู้วิจัยจึงทำการเก็บกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ดังนั้นขนาดของกลุ่มตัวอย่างจึงเท่ากับ 1,872 ราย โดยทำการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage sampling) ด้วยวิธีการดังต่อไปนี้ ขั้นตอนที่ 1 การสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified random sampling) โดยการคำนวณสัดส่วนตามอำเภอของจังหวัดชัยภูมิ จำนวน 16 อำเภอ โดยทำการสุ่มเลือกพื้นที่จากจำนวนประชากรที่เข้ารับวัคซีนครบ 2 เข็ม มากกว่าร้อยละ 75 ขั้นตอนที่ 2 การสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified random sampling) เป็นโดยการสุ่มเลือกพื้นที่ระดับตำบลจากจำนวนประชากรที่ได้รับวัคซีนครบเข็มที่ 2 มากกว่าร้อยละ 75 และขั้นตอนที่ 3 ทำการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple random sampling) โดยการจับฉลากจากจำนวนประชากรในแต่ละพื้นที่

2. เครื่องมือและการหาคุณภาพเครื่องมือ

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ แบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการรับวัคซีนเข็มกระตุ้นเพื่อป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ที่ถูกพัฒนามาจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องและพัฒนาจากทฤษฎีแบบแผนความเชื่อทางด้านสุขภาพ (Becker et al., 1977) สำหรับการสร้างแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. แบบสอบถามปัจจัยคุณลักษณะส่วนบุคคล ประกอบด้วยข้อความ 17 ข้อ ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ โรคประจำตัว ลักษณะการพักอาศัย สิทธิการรักษา การได้รับวัคซีน จำนวนสมาชิกในครอบครัว และประวัติการเจ็บป่วยของสมาชิกในครอบครัว ลักษณะคำถามปลายเปิด - ปลายปิด

2. แบบสอบถามเกี่ยวกับแบบแผนความเชื่อทางด้านสุขภาพของประชาชน จังหวัดชัยภูมิ ถูกพัฒนาขึ้นตามแนวคิดทฤษฎีแบบแผนความเชื่อทางด้านสุขภาพของ Becker et al. (1977) ประกอบด้วย 6 ส่วนดังนี้ ส่วนที่ 1 ด้านการรับรู้โอกาสเสี่ยงในการติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 จำนวน 5 ข้อ ส่วนที่ 2 ด้านการรับรู้ความรุนแรงในการติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 จำนวน 5 ข้อ ส่วนที่ 3 ด้านการรับรู้ประโยชน์ในการรับวัคซีนเข็มกระตุ้นป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 จำนวน 5 ข้อ ส่วนที่ 4 ด้านการรับรู้อุปสรรคในการรับวัคซีนเข็มกระตุ้นป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 จำนวน 5 ข้อ ส่วนที่ 5 ด้านการรับรู้ความสามารถของตนเองในการรับวัคซีนเข็มกระตุ้นป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 จำนวน 3 ข้อ และส่วนที่ 6 ปัจจัยกระตุ้นการปฏิบัติ จำนวน 8 ข้อ ซึ่งลักษณะของเครื่องมือเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating scale) 5 ระดับ ตามทฤษฎีของ Likert scale (Jamieson, 2004; Likert, 1932) และลักษณะข้อคำถามที่สร้างขึ้นมีลักษณะข้อความทั้งเชิงบวกและเชิงลบ โดยการให้คะแนนมีรายละเอียดดังนี้ ข้อคำถามเชิงบวก เห็นด้วยอย่างยิ่งให้คะแนนเท่ากับ 5 เห็นด้วยให้คะแนนเท่ากับ 4 ไม่แน่ใจให้คะแนนเท่ากับ 3 ไม่เห็นด้วยให้คะแนนเท่ากับ 2 และไม่เห็นด้วยอย่างยิ่งให้คะแนนเท่ากับ 1 ในกรณีข้อคำถามเชิงลบจะทำการให้ค่าคะแนนตรงข้ามกับการให้ค่าคะแนนเชิงบวก สำหรับการแปลผลระดับแบบแผนความเชื่อทางด้านสุขภาพในภาพรวมแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ตามทฤษฎีของ Best (1977) ได้แก่ ระดับน้อย (31.00 – 72.33 คะแนน) ระดับปานกลาง (72.34 – 113.67 คะแนน) และระดับมาก (113.68 – 155.00 คะแนน) โดยการแปลผลรายด้าน ดังนี้ ด้านการรับรู้โอกาสเสี่ยงด้านการรับรู้ความรุนแรง ด้านการรับรู้ประโยชน์ และด้านการรับรู้อุปสรรค แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับน้อย (5.00 – 11.67 คะแนน) ระดับปานกลาง (11.68 – 18.35 คะแนน) และระดับมาก (18.36 – 25.00 คะแนน) ส่วนด้านการรับรู้ความสามารถของตนเองแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับน้อย (3.00 – 7.00 คะแนน) ระดับปานกลาง (7.01 – 11.00 คะแนน) และระดับมาก (11.01 – 15.00 คะแนน) และปัจจัยกระตุ้นการปฏิบัติแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับน้อย (8.00 – 18.66 คะแนน) ระดับปานกลาง (18.67 – 29.33 คะแนน) และระดับมาก (29.34 – 40.00 คะแนน)

2.2 การหาคุณภาพของเครื่องมือ โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านทำการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจาก คำนำวนค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อ (Index of congruence: IOC) ได้ค่า IOC ภาพรวมอยู่ระหว่าง 0.80 – 1.00 และนำมาปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปทดสอบกับประชาชน จำนวน 30 คน และนำมาวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม ซึ่งมีค่า Cronbach's alpha coefficient ของแบบสอบถามแบบแผนความเชื่อทางด้านสุขภาพ เท่ากับ 0.803

3. วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจะทำการนัดหมายกลุ่มตัวอย่างเพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์การศึกษาเพื่อให้กลุ่มตัวอย่าง ลงนามในใบยินยอมในการเข้าร่วมโครงการ และทำการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามผ่านทีมอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านที่ได้รับการอบรมวิธีการเก็บข้อมูล จำนวน 312 คน เพื่อให้มีความเข้าใจและทักษะในการเก็บข้อมูลไปในทิศทางเดียวกัน โดยอาสาสมัครประจำหมู่บ้าน 1 คน รับผิดชอบเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 6 ราย

4. การพิทักษ์สิทธิของกลุ่มตัวอย่าง

งานวิจัยนี้ได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เลขที่ HE652277 โดยดำเนินการพิทักษ์สิทธิของกลุ่มตัวอย่าง และผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย โดยผู้วิจัยได้อบรมและชี้แจงรายละเอียด อธิบายวัตถุประสงค์ในการศึกษาให้แก่อาสาสมัครรับทราบทุกราย และชี้แจงให้ทราบถึงสิทธิในการตอบรับหรือปฏิเสธการเข้าร่วมวิจัยครั้งนี้ จากนั้นขอความความยินยอมสำหรับการเก็บข้อมูล โดยผู้วิจัยทำการนำเสนอผลการวิจัยในภาพรวมเท่านั้น

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป STATA package version 10.1 (StataCorp LLC, College Station, TX) ซึ่งสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และสถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ การวิเคราะห์การถดถอยลอจิสติกอย่างง่าย (Simple logistic regression analysis) ซึ่งกำหนดความเชื่อมั่น ในการทดสอบทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 70.30 และมีอายุระหว่าง 35 - 59 ปี ร้อยละ 61.43 มีอายุเฉลี่ย (S.D) เท่ากับ 46.66 (13.79) ปี มีสถานภาพสมรส ร้อยละ 67.15 มีระดับการศึกษาในชั้นมัธยมศึกษาและเทียบเท่า ร้อยละ 48.77 ประกอบอาชีพว่างงาน/รับจ้าง/ค้าขาย/แม่บ้าน ร้อยละ 41.51 มีรายได้ต่อเดือนอยู่ในช่วงน้อยกว่าหรือเท่ากับ 8,000 บาท ร้อยละ 51.90 มีรายได้เฉลี่ย (S.D) เท่ากับ 10,542 (10,363.86) บาท นอกจากนี้กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ไม่มีโรคประจำตัว ร้อยละ 78.47 มีสิทธิรักษาบัตรทอง ร้อยละ 62.07 ด้านการพักอาศัย พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่พักอาศัยร่วมกับครอบครัว ร้อยละ 89.85 รวมทั้งสมาชิกในครอบครัวของกลุ่มตัวอย่างมีสมาชิกป่วยด้วยโรคเรื้อรัง ร้อยละ 47.70 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลของประชาชน จังหวัดชัยภูมิ (n = 1,872 ราย)

ข้อมูลลักษณะส่วนบุคคล	จำนวน (ร้อยละ)
เพศ	
ชาย	556 (29.70)
หญิง	1,316 (70.30)
อายุ (ปี)	
18 - 29 ปี	288 (15.38)
30 - 34 ปี	115 (6.14)
35 - 59 ปี	1,150 (61.43)
≥ 60 ปี	319 (17.04)
ระดับการศึกษา	
ไม่ได้รับการศึกษาและประถมศึกษา	548 (29.27)
มัธยมศึกษา/ปวช./ปวส./อนุปริญญา	913 (48.77)
สูงกว่าและเทียบเท่าปริญญาตรี	411 (21.96)
สถานภาพ	
โสด	419 (22.38)
สมรส	1,257 (67.15)
หม้าย/หย่า/แยกกันอยู่	196 (10.47)
อาชีพ	
ว่างงาน/รับจ้าง/ค้าขาย/แม่บ้าน	777 (41.51)
เกษตรกรกรรม	689 (36.81)
งานราชการ/รัฐวิสาหกิจ	406 (21.69)
รายได้ต่อเดือน	
≤ 8,000 บาท	971 (51.90)
8,001 – 15,000 บาท	530 (28.30)
15,001 – 29,999 บาท	253 (13.50)
≥ 30,000 บาท	118 (6.30)
บริเวณที่อยู่อาศัย	
นอกเขตเทศบาลเมือง	679 (36.27)
เขตเทศบาล	1,193 (63.73)
สิทธิการรักษา	
บัตรทอง (30 บาท)	1,162 (62.07)
ประกันสังคม	426 (22.76)
สิทธิข้าราชการ (จ่ายตรง)	284 (15.17)

ตารางที่ 1 ข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลของประชาชน จังหวัดชัยภูมิ (n = 1,872 ราย) (ต่อ)

ข้อมูลลักษณะส่วนบุคคล	จำนวน (ร้อยละ)
โรคประจำตัว	
ไม่มี	1,469 (78.47)
มี	403 (21.53)
ลักษณะการพักอาศัย	
พักอยู่คนเดียว	190 (10.15)
พักอาศัยร่วมกับครอบครัว	1,682 (89.85)
สมาชิกในครอบครัวป่วยด้วยโรคเรื้อรัง	
ไม่ใช่	979 (52.30)
ใช่	893 (47.70)

สำหรับการศึกษาอัตราการวัคซีนเข็มกระตุ้นป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ของประชาชน จังหวัดชัยภูมิ พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีการรับวัคซีนเข็มกระตุ้นป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ร้อยละ 91.24 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 อัตราการรับวัคซีนเข็มกระตุ้นป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ของประชาชน จังหวัดชัยภูมิ (n = 1,872 ราย)

การรับวัคซีนเข็มกระตุ้น	จำนวน (ร้อยละ)
ไม่รับวัคซีนเข็มกระตุ้น	164 (8.76)
รับวัคซีนเข็มกระตุ้น	1,708 (91.24)

ผลการศึกษาระดับการรับรู้แบบแผนความเชื่อทางด้านสุขภาพภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 112.99$, S.D = 14.80) เมื่อจำแนกรายด้าน พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีระดับการรับรู้อยู่ในระดับมาก ได้แก่ การรับรู้โอกาสเสี่ยงของการติดเชื้อ ($\bar{X} = 20.20$, SD = 4.00) และด้านระดับการรับรู้ความสามารถตนเอง เกี่ยวกับการรับวัคซีนเข็มกระตุ้น ($\bar{X} = 11.95$, SD = 2.28) ส่วนด้านการรับรู้ความรุนแรงของการติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ($\bar{X} = 17.65$, SD = 2.99) อยู่ในระดับปานกลาง การรับรู้ประโยชน์เกี่ยวกับการรับวัคซีนเข็มกระตุ้น ($\bar{X} = 17.91$, SD = 3.57) อยู่ในระดับปานกลาง การรับรู้อุปสรรคเกี่ยวกับการรับวัคซีนเข็มกระตุ้น ($\bar{X} = 17.80$, SD = 4.15) อยู่ในระดับปานกลาง และปัจจัยกระตุ้นการปฏิบัติตนในการเข้ารับวัคซีนเข็มกระตุ้น ($\bar{X} = 27.45$, SD = 4.63) อยู่ในระดับปานกลาง ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ระดับการรับรู้แบบแผนความเชื่อทางด้านสุขภาพของประชาชน จังหวัดชัยภูมิ (n = 1,872 ราย)

แบบแผนความเชื่อทางด้านสุขภาพ	$\bar{X}$ (S.D)	แปลผล
การรับรู้โอกาสเสี่ยงของการติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019	20.20 (4.00)	มาก
การรับรู้ความรุนแรงของการติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019	17.65 (2.99)	ปานกลาง
การรับรู้ประโยชน์เกี่ยวกับการรับวัคซีนเข็มกระตุ้น	17.91 (3.57)	ปานกลาง
การรับรู้อุปสรรคเกี่ยวกับการรับวัคซีนเข็มกระตุ้น	17.80 (4.15)	ปานกลาง
การรับรู้ความสามารถของตนเองเกี่ยวกับการรับวัคซีนเข็มกระตุ้น	11.95 (2.28)	มาก
ปัจจัยกระตุ้นการปฏิบัติตนในการเข้ารับวัคซีนเข็มกระตุ้น	27.45 (4.63)	ปานกลาง
ภาพรวม	112.99 (14.80)	ปานกลาง

สำหรับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแบบแผนความเชื่อทางด้านสุขภาพกับการเข้ารับวัคซีนเข็มกระตุ้นเพื่อป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่มีการรับรู้โอกาสเสี่ยงในการติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 อยู่ในระดับมาก มีโอกาสในการเข้ารับวัคซีนเข็มกระตุ้นเป็น 2.11 เท่า ของกลุ่มตัวอย่างที่มีการรับรู้ความเสี่ยงในการติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 อยู่ในระดับน้อย (OR = 2.11, 95%CI = 1.08-4.12, p-value = 0.028) กลุ่มตัวอย่างที่มีการรับรู้ประโยชน์เกี่ยวกับการเข้ารับวัคซีนป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 อยู่ในระดับมาก มีโอกาสในการเข้ารับวัคซีนเข็มกระตุ้นเป็น 3.64 เท่า ของกลุ่มตัวอย่างที่มีการรับรู้ประโยชน์เกี่ยวกับการเข้ารับวัคซีนป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 อยู่ในระดับน้อย (OR = 3.64, 95%CI = 2.04-6.48, p-value < 0.001) และกลุ่มตัวอย่างที่มีการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเข้ารับวัคซีนเข็มกระตุ้นโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 อยู่ในระดับมาก มีโอกาสในการเข้ารับวัคซีนเข็มกระตุ้นเป็น 3.38 เท่า กลุ่มตัวอย่างที่มีการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเข้ารับวัคซีนเข็มกระตุ้นโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 อยู่ในระดับน้อย (OR = 3.38, 95%CI = 1.91-6.00, p-value < 0.001) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแบบแผนความเชื่อทางด้านสุขภาพกับการเข้ารับวัคซีนเข็มกระตุ้นเพื่อป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ของประชาชน จังหวัดชัยภูมิ (n= 1,872 ราย)

ตัวแปร	จำนวน (ร้อยละ)		OR	95%CI	p-value
	ไม่รับวัคซีนเข็ม	รับวัคซีนเข็ม			
	กระตุ้น	กระตุ้น			
แบบแผนความเชื่อทางด้านสุขภาพสุขภาพ					
การรับรู้โอกาสเสี่ยงในการติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019					
อยู่ในระดับน้อย	11 (13.41)	71 (86.59)	Ref		<0.001
อยู่ในระดับปานกลาง	58 (14.57)	340 (85.43)	0.90	0.45-1.81	0.786
อยู่ในระดับมาก	95 (6.82)	1,297 (93.18)	2.11	1.08-4.12	0.028
การรับรู้ความรุนแรงในการติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019					
อยู่ในระดับน้อย	2 (28.57)	5 (71.43)	Ref		0.26
อยู่ในระดับปานกลาง	112 (8.97)	1,137 (91.03)	4.06	0.77-21.17	0.096
อยู่ในระดับมาก	50 (8.12)	566 (91.88)	4.52	0.85-23.93	0.075

ตารางที่ 4 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแบบแผนความเชื่อทางด้านสุขภาพกับการเข้ารับวัคซีนเข็มกระตุ้นเพื่อป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ของประชาชน จังหวัดชัยภูมิ (n = 1,872 ราย) (ต่อ)

ตัวแปร	จำนวน (ร้อยละ)		OR	95%CI	p-value
	ไม่รับวัคซีนเข็มกระตุ้น	รับวัคซีนเข็มกระตุ้น			
การรับรู้ประโยชน์ในการรับวัคซีนเข็มกระตุ้นป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019					
อยู่ในระดับน้อย	19 (19.00)	81 (81.00)	Ref		<0.001
อยู่ในระดับปานกลาง	96 (9.98)	866 (90.02)	2.11	1.23-3.63	0.007
อยู่ในระดับมาก	49 (6.05)	761 (93.95)	3.64	2.04-6.48	<0.001
การรับรู้อุปสรรคในการรับวัคซีนเข็มกระตุ้นป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019					
อยู่ในระดับน้อย	14 (9.40)	135 (90.60)	Ref		0.018
อยู่ในระดับปานกลาง	89 (10.67)	745 (89.33)	0.86	0.47-1.57	0.640
อยู่ในระดับมาก	61 (6.86)	828 (93.14)	1.40	0.76-2.58	0.271
การรับรู้ความสามารถของตนเองในการรับวัคซีนเข็มกระตุ้นป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019					
อยู่ในระดับน้อย	17 (19.77)	69 (80.23)	Ref		<0.001
อยู่ในระดับปานกลาง	58 (12.26)	415 (87.74)	1.76	0.96-3.20	0.063
อยู่ในระดับมาก	89 (6.78)	1,224 (93.22)	3.38	1.91-6.00	<0.001
ปัจจัยกระตุ้นการปฏิบัติ					
อยู่ในระดับน้อย	7 (9.21)	69 (90.79)	Ref		0.110
อยู่ในระดับปานกลาง	106 (9.72)	985 (90.28)	0.94	0.42-2.10	0.885
อยู่ในระดับมาก	51 (7.23)	654 (92.77)	1.30	0.56-2.97	0.533

อภิปรายผล

การศึกษานี้พบว่า จังหวัดชัยภูมิมีอัตราการรับวัคซีนเข็มกระตุ้นร้อยละ 91.24 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับที่เป็นการก่อให้เกิดภูมิคุ้มกันกลุ่ม (Herd immunity) ต่อโรคโควิด-19 (Hess et al., 2022) ซึ่งมีอัตราการรับวัคซีนสูงกว่าการรายงานอัตราการรับวัคซีนของประเทศไทยในช่วงเดือนพฤษภาคม 2564 ที่พบอัตราการรับวัคซีนเพียงร้อยละ 41.8 (Kitro et al, 2021) และการศึกษาในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย (ช่วงเดือนตุลาคม - พฤศจิกายน 2564) พบอัตราการรับวัคซีนเพียง ร้อยละ 53.2 (Seangpraw et al., 2022) เนื่องจากการศึกษานี้ได้ทำการสำรวจในช่วงเดือนมกราคม- เมษายน 2566 ซึ่งรัฐบาลได้ประกาศให้โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาเป็นโรคประจำถิ่น รวมทั้งก่อนหน้านี้รัฐบาลได้ดำเนินนโยบายการส่งเสริมการรับวัคซีนเข็มกระตุ้นของประชาชนทุกคนอย่างต่อเนื่องและประชาสัมพันธ์การเข้ารับวัคซีนเข็มกระตุ้นผ่านช่องทางต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง (กรมควบคุมโรค, 2564) จึงทำให้ประชาชนมีการเข้าถึงสื่อประชาสัมพันธ์ต่าง ๆ เกี่ยวกับการรับรู้เรื่องวัคซีนเข็มกระตุ้นเพื่อป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ของเพิ่มมากขึ้น (ณัฐพร มาอุ่น และ วลัยพร รัตนเศรษฐี, 2565)

การศึกษาครั้งนี้พบว่า แบบแผนความเชื่อทางด้านสุขภาพ มีความสัมพันธ์กับการเข้ารับวัคซีนเข็มกระตุ้นเพื่อป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ของประชาชน จังหวัดชัยภูมิ ซึ่งพบว่ามีความสัมพันธ์เชิงบวกกับหลาย ๆ องค์ประกอบ ได้แก่ การรับรู้โอกาสเสี่ยงจากการติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 การรับรู้ประโยชน์เกี่ยวกับการรับวัคซีนเข็มกระตุ้น และการรับรู้ความสามารถของตนเองในการเข้ารับวัคซีนเข็มกระตุ้น เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Seangpraw et al. (2022) ที่ทำการศึกษากการใช้แบบแผนความเชื่อทางด้านสุขภาพในการทำนายการเข้ารับวัคซีนป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ในประชาชน ภาคเหนือของประเทศไทย ที่รายงานว่าการรับรู้โอกาสเสี่ยงจากการติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 การรับรู้ประโยชน์เกี่ยวกับการรับวัคซีนและความสามารถของตนเองในการเข้ารับวัคซีน รวมทั้งการรับรู้ความรุนแรง ปัจจัยกระตุ้นการปฏิบัติตนในการเข้ารับวัคซีนและพฤติกรรมการป้องกันการติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการเข้ารับวัคซีนป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (Seangpraw et al., 2022) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Mahmud et al. (2021) ที่รายงานว่า กลุ่มตัวอย่างที่มีการรับรู้โอกาสเสี่ยงจากการติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 อยู่ในระดับมาก มีความสัมพันธ์กับการเข้ารับวัคซีนป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 โดยประชาชนส่วนใหญ่เชื่อว่า โอกาสการติดเชื้อจะลดน้อยลงเมื่อได้รับวัคซีน (Mahmud et al., 2021) และจากทฤษฎีแบบแผนความเชื่อและรายงานวิจัยได้กล่าวว่า ความเชื่อต่อการรับรู้โอกาสเสี่ยงของการเป็นโรคมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับพฤติกรรมการปฏิบัติตามคำแนะนำของบุคลากรทางการแพทย์หรือผู้ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเมื่อบุคคลรับรู้ว่ามีโอกาสเสี่ยงต่อการเจ็บป่วยหรือเป็นโรคจึงมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการปฏิบัติพฤติกรรมเพื่อป้องกันต่อการเจ็บป่วยหรือการเกิดโรค (Heinzelmann, 1962; Elling et al., 1960) และยังสอดคล้องกับการศึกษาในประเทศอิสราเอล ที่พบว่า ประชาชนที่มีการรับรู้ประโยชน์เกี่ยวกับการรับวัคซีน และปัจจัยกระตุ้นการปฏิบัติตนในการเข้ารับวัคซีน อยู่ในระดับมาก มีอัตราการเข้ารับวัคซีนที่สูงกว่ากลุ่มที่มีการรับรู้ประโยชน์และปัจจัยกระตุ้นการปฏิบัติตน อยู่ในระดับน้อย เนื่องจากประชาชนรับรู้ได้ว่า วัคซีนสามารถลดความเสี่ยงในการติดเชื้อและลดความรุนแรงของโรค จึงทำให้ประชาชนปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการรับวัคซีนเพิ่มมากขึ้น (Shmueli, 2021; Rosenstock, Strecher & Becker, 1988)

การศึกษาครั้งนี้ พบว่า แบบแผนความเชื่อทางด้านสุขภาพ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการเข้ารับวัคซีนเข็มกระตุ้นเพื่อป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ของประชาชน จังหวัดชัยภูมิ เป็นอย่างมาก แต่การศึกษานี้เป็นการศึกษาแบบภาคตัดขวางและทำการศึกษาอยู่ในช่วงที่รัฐบาลได้ประกาศให้โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาเป็นโรคประจำถิ่น และรัฐบาลมีการรณรงค์เพื่อกระตุ้นการเข้ารับวัคซีนเข็มกระตุ้นเข็มที่ 3 หรือเข็มที่ 4 ของประชาชนผ่านช่องทางต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะกลุ่มที่มีโรคประจำตัวที่ต้องเข้ารับวัคซีนเข็มกระตุ้นทุก 3 เดือน หรือ 6 เดือน เพื่อเพิ่มภูมิคุ้มกันในการป้องกันการติดเชื้อและลดความรุนแรงที่อาจเกิดขึ้นได้ จึงทำให้การศึกษานี้มีอัตราการเข้ารับวัคซีนเข็มกระตุ้นอยู่ในระดับสูงเฉพาะพื้นที่จังหวัดชัยภูมิ ดังนั้นในการศึกษาครั้งหน้า ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในพื้นที่อื่น ๆ ร่วมด้วยและควรมีการศึกษาติดตามความตั้งใจในการฉีดวัคซีน

เข็มกระตุ้นเพื่อป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 เนื่องจากในปัจจุบันมีการแพร่ระบาดของเชื้อโคโรนา 2019 สายพันธุ์ใหม่ที่พบว่าอัตราการแพร่ระบาดเพิ่มขึ้นร้อยละ 50 (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2566)

การศึกษาในครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่า การรับรู้โอกาสเสี่ยงจากการติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 การรับรู้ประโยชน์เกี่ยวกับการรับวัคซีนเข็มกระตุ้น และความสามารถของตนเองในการเข้ารับวัคซีนเข็มกระตุ้น มีความสัมพันธ์กับการเข้ารับวัคซีนเข็มกระตุ้นเพื่อป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ของประชาชน จังหวัดชัยภูมิ ซึ่งจากข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้สำหรับการพัฒนาโยบายสุขภาพหรือแนวทางส่งเสริมให้ประชาชนเข้ารับวัคซีนเข็มกระตุ้น โดยเฉพาะประชาชนกลุ่มเสี่ยง ซึ่งเป็นกลุ่มที่เฝ้าระวัง

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

การศึกษานี้ควรสื่อสารและประชาสัมพันธ์ข้อมูลแก่ประชาชน โดยเน้นข้อมูลดังต่อไปนี้

- 1) การรับรู้โอกาสเสี่ยงต่อการติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 เช่น การเดินทางไปในสถานที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อหรือพฤติกรรมที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อหรือโรคประจำตัวที่มีโอกาสเกิดความเสี่ยงเมื่อได้รับเชื้อ เป็นต้น
- 2) การรับรู้ประโยชน์ของวัคซีนเข็มกระตุ้น เช่น วัคซีนช่วยลดความเสี่ยงและช่วยลดภาวะแทรกซ้อนของโรค เป็นต้น
- 3) การรับรู้อุปสรรคในการเข้ารับวัคซีนเข็มกระตุ้น เช่น ค่าใช้จ่ายในการรับวัคซีน อาการข้างเคียงของการรับวัคซีน เป็นต้น และ
- 4) การรับรู้ความสามารถของตนเองในการเข้ารับวัคซีนเข็มกระตุ้น ได้แก่ วิธีการดูแลตนเองหลังจากได้รับวัคซีน การรับรู้ถึงสิทธิในการเข้ารับบริการ เป็นต้น ซึ่งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องพัฒนาช่องทางการสื่อสารที่เหมาะสมและสามารถสื่อสารถึงประชาชนทุกกลุ่มได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ข้อเสนอในการศึกษาครั้งต่อไป

ควรมีการศึกษาการรับวัคซีนเข็มกระตุ้นเพื่อป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ในพื้นที่อื่น ๆ เพิ่มเติมร่วมด้วย นอกจากนี้ควรมีการศึกษาปัจจัยอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น พฤติกรรมการป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ความสนใจในการเข้ารับวัคซีนเข็มกระตุ้น และทำการควบคุมปัจจัยกวนต่าง ๆ (Confounding factor) โดยใช้สถิติถดถอยโลจิสติกพหุคูณ (Multiple logistic regression analysis) เพื่อยืนยันว่าปัจจัยนั้นมีความสัมพันธ์กันอย่างแท้จริง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนายแพทย์สาธารณสุขจังหวัดชัยภูมิ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดชัยภูมิ สำนักงานสาธารณสุขอำเภอทุกอำเภอ ศูนย์ควบคุมโรคติดต่ออำเภอเมืองชัยภูมิ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลทุกแห่ง และอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน ในจังหวัดชัยภูมิ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมการแพทย์. (2565). แนวทางเวชปฏิบัติ วินิจฉัย การรักษา และการป้องกันโรคติดเชื้อในโรงพยาบาล กรณีโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019. สืบค้นจาก https://covid19.dms.go.th/backend/Content/Content_File/Content_File/Covid_Health/Attach/25650518154445PM_CPG_COVID_19_v.23_n_20220518.pdf.
- กรมควบคุมโรค. (2564). แนวทางการให้วัคซีนโควิด-2019 ในสถานการณ์ระบาดปีของประเทศไทย. สืบค้นจาก <https://ddc.moph.go.th/uploads/files/1729520210301021023.pdf>
- กรมควบคุมโรค. (2565). สถิติและรายงานจำนวนผู้ป่วยโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ของประเทศไทย. สืบค้นจาก <https://ddc.moph.go.th/covid19dashboard/dashboard/main>.
- กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. (2566). สถานการณ์การเฝ้าระวังสายพันธุ์โควิด 19 และสายพันธุ์ที่เฝ้าติดตามในประเทศไทย. สืบค้นจาก <https://www3.dmsc.moph.go.th/post-view/1878>.
- ณัฐพร มาอุ่น, และวลัยพร รัตนเศรษฐ. (2565). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการเข้าถึงการรับความช่วยเหลือในนโยบายฉีดวัคซีนของกลุ่มผู้สูงอายุ ในเขตเทศบาลนครนนทบุรี. วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยบัณฑิตย, 10(3), 420-429.
- สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดชัยภูมิ (2565). ข้อมูลผู้ป่วยและวัคซีนเกี่ยวกับโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019. สืบค้นจาก <https://datastudio.google.com/u/0/reporting/0f9f7f4-07b8-42b0-bf67-fe8ebc65a0fa/page/z9qlC>.
- อุดม ลิขิตวรรณวุฒิ. (2564). ข้อโต้เถียงเกี่ยวกับการฉีดวัคซีน (โควิด) กระตุ้น. สืบค้นจาก <http://www.tncathai.org/images/NCAB/ncab-article119.pdf>.
- Bar-On, Y. M., Goldberg, Y., Mandel, M., Bodenheimer, O., Freedman, L., Kalkstein, N., ... & Huppert, A. (2021). Protection of BNT162b2 vaccine booster against Covid-19 in Israel. *New England Journal of Medicine*, 385(15), 1393-1400.
- Becker, M. H., Maiman, L. A., Kirscht, J. P., Haefner, D. P., & Drachman, R. H. (1977). The health belief model and prediction of dietary compliance: A field experiment. *Journal of Health and Social Behavior*, 18(4), 348-366.
- Best, J. W. (1977). *Research in Education*. (3rd Ed). Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- Chen, H., Li, X., Gao, J., Liu, X., Mao, Y., Wang, R., ... & Dai, J. (2021). Health belief model perspective on the control of COVID-19 vaccine hesitancy and the promotion of vaccination in China: web-based cross-sectional study. *Journal of Medical Internet Research*, 23(9), e29329.

- Delpech, P. A., & Haynes-Smith, G. (2015). Breast self-examination and health beliefs in Grenadian women. **Cancer Nursing**, 38(5), E54-E59.
- Elling, R., Whittemore, R., & Green, M. (1960). Patient participation in a pediatric program. **Journal of Health and Human Behavior**, 1(3), 183-191.
- Heinzelmann, F. (1962). Factors in prophylaxis behavior in treating rheumatic fever: An exploratory study. **Journal of Health and Human Behavior**, 3(2), 73-81.
- Hess, S., Lancsar, E., Mariel, P., Meyerhoff, J., Song, F., Van den Broek-Altenburg, E., ... & Zuidgeest, M. H. (2022). The path towards herd immunity: Predicting COVID-19 vaccination uptake through results from a stated choice study across six continents. **Social Science & Medicine**, 298, 114800.
- Hsieh, F. Y., Bloch, D. A., & Larsen, M. D. (1998). A simple method of sample size calculation for linear and logistic regression. **Statistics in Medicine**, 17(14), 1623-1634.
- Jamieson, S., (2004). Likert scales: How to (ab)use them. **Medical Education**, 38(12), 1217- 1218.
- Juno, J. A., & Wheatley, A. K. (2021). Boosting immunity to COVID-19 vaccines. **Nature-Medicine**, 27(11), 1874-1875.
- Kitro, A., Sirikul, W., Piankusol, C., Rirermsoonthorn, P., Seesen, M., Wangsan, K., ... & Sapbamrer, R. (2021). Acceptance, attitude, and factors affecting the intention to accept COVID-19 vaccine among Thai people and expatriates living in Thailand. **Vaccine**, 39(52), 7554-7561.
- Likert, R.A. (1932). Technique for the measurement of attitudes. **Archives of Psychology**, 140, 1-55.
- Malik, A. A., McFadden, S. M., Elharake, J., & Omer, S. B. (2020). Determinants of COVID-19 vaccine acceptance in the US. **EClinicalMedicine**, 26, 100495.
- Mahmud, I., Kabir, R., Rahman, M. A., Alradie-Mohamed, A., Vinnakota, D., & Al-Mohaimeed, A. (2021). The health belief model predicts intention to receive the COVID-19 vaccine in Saudi Arabia: results from a cross-sectional survey. **Vaccines**, 9(8), 864.
- Rosenstock, I. M., Strecher, V. J., & Becker, M. H. (1988). Social learning theory and the health belief model. **Health Education Quarterly**, 15(2), 175-183.

- Seangpraw, K., Pothisa, T., Boonyathee, S., Ong-Artborirak, P., Tonchay, P., Kantow, S., ... & Choowanthanapakorn, M. (2022). Using the Health Belief Model to Predict Vaccination Intention Among COVID-19 Unvaccinated People in Thai Communities. **Frontiers in Medicine**, 9, 1-9.
- Shmueli, L. (2021). Predicting intention to receive COVID-19 vaccine among the general population using the health belief model and the theory of planned behavior model. **BMC Public Health**, 21(1), 1-13.
- Wang, Y., Duan, L., Li, M., Wang, J., Yang, J., Song, C., ... & Xu, J. (2022). COVID-19 Vaccine Hesitancy and Associated Factors among Diabetes Patients: A Cross-Sectional Survey in Changzhi, Shanxi, China. **Vaccines**, 10(1), 129.
- World Health Organization. (2022a). **Situation Dashboard**. Retrieved from <https://covid19.who.int/measures>.
- World Health Organization. (2022b). **WHO Coronavirus Vaccine Dashboard**. Retrieved from <https://covid19.who.int/?mapFilter=vaccinations>.
- World Health Organization. (2023). **WHO Coronavirus Dashboard**. Retrieved from <https://covid19.who.int/mapFilter/cases>.

การพัฒนามลิตภัณฑ์บิสกิตจากแป้งลูกเดี๋ย

สินีนาก สุขชนารักษ์^{1*} ศรีญญา วอชวา²

Received : January 4, 2023

Revised : September 1, 2023

Accepted : September 8, 2023

บทคัดย่อ

การพัฒนามลิตภัณฑ์บิสกิตจากแป้งลูกเดี๋ยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนการใช้แป้งลูกเดี๋ยทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บิสกิตทั้งหมด 5 อัตราส่วน ได้แก่ อัตราส่วนส่วนระหว่างแป้งสาลีต่อแป้งลูกเดี๋ยที่ 100:0 (ชุดควบคุม), 75:25, 50:50, 25:75 และ 0:100 โดยน้ำหนัก จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า แป้งลูกเดี๋ยสามารถทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บิสกิตได้สูงสุด คือ อัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งลูกเดี๋ยที่ 50:50 ซึ่งคะแนนความชอบในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมไม่มีความแตกต่างกับบิสกิตที่มีอัตราส่วนระหว่างแป้งสาลีต่อแป้งลูกเดี๋ยที่ 100:0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่คะแนนการยอมรับทางด้านเนื้อสัมผัส พบว่าอัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งลูกเดี๋ยที่ 50:50 มีความแตกต่างกับบิสกิตที่มีอัตราส่วนระหว่างแป้งสาลีต่อแป้งลูกเดี๋ยที่ 100:0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) จากนั้นนำผลิตภัณฑ์บิสกิตทุกอัตราส่วนไปวัดค่าสีและเนื้อสัมผัส (Hardness) พบว่า เมื่อปริมาณแป้งลูกเดี๋ยเพิ่มขึ้น จะส่งผลค่าความสว่าง (L^*) และค่า Hardness โดยมีแนวโน้มลดลง บิสกิตมีสีคล้ำขึ้น และมีค่าความแข็งลดลง ซึ่งอัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งลูกเดี๋ยที่ 50:50 บิสกิตจะมีความกรอบและไม่แข็งเกินไป

คำสำคัญ: บิสกิต แป้งลูกเดี๋ย แป้งสาลี

¹ อาจารย์หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
อีเมล: sineenart@vru.ac.th

² อาจารย์สาขาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
อีเมล: saranyaworwhwa@gmail.com

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: sineenart@vru.ac.th

PRODUCT DEVELOPMENT OF BISCUIT USING ADLAY FLOUR

Sineenart Suktanarak^{1*} Saranya Workhwa²**Abstract**

The purpose of this study was to explore the effects of substituting wheat flour with adlay flour in biscuit products at five different ratios by weight (100:0, 75:25, 50:50, 25:75, and 0:100). The results of sensory evaluations indicated that most panelists preferred the ratio of wheat flour to adlay flour at 50:50. There were no significant differences ($p>0.05$) in terms of appearance, color, smell, taste, and overall liking between the ratios of wheat flour and adlay flour at 50:50 and 100:0. However, regarding texture, the scores from sensory evaluations showed significant differences ($p\leq 0.05$) between the ratios of wheat flour and adlay flour at 50:50 and 0:100. Subsequently, biscuits with the five different ratios of wheat flour and adlay flour were analyzed to determine color and texture (hardness). The results indicated that a higher proportion of adlay flour led to changes in the color and hardness of the biscuit product. The biscuits became darker in color and exhibited decreased hardness. The biscuits made with a 50:50 ratio of wheat flour to adlay flour were found to be crispy with a texture that is not overly hard.

Keywords: Biscuit, Adlay flour, Wheat flour

¹ Lecturer of Home Economics program, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, e-mail: sineenart@vru.ac.th

² Lecturer of Program in Food Technology and Nutrition, Faculty of Technology, Udonthani Rajabhat, e-mail: saranyaworwhwa@gmail.com

* Corresponding author, e-mail: sineenart@vru.ac.th

บทนำ

บิสกิต (Biscuit) มาจากภาษาละติน “Panis Biscotus” ที่แปลว่าการอบสองครั้ง มีต้นกำเนิดมาจากผู้คนสมัยโบราณที่ต้องเดินทางไกล จึงต้องมีวิธีการถนอมอาหารเพื่อเก็บไว้รับประทานได้ในระหว่างการเดินทาง จึงนำขนมปังไปอบซ้ำสองครั้งเพื่อให้ขนมปังแห้งและเก็บได้นานขึ้น ซึ่งส่วนผสมของบิสกิตจะประกอบไปด้วยแป้งสาลีกับน้ำมาวนวดให้เข้ากัน ต่อมาได้เพิ่มเนยและน้ำตาลไปผสมกับแป้งและน้ำด้วย เพื่อเพิ่มมูลค่ากลายเป็นคุกกี้ในเวลาต่อมา (นภัสรพี เหลืองสกุล และสวามินี นวลแขกกุล, 2559) ซึ่งบิสกิตมีนิยามว่า ขนมอบกรอบที่มีแป้งสาลีหรือแป้งสาลีผสมแป้งชนิดอื่น รวมทั้งมีไขมัน และวัตถุที่ทำให้ขึ้นฟูเป็นส่วนประกอบหลัก ผสมกับส่วนประกอบอื่น เช่น น้ำตาล นม หรือผลไม้แห้ง โดยอาจปรุงแต่งกลิ่นรส แล้วนำมาผสมกัน ขึ้นรูป อบและบรรจุในภาชนะบรรจุปิดสนิท โดยลักษณะเนื้อสัมผัสของบิสกิตที่ดี จะต้องมีความกรอบ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2563) บิสกิตเป็นที่นิยมรับประทานกันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะเด็กเล็กก็สามารถรับประทานบิสกิตได้ เนื่องจากบิสกิตเป็นอาหารว่างที่มีชิ้นเล็ก รูปร่างแบน ลักษณะกรอบและหยิบถือได้ง่าย โดยส่วนผสมหลักของบิสกิต คือ แป้งสาลี จะประกอบด้วยโปรตีนซึ่งผสมน้ำหรือของเหลวแล้วจะได้กลูเตน ซึ่งกลูเตนประกอบไปด้วยกลูเตนิน (Glutenin) และ โกลอะดิน (Gliadin) ซึ่งแป้งสาลีจะมีโปรตีนกลูเตนินและโกลอะดินทั้ง 2 ชนิด รวมกันอยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสม (จิตธนา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล, 2553) โดยกลูเตนจะช่วยจับกับก๊าซที่ผลิตโดยยีสต์หรือผงฟูเอาไว้ ทำให้เกิดเป็นโครงสร้างผลิตภัณฑ์ และทำให้ผลิตภัณฑ์คงรูปเมื่ออบเสร็จ ซึ่งในปัจจุบันมีผู้ป่วยโรคบางกลุ่มมีอาการเป็นโรคมะเร็งแพ้กลูเตน (Coeliac disease) ซึ่งผู้ป่วยกลุ่มนี้ไม่สามารถรับประทานอาหารที่มีกลูเตนเป็นองค์ประกอบได้ ถ้าร่างกายได้รับกลูเตนเข้าไป ลำไส้จะเกิดอาการอักเสบ และส่งผลกระทบต่อเนื้อเยื่อบริเวณผนังลำไส้เล็ก ทำให้ร่างกายดูดซึมอาหารได้ไม่เต็มที่ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อปัญหาด้านสุขภาพตามมา เช่น น้ำหนักลด มีอาการท้องบวมและปวด ปวดกระดูก ปวดข้อต่อ ขาหมัดความรู้สึก เพราะเส้นประสาทเสียหาย เป็นต้น (Murray, 1999) ซึ่งแนวทางในการรักษา คือ หลีกเลี่ยงอาหารที่มีกลูเตน

ลูกเดือย (*Coix lacryma-jobi* L. var. *ma-yuen* Stapf) เป็นธัญชาติชนิดหนึ่งที่มีคุณค่าทางด้านโภชนาการสูง โดยเมล็ดลูกเดือยประกอบไปด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมากมาย เช่น Coixenolide, Triglyceride, Fatty acids, Lactams, Coixol, Saccharides, Sterols และ Triterpenes เป็นต้น (Zhu, 2017) ในเมล็ดลูกเดือยจะประกอบไปด้วยแป้งร้อยละ 70 และโปรตีนร้อยละ 12.2-16.7 ซึ่งเมล็ดลูกเดือยมีคุณสมบัติเป็นอาหารที่มีดัชนีน้ำตาลต่ำ สามารถแปรรูปไปเป็นแป้งได้เพื่อใช้ในการประกอบอาหารได้ (Yin et al., 2018) มีงานวิจัยที่นำแป้งลูกเดือยมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมแป้งลูกเดือย โดยพบว่าปริมาณ kansui ซึ่งเป็นน้ำด่างที่ปริมาณแตกต่างกัน ส่งต่อคุณภาพของเส้นขนมปัง (Ding et al., 2021)

นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่เค็ก โดยใช้แป้งลูกเดี๋ยทดแทนแป้งเค็ก (Kutschera & Krasaekoopt, 2012) การนำแป้งลูกเดี๋ยมาพัฒนาผลิตภัณฑ์แครกเกอร์รสเค็ม (Andoy et al., 2019) เป็นต้น จากประโยชน์ของลูกเดี๋ยจัดที่เป็นธัญชาติที่คุณค่าทางโภชนาการ และที่สำคัญลูกเดี๋ยไม่มีโปรตีนกลูเตนเป็นองค์ประกอบ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะนำแป้งลูกเดี๋ยมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์บิสกิต โดยทดแทนแป้งสาลี เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกให้แก่ผู้บริโภคที่เป็นโรคแพ้งลูเตน

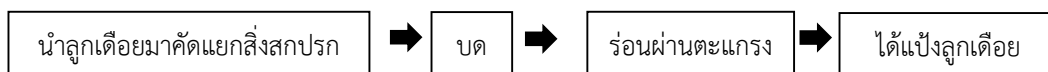
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วัตถุประสงค์ในงานวิจัยนี้ เพื่อพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์บิสกิตจากแป้งลูกเดี๋ย โดยศึกษาการใช้แป้งลูกเดี๋ยทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บิสกิต

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมแป้งลูกเดี๋ย

ทำความสะอาดลูกเดี๋ยโดยการนำมาคัดแยกสิ่งสกปรกออก จากนั้นนำลูกเดี๋ยมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดรุ่น DPA130 (Tefal, ฝรั่งเศส) แล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 แมช ซึ่งขั้นตอนการทำแป้งลูกเดี๋ยแสดงได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการทำแป้งลูกเดี๋ย

ที่มา : ดัดแปลงจากสุนันทา ทองทา (2554)

2. ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้แป้งลูกเดี๋ยทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บิสกิต

เตรียมส่วนผสมในการทำบิสกิต ซึ่งส่วนผสมประกอบไปด้วยแป้งสาลีอเนกประสงค์ร้อยละ 39.44 น้ำตาลทรายแดงร้อยละ 26.06 เนยเค็มร้อยละ 25.35 ไข่ไก่ร้อยละ 7.75 ผงฟู ร้อยละ 0.70 และกลีวนานิลลา ร้อยละ 0.70 สำหรับขั้นตอนการทำบิสกิต คือ นำแป้งสาลีอเนกประสงค์และผงฟูมาร่อนเข้าด้วยกัน จากนั้นนำเนยเค็มและน้ำตาลทรายแดงเทลงไปในโถตีแป้ง ตีโดยใช้ความเร็วระดับต่ำ จนกระทั่งเนื้อขึ้นฟู เติมน้ำและกลีวนานิลลาลงไป แล้วตีให้เข้ากันโดยใช้ความเร็วปานกลาง จนกระทั่งมีลักษณะเป็นเนื้อเนียน นำแป้งสาลีอเนกประสงค์และผงฟูที่ร่อนไว้ ค่อย ๆ เทลงไปในโถตีแป้ง โดยตีจนแป้งมีลักษณะเป็นก้อนโด เนื้อเนียน จากนั้นนำส่วนผสมทั้งหมดที่ตีเสร็จมาห่อด้วยฟิล์มพลาสติก แล้ววางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้น

นำแป้งมารีดด้วยไม้คัลลึงแบ่งให้เป็นแผ่นบาง ๆ โดยมีความหนาอยู่ที่ 3 มิลลิเมตร ตัดเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาดกว้าง 1 นิ้ว และยาว 1 นิ้ว แล้วนำมาเข้าอบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที จากนั้นพักบนตะแกรงให้เย็นลง ได้เป็นผลิตภัณฑ์บิสกิต

นำแป้งลูกเดียวที่ได้จากวิธีทำข้อที่ 1 มาศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้แป้งลูกเดียวยทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บิสกิตที่ 5 อัตราส่วน คือ 100:0 (ชุดควบคุม), 75:25, 50:50, 25:75 และ 0:100 ตามลำดับ

3. การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

ตัวอย่างบิสกิตที่ใช้ทดสอบชิมจะถูกบรรจุอยู่ในถุงซิปล็อก และทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน (Untrained panel) จำนวน 30 คน ทดสอบ 2 ครั้ง โดยประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และความชอบโดยรวม ใช้เกณฑ์การทดสอบ 9 ระดับ (9 – Point hedonic scale) โดย 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด

4. การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี

4.1 การวัดค่าสี

นำบิสกิตมาวัดค่าสีด้วยเครื่อง Colorimeter รุ่น CR-400 (Minolta, Japan) โดยจะแสดงผลออกมาในค่า L^* a^* และ b^* ซึ่งค่าสี L^* คือ ค่าความสว่าง (ค่า 0 หมายถึง วัตถุที่มีความสว่างสีดำ ค่า 100 หมายถึง วัตถุที่มีความสว่างสีขาว) ค่าสี a^* (+ หมายถึง วัตถุที่มีสีแดง, - หมายถึง วัตถุที่มีค่าสีเขียว) และค่าสี b^* (+ หมายถึง วัตถุที่มีสีเหลือง, - หมายถึง วัตถุที่มีสีน้ำเงิน) วัดค่าสีโดยนำบิสกิตที่มีขนาด กว้าง 1 นิ้ว และยาว 1 นิ้ว มาวัดค่าสีที่ด้านบนกึ่งกลางของบิสกิต และมุมทั้ง 4 ด้านของบิสกิต และหาค่าเฉลี่ย

4.2 การวัดค่าเนื้อสัมผัส

วัดค่าเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture analyzer รุ่น CT 3 (Brookfield Ametek, USA) โดยใช้หัววัดแบบมีดตัด (TA7) ซึ่งหัววัดมีความกว้าง 60 มิลลิเมตร โดยกดลงไปตัวอย่างบิสกิตเป็นระยะทาง 3 มิลลิเมตร ความเร็ว 1.0 มิลลิเมตรต่อนาที

4.3 การวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w)

เตรียมตัวอย่างบิสกิต โดยนำมาบดให้ละเอียด จากนั้นวัดค่าปริมาณน้ำอิสระด้วยเครื่อง Water Activity Meter รุ่น LabSwift-AW (Novasina, USA)

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส จะวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Random Complete Block Design, RCBD) ส่วนข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ จะวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete Randomize Design, CRD) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่าง

ของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics 24

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในการใช้แป้งลูกเดือยทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บิสกิต ทั้ง 5 อัตราส่วน แสดงดังตารางที่ 1 โดยพบว่า คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏและสีของผลิตภัณฑ์บิสกิต ที่มี อัตราส่วนระหว่างแป้งสาลีต่อแป้งลูกเดือยที่ 100:0 และ 0:100 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ยิ่งเพิ่มอัตราส่วนของแป้งลูกเดือยมากขึ้นจะทำให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏและสีมีแนวโน้มลดลง



แป้งสาลี



แป้งลูกเดือย

ภาพที่ 2 แป้งสาลีและแป้งลูกเดือย

เมื่อพิจารณาภาพที่ 2 ซึ่งเป็นภาพของแป้งสาลีและแป้งลูกเดือย พบว่า แป้งทั้ง 2 ชนิดมีลักษณะปรากฏและสีที่ค่อนข้างแตกต่างกัน จึงส่งผลให้บิสกิตที่มีอัตราส่วนระหว่างแป้งสาลีต่อแป้งลูกเดือยที่ 100:0 และ 0:100 มีความแตกต่างกันด้วย (ภาพที่ 3) เมื่อพิจารณาถึงค่าสี (ตารางที่ 2) พบว่า ยิ่งเพิ่มอัตราส่วนของแป้งลูกเดือยในผลิตภัณฑ์บิสกิต ค่า L^* มีแนวโน้มลดลง ซึ่งหมายถึงบิสกิตมีอัตราส่วนของแป้งลูกเดือย มีสีเข้มกว่ากว่าบิสกิตสูตรควบคุม เนื่องจากแป้งสาลี เป็นแป้งที่ผ่านกระบวนการขัดสี และลูกเดือยมีสีเฉพาะตัวที่เป็นสีเหลืองน้ำตาล ส่งผลให้แป้งลูกเดือยที่ผลิตได้มีสีที่คล้ำกว่าแป้งสาลี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่นำแป้งลูกเดือยมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ โดยพบว่า ยิ่งเพิ่มอัตราส่วนของแป้งลูกเดือยมากขึ้น ข้าวเกรียบมีสีเข้มมากขึ้นเช่นกัน (ศรัญญา วอขวาและคณะ, 2565) นอกจากนี้ กนกอร พงระย้า (2560) ได้ศึกษาการใช้แป้งลูกเดือยในการทำเส้นก๋วยเตี๋ยว ซึ่งพบว่าก๋วยเตี๋ยวที่ทำมาจากแป้งลูกเดือยมีสีเข้มขึ้นเช่นกัน ส่วนคะแนนความชอบ

ด้านกลิ่นและรสชาติ พบว่า เมื่อเพิ่มอัตราส่วนแป้งลูกเดือยมากขึ้น คะแนนความชอบด้านกลิ่นและรสชาติมีแนวโน้มลดลง อาจเนื่องมาจากแป้งลูกเดือยมีกลิ่นและรสชาติเฉพาะตัว จึงส่งผลให้บิสกิตที่มีอัตราส่วนระหว่างแป้งสาลีต่อแป้งลูกเดือยที่ 100:0 และ 0:100 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 1 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในการใช้แป้งลูกเดือยทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บิสกิต

ปัจจัยคุณภาพ	อัตราส่วนระหว่างแป้งสาลี : แป้งลูกเดือย				
	100:0 (ชุดควบคุม)	75:25	50:50	25:75	0:100
ลักษณะปรากฏ	7.93±0.98 ^a	8.03±0.96 ^a	7.83±0.87 ^a	7.20±0.89 ^b	7.37±0.81 ^b
สี	7.77±1.14 ^a	7.63±0.96 ^{ab}	7.33±1.18 ^{abc}	7.03±1.33 ^{bc}	7.00±1.10 ^c
กลิ่น	7.67±0.92 ^a	7.43±1.04 ^{ab}	7.30±1.15 ^{ab}	7.13±1.07 ^{ab}	6.90±1.07 ^b
รสชาติ	7.43±0.77 ^a	7.27±0.64 ^{ab}	7.47±0.86 ^a	7.23±0.89 ^{ab}	6.90±0.76 ^b
เนื้อสัมผัส	7.27±0.83 ^b	7.50±0.57 ^{ab}	7.70±0.60 ^a	7.67±0.92 ^a	7.87±0.57 ^a
(ความกรอบ)					
ความชอบ	7.57±0.86 ^{ab}	7.60±0.86 ^{ab}	7.73±0.69 ^a	7.30±0.99 ^{ab}	7.17±0.95 ^b
โดยรวม					

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

เมื่อพิจารณาถึงภาพรวมของคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมของบิสกิตที่มีอัตราส่วนระหว่างแป้งสาลีต่อแป้งลูกเดือยที่ 75:25 และ 50:50 พบว่าทั้ง 2 อัตราส่วนนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) จึงกล่าวได้ว่า ผลิตภัณฑ์บิสกิตสามารถเพิ่มอัตราส่วนแป้งลูกเดือยได้สูงสุดและยังได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัส คือ ผลิตภัณฑ์บิสกิตที่มีอัตราส่วนระหว่างแป้งสาลีต่อแป้งลูกเดือยที่ 50:50 และเมื่อนำบิสกิตที่มีอัตราส่วนระหว่างแป้งสาลีต่อแป้งลูกเดือยที่ 50:50 ไปวิเคราะห์หาค่า a_w พบว่า มีค่า a_w อยู่ที่ 0.33 ± 0.03 ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง ขนมปังกรอบ (มผช.523/2563) ที่ได้กำหนดไว้ว่า ขนมปังกรอบต้องมีค่า a_w ไม่เกิน 0.6 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2563)

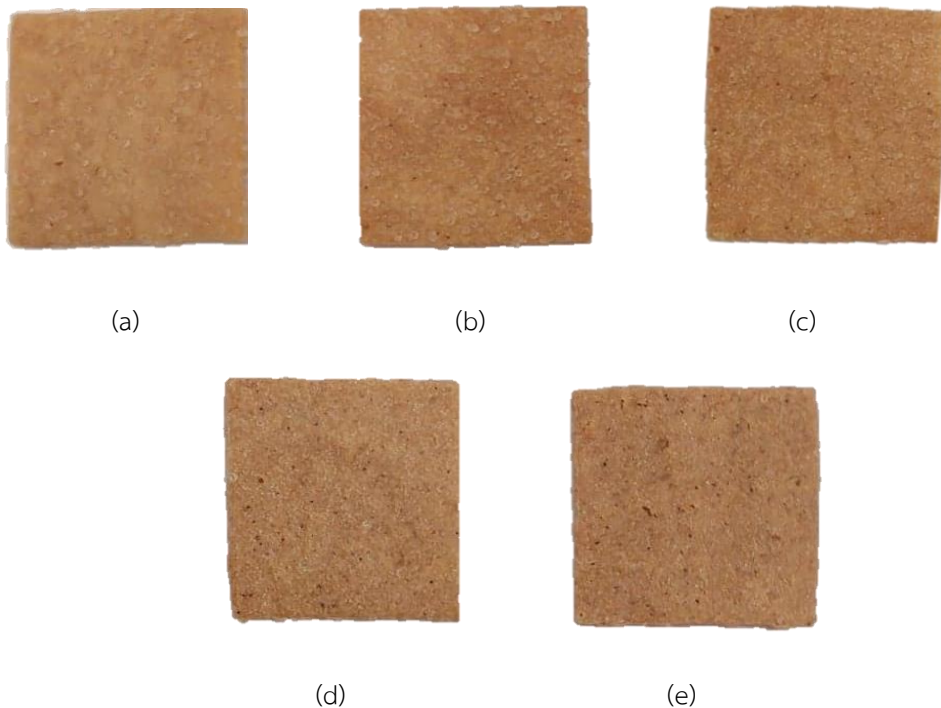
ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าสีและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์บิสกิตที่มีอัตราส่วนระหว่างแป้งสาลี: แป้งลูกเดี๋ย ที่อัตราส่วนต่าง ๆ

ปัจจัย	อัตราส่วนระหว่างแป้งสาลีต่อแป้งลูกเดี๋ย				
คุณภาพ	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100
ค่าสี					
L*	57.43±0.43 ^a	56.25±0.41 ^{ab}	55.96±0.64 ^{ab}	55.00±0.58 ^b	54.93±0.46 ^b
a* ^{ns}	9.32±0.15	9.26±0.15	9.33±0.21	9.44±0.23	9.48±0.16
b*	22.00±0.23 ^a	21.43±0.22 ^a	21.71±0.34 ^a	20.00±0.31 ^b	20.21±0.24 ^b
ค่าความแข็ง (g)	631.75±78.08 ^a	627.67±92.03 ^a	464.63±86.01 ^b	429.82±82.92 ^b	399.77±67.72 ^b

หมายเหตุ ^{a-b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกัน มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เมื่อพิจารณาค่าความแข็งของบิสกิต (ตารางที่ 2) พบว่ายิ่งเพิ่มอัตราส่วนแป้งลูกเดี๋ยมากขึ้น ค่าความแข็งมีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส (ตารางที่ 1) มีคะแนนความชอบมากขึ้นตามอัตราส่วนของบิสกิต โดยบิสกิตที่มีอัตราส่วนของแป้งลูกเดี๋ยจะมีเนื้อสัมผัสกรอบ ไม่แข็งเกินไป ซึ่งจิระนาถ รุ่งช่วง และนภัสรพี เหลืองสกุล (2561) ได้ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้จากแป้งปราศจากกลูเตนบางชนิด เช่น แป้งลูกเดี๋ย แป้งถั่วแดง แป้งถั่วเหลือง แป้งกล้วย แป้งข้าวสาลี และแป้งมัน ต่อเผือก เป็นต้น โดยพบว่าค่าความแข็งของคุกกี้ที่ใช้แป้งลูกเดี๋ยมีค่าความแข็งน้อยกว่าคุกกี้ที่มีแป้งสาลีเป็นองค์ประกอบ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยนี้ที่พบว่า ค่าความแข็งของบิสกิตที่มีอัตราส่วนของแป้งลูกเดี๋ยเป็นองค์ประกอบ มีค่าความแข็งน้อยกว่าบิสกิตที่มีแป้งสาลีเป็นองค์ประกอบ สาเหตุที่ผลิตภัณฑ์บิสกิตที่มีแป้งลูกเดี๋ยเป็นองค์ประกอบมีความแข็งน้อยกว่าบิสกิตที่มีแป้งสาลีเป็นองค์ประกอบ อาจเป็นเพราะว่าแป้งสาลีมีกลูเตนเป็นองค์ประกอบ ซึ่งมีหน้าที่สำคัญในการสร้างโครงสร้างของโด เมื่อลดอัตราส่วนการใช้แป้งสาลีและเพิ่มอัตราส่วนในการใช้แป้งลูกเดี๋ยในการผลิตบิสกิต อาจจะส่งผลให้โดมีโครงสร้างที่ไม่แข็งแรง (Gallagher et al., 2004)



ภาพที่ 3 ผลิตภัณฑ์บิสกิต

- (a) อัตราส่วนระหว่างแป้งสาลีต่อแป้งลูกเดือยที่ 100:0
- (b) อัตราส่วนระหว่างแป้งสาลีต่อแป้งลูกเดือยที่ 75:25
- (c) อัตราส่วนระหว่างแป้งสาลีต่อแป้งลูกเดือยที่ 50:50
- (d) อัตราส่วนระหว่างแป้งสาลีต่อแป้งลูกเดือยที่ 25:75
- (e) อัตราส่วนระหว่างแป้งสาลีต่อแป้งลูกเดือยที่ 0:100

สรุป

จากงานวิจัยนี้ พบว่า แป้งลูกเดือยสามารถทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บิสกิตได้สูงสุดที่อัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งลูกเดือยที่ 50:50 โดยยิ่งเพิ่มอัตราส่วนแป้งลูกเดือยมากขึ้น ค่าความสว่างมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากคุณลักษณะของตัวแป้งลูกเดือยที่ผลิตได้มีสีที่แตกต่างจากแป้งสาลี และยังพบว่าการเพิ่มอัตราส่วนแป้งลูกเดือยมากขึ้น ทำให้ค่าความแข็งมีแนวโน้มลดลง อาจเป็นเพราะแป้งลูกเดือยไม่มีกลูเตนเป็นองค์ประกอบ ซึ่งทำให้ไม่สามารถสร้างโครงสร้างของโดได้ จึงส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของบิสกิต ซึ่งประโยชน์จากการศึกษาครั้งนี้ เป็นการหาสูตรเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่จากแป้งลูกเดือย อีกทั้งยังเป็นแนวทางไปประยุกต์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ได้

ข้อเสนอแนะ

ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับคุณค่าโภชนาการและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์บิสกิตจากแป้งลูกเดือยต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กนกอร พวงระย้า. (2560). การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งลูกเดือยทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์.
- จิตธนา แจ่มเมฆ, และอรอนงค์ นัยวิกุล. (2553). เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จิระนาถ รุ่งช่วง, และนภัสสรพี เหลืองสกุล. (2561). การพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้จากแป้งปราศจากกลูเตนบางชนิด. วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 13(2), 34-45.
- นภัสสรพี เหลืองสกุล และสวามินี นวลแขกกุล. (2559). Cooking bible: bakery. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์อมรินทร์.
- ศรัญญา วอชวา, อธิปติ พรหมแดง, ภาสวดี ทองดี, จริญญา นันสอวงศ์, และสินีนถ สุขทนารักษ์. (2565). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบโดยใช้แป้งลูกเดือยทดแทนแป้งมันสำปะหลัง. วารสารวิจัยและนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 3(3), 14-23.
- สุนันทา ทองทา. (2554). รายงานการวิจัยคุณสมบัติของคัพเค้ก รำ และแป้งลูกเดือยเพื่ออาหารสุขภาพ. สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2563). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง ขนมปังกรอบ มผช. 523/2563.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2563). มาตรฐานอุตสาหกรรมเอส เรื่อง ขนมปังกรอบ มอก. เอส 96-2563.
- Andoy, C.J.N.A., Enot, I.V.R., Mabaza, A.J.D, & Quillo, I.J.C. (2019). Utilization of Job's tear (*Coix Lacryma-Joba L.*) flour as composite for all purpose flour in saltine crackers. *American Journal of Biomedical and Life Sciences*, 7(3), 52-256.
- Ding, Y., Wang, J., Sun, L., Zhou, X., Cheng, J. & Sun, Y. (2021). Effect of kansui on the physicochemical, structural, and quality characteristics of adlay seed flour-fortified wheat noodles. *LWT-Food Science and Technology*, 146, 1-9.
- Gallagher, E., Gormley, R.T. & Arendt, K.E. (2004). Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in Food Science & Technology*, 15, 143-152.

- Kutschera, M. & Krasaekoopy, W. (2012). The use Job's tear (*Coix lacryma-jobi* L.) flour to substitute cake flour in butter cake. **Au journal of Technology**, 15(4), 233-238.
- Murray, J. A. (1999). The widening spectrum of celiac disease. **American journal of Clinical Nutrition**, 69, 354-365.
- Yin, H.-M., Wang, S.-N., Nie, S.-P. & Xie, M.-Y. (2018). Coix polysaccharides: Gut microbiota regulation and immunomodulatory. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**, 16, 53-61.
- Zhu, F. (2017). Coix: Chemical composition and health effects. **Trends in food Science & Technology**, 61, 160-175.

การศึกษาผลกระทบด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมจากสถานที่กำจัดมูลฝอย
กรณีศึกษา: สถานที่กำจัดมูลฝอยองค์การบริหารส่วนตำบลนาโพ อำเภอยะผิง จังหวัดอุดรธานี

อมรรัตน์ ศรีอ่อนแสง^{1*} ฤทธิรงค์ จังโกฏี² สุธิน ชนะบุญ³ นัฐชานนท์ เขาราช⁴

Received : May 26, 2023

Revised : September 19, 2023

Accepted : September 19, 2023

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบด้านสุขภาพของประชาชนและสิ่งแวดล้อมจากสถานที่กำจัดมูลฝอยขององค์การบริหารส่วนตำบลนาโพ อำเภอยะผิง จังหวัดอุดรธานี กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ผู้ที่อาศัยบริเวณโดยรอบสถานที่กำจัดมูลฝอยขององค์การบริหารส่วนตำบลนาโพ และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการบริหารจัดการมูลฝอยในพื้นที่ตำบลนาโพ มีการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ใน 4 มิติ ได้แก่ มิติทางกาย มิติทางจิตใจ มิติทางสังคม และมิติทางจิตวิญญาณ และด้านสิ่งแวดล้อม โดยใช้แบบสอบถามและการสนทนากลุ่มเป็นเครื่องมือเก็บข้อมูล กลุ่มตัวอย่างจำนวน 256 คน การสนทนากลุ่มย่อย จำนวน 2 ครั้ง รวมจำนวน 31 คน และตรวจคุณภาพสิ่งแวดล้อมสถานที่กำจัดมูลฝอย ผลการศึกษาพบว่า โดยภาพรวมทั้งกลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามและกลุ่มสนทนากลุ่มย่อยไม่ได้รับผลกระทบด้านสุขภาพมากนักจากสถานที่กำจัดมูลฝอย แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในส่วน ผลกระทบเชิงบวก พบว่า มิติทางจิตใจ ประชาชนรู้สึกพึงพอใจที่องค์การบริหารส่วนตำบลนาโพ จัดการปัญหาทุกครั้งที่มีเหตุร้องเรียนเข้ามาทันที ร้อยละ 42.97 มีค่าเฉลี่ยในภาพรวม 2.86 (S.D. = 1.27) อยู่ในระดับปานกลาง ผลกระทบเชิงลบ ส่วนใหญ่ได้รับผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมด้านกลิ่นเหม็น ร้อยละ 51.95 มีค่าเฉลี่ยในภาพรวม 1.98 (S.D. = 1.31) อยู่ในระดับมีผลกระทบต่อการใช้ชีวิตประจำวันน้อย จากการสนทนากลุ่มร่วมกับผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องได้มาซึ่งมาตรการป้องกันและข้อเสนอแนะ คือ ควรมีการเฝ้าระวังผลกระทบด้านสุขภาพของประชาชน และการสร้างความตระหนักและความเข้าใจในการจัดการมูลฝอย เพื่อลดปริมาณการเกิดมูลฝอยในชุมชนและรณรงค์ให้ความรู้ แนวคิดหลัก 3R คือ Reduce Reuse Recycle มีแผนทำกิจกรรมอย่างต่อเนื่องและมีการติดตามผล โดยเน้นการมีส่วนร่วมของประชาชนในการแก้ไขปัญหามูลฝอยในพื้นที่

คำสำคัญ: การประเมินผลกระทบด้านสุขภาพ สิ่งแวดล้อม สถานที่กำจัดมูลฝอย

¹ นักศึกษาหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชานามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

อีเมล: amornrat.sr@kku.ac.th

² อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชานามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

อีเมล: rittirong@kku.ac.th

³ อาจารย์ วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดขอนแก่น คณะสาธารณสุขศาสตร์และสหเวชศาสตร์ สถาบันพระบรมราชชนก

อีเมล: sutin@scphkk.ac.th

⁴ อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชานามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

อีเมล: knathc@kku.ac.th

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: amornrat.sr@kku.ac.th

**STUDY OF HEALTH AND ENVIRONMENTAL IMPACTS FROM LANDFILL SITES
A CASE STUDY OF THE LANDFILL SITE OF NA PHU SUBDISTRICT ADMINISTRATIVE
ORGANIZATION, PHEN DISTRICT, UDON THANI PROVINCE**

Amornrat Srionsaeng^{1*} Rittirong Junggoth² Sutin Chanabun³ Nathchanon Khaorat⁴

Abstract

The objective of this study was to investigate the health and environmental impacts of landfill sites within the Na Phu Subdistrict Administrative Organization. The sample used in this research included residents residing near the landfill sites in the Na Phu Subdistrict Administrative Organization and individuals involved in waste management within the same area. The quantitative and qualitative data were collected across four dimensions: physical, mental, social, and spiritual, all related to the environment. A questionnaire was used as the instrument for collecting data from the sample group of 256 individuals, including two focus group discussions with a total of 31 participants and the data on the environmental quality of the landfill sites. The results indicated that, overall, most of the respondents and participants in the focus group discussions did not experience significant health impacts from the landfill sites. However, when considering the positive effects in the psychological dimension, it was found that the sample expressed satisfaction with the immediate responsiveness of the Na Phu Subdistrict Administrative Organization whenever complaints arose. This positive perception was shared by 42.97% of respondents, resulting in an overall average rating of 2.86 (SD=1.27) which signifies a moderate level of satisfaction. On the other hand, concerning negative impacts, most participants were affected by the surrounding environment, particularly the foul odor, which affected 51.95% of respondents. This resulted in an overall average rating of 1.98 (SD=1.31), signifying a level of impact on daily life. In addition, collaborative group discussions with participants yielded preventive measures and recommendations. These included the necessity for ongoing monitoring of the health effects on the community, raising awareness and understanding of waste management to reduce waste generation, and educational campaigns promoting the 3R concept: Reduce, Reuse, and Recycle. Furthermore, there was a call for the development of a comprehensive plan for continuous activities and follow-up, with a focus on active community participation in resolving the waste issue within the area.

Keyword: Health impact assessment, Environment, Landfill sites

¹ Student of the Master of Public Health Program, Environmental Health Program, Faculty of Public Health, Khon Kaen University, e-mail: amornrat.sr@kkumail.com

² Department of Environmental Health, Faculty of Public Health, Khon Kaen University, e-mail: rittirong@kku.ac.th

³ Lecturer, Sirindhorn College of Public Health Khon Kaen, Faculty of Public Health and Allied Health Sciences Praboromarajchanok Institute, e-mail: sutin@scphkk.ac.th

⁴ Department of Environmental Health, Faculty of Public Health, Khon Kaen University, e-mail: knathc@kku.ac.th

* Corresponding author, e-mail: amornrat.sr@kkumail.com

บทนำ

ในปัจจุบัน “มูลฝอย” เป็นปัญหาใหญ่ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สุขภาพและคุณภาพชีวิตของประชาชน จึงมีจำเป็นต้องจัดการแก้ไขอย่างเร่งด่วน อย่างเป็นระบบตั้งแต่ต้นทางจนถึงปลายทาง โดยอาศัยทุกภาคส่วนให้ความร่วมมือ สำหรับประเทศไทยจากข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษ ระบุว่ามูลฝอยในประเทศตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561 - 2565 มีปริมาณมูลฝอยเกิดขึ้นประมาณ 27.93, 28.71, 25.37, 24.98, 25.70 ล้านตัน/ปี ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า พ.ศ. 2564 มีปริมาณมูลฝอยลดลงกว่าปีที่ผ่านมา เนื่องจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ที่ต่อเนื่องมาจากปี 2563 ส่งผลให้จำนวนนักท่องเที่ยวลดลงและมีการจำกัดการใช้ชีวิตประจำวัน ต่อมาในปี 2565 มีมูลฝอยที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากปัจจุบันโรคโควิด 19 ถูกประกาศโดยกระทรวงสาธารณสุขให้เป็นโรคติดต่อทั่วไปหรือโรคประจำถิ่น (Endemic) ตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2565 เป็นต้นไป เริ่มมีนักท่องเที่ยวเข้ามาในประเทศ ทำให้มีปริมาณมูลฝอยเพิ่มมากขึ้น และจากรายงานในปี 2565 ยังมีปริมาณขยะมูลฝอยที่ถูกกำจัดไม่ถูกต้องประมาณ 7.10 ล้านตัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2565)

ในเขตพื้นที่จังหวัดอุดรธานี มีปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นตั้งแต่ปี 2560 - 2564 พบว่า มีปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นประมาณ 5.84, 5.95, 5.96, 3.76, 5.93 แสนตัน/ปี ตามลำดับ และมีมูลฝอยบางส่วนที่ถูกกำจัดอย่างไม่ถูกต้อง ซึ่งอาจส่งผลทำให้เกิดเป็นมลพิษในสิ่งแวดล้อมและสุขภาพอนามัยของประชาชน

จากข้อมูลสถานการณ์สิ่งแวดล้อมการประเมินปริมาณมูลฝอยขององค์การบริหารส่วนตำบลนาพุ พบว่า ปัจจุบันองค์การบริหารส่วนตำบลนาพุ มีปริมาณมูลฝอยทั่วไปในปี 2560 - 2565 มีปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นประมาณ 912, 897, 1,015, 1,056, 1,876, 2,110 ตัน/ปี และเมื่อพิจารณาในปี 2564 พบว่า มีปริมาณมูลฝอย เพิ่มขึ้นจากปี 63 ประมาณ 77.65 % (องค์การบริหารส่วนตำบลนาพุ, 2566) ซึ่งสวนทางกับปริมาณมูลฝอยในระดับประเทศ เนื่องจากการระบาดของไวรัสโคโรนา 2019 ทำให้ประชาชนที่ได้รับผลกระทบจากภาวะเศรษฐกิจ จากคนที่ไม่ทำงานต่างถิ่น คืนกลับบ้านเกิดจำนวนมาก ส่งผลให้มีปริมาณมูลฝอยในพื้นที่เพิ่มขึ้น องค์การบริหารส่วนตำบลนาพุซึ่งเป็นชุมชนเล็ก จึงมีการบริหารจัดการมูลฝอยในพื้นที่เอง โดยเป็นผู้รับผิดชอบการจัดการมูลฝอยตั้งแต่การเก็บกวาด การรวบรวม การขนส่ง รวมทั้งการกำจัดโดยการฝังกลบ ซึ่งสถานที่กำจัดมูลฝอยขององค์การบริหารส่วนตำบลนาพุมีพื้นที่ 29 ไร่ ไม่มีรั้วและประตู มีต้นไม้เป็นแนวกันชน ซึ่งเปิดใช้งานมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 การดำเนินงานกำจัดมูลฝอยที่ผ่านมา ยังไม่เป็นไปตามหลักวิชาการ เนื่องจากสถานที่กำจัดมูลฝอยขององค์การบริหารส่วนตำบลนาพุเป็นลักษณะแบบเทกอง (Open dump) เป็นวิธีที่ใช้งบประมาณน้อย และเนื่องจากวิธีแบบเทกอง ซึ่งอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งทางทัศนียภาพ กลิ่นไม่พึงประสงค์เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของพาหะนำโรคและเชื้อโรค จากผลการวิจัยเรื่อง การประเมินระดับผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยรอบบริเวณสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย พบว่า สถานที่กำจัดมูลฝอยส่วนใหญ่ (จำนวน 137 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 42.5) มีระดับความรุนแรงของผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยรอบสถานที่กำจัดมูลฝอยอยู่ในระดับที่ 5 จำเป็นต้องปรับปรุงให้ถูกต้องตามหลักวิชาการโดยทันที (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 1-16, 2562) มีการศึกษาในหลายประเทศที่บ่งชี้ว่า มลพิษของสถานที่กำจัดมูลฝอยส่งผลกระทบต่อสุขภาพของชุมชนที่อยู่ใกล้เคียง นอกจากนี้ มลพิษที่บริเวณโดยรอบสถานที่กำจัดมูลฝอยมีผลอย่างมากต่อโรคระบบทางเดินหายใจและผิวหนัง

ของผู้ที่อาศัยใกล้สถานที่กำจัดมูลฝอย สามารถทำให้เกิดโรกระบบทางเดินหายใจและผิวหนัง ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Shri Kant Singh (2021) ซึ่งให้เห็นว่าการสัมผัสกับสถานที่กำจัดมูลฝอยทำให้เกิดความชุกของโรคทางเดินหายใจ (12%) การระคายเคืองดวงตา (8%) และโรคกระเพาะอาหาร (7%) และการปนเปื้อนอย่างร้ายแรงของคุณภาพอากาศที่เห็นได้ชัดจากกลิ่นไม่พึงประสงค์ (Prince et al., 2019) อย่างไรก็ตาม เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาสุขภาพของประชาชนและปัญหาทางสิ่งแวดล้อม ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาผลกระทบด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมจากสถานที่กำจัดมูลฝอยองค์การบริหารส่วนตำบลนาพู่ โดยประยุกต์ใช้กระบวนการของการประเมินผลกระทบด้านสุขภาพ (HIA) ซึ่งถือว่าเป็นเครื่องมือที่เหมาะสมกับการบริหารจัดการเสี่ยงต่อสุขภาพเน้นกระบวนการมีส่วนร่วมของประชาชนและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกภาคส่วน โดยในการศึกษาจะครอบคลุมถึงผลกระทบทางสุขภาพใน 4 มิติ ได้แก่ กาย จิตใจ สังคม และจิตวิญญาณ และการตรวจคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบสถานที่กำจัดมูลฝอย เพื่อสามารถนำผลการศึกษาที่ได้ไปเป็นข้อเสนอแนะหรือเป็นแนวทางให้กับองค์การบริหารส่วนตำบลนาพู่และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการกำหนดนโยบาย มาตรการในการลดผลกระทบด้านสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการบริหารจัดการมูลฝอย สำหรับการส่งเสริมและคุ้มครองสุขภาพของประชาชนในชุมชน เป็นแนวทางสำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการนำผลกระทบทางสุขภาพและสิ่งแวดล้อมดังกล่าวมาใช้ในการตัดสินใจเชิงนโยบายในการจัดการสถานที่กำจัดมูลฝอยชุมชนในอนาคต นำไปสู่การพัฒนาเพื่อยกระดับสถานที่กำจัดมูลฝอยให้ถูกต้องตามหลักวิชาการ และการบริหารจัดการที่เหมาะสมกับศักยภาพของขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลกระทบด้านสุขภาพประชาชนและสิ่งแวดล้อมจากสถานที่กำจัดมูลฝอยขององค์การบริหารส่วนตำบลนาพู่ อำเภอเพ็ญ จังหวัดอุดรธานี

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย

การศึกษารั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional descriptive study) และการศึกษาได้รับการอนุมัติเห็นชอบจากคณะกรรมการจริยธรรมในงานวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เลขที่ HE662014

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษารั้งนี้ มีกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ดังนี้

1) การศึกษาเชิงปริมาณ ประชากรที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นครัวเรือนที่อยู่ในชุมชน ที่ตั้งอยู่รอบสถานที่กำจัดมูลฝอยขององค์การบริหารส่วนตำบลนาพู่ โดยพิจารณาเฉพาะชุมชนที่ศึกษาว่าอาจได้รับผลกระทบด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อม จากการลงสำรวจพื้นที่จริงและทบทวนข้อมูลเหตุร้องเรียน ซึ่งประกอบด้วย 3

หมู่บ้าน รวมทั้งหมด จำนวน 692 ครัวเรือน กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของเครจซี่และมอร์แกน (Krejcie & Morgan, 1970)

$$n = \frac{N\chi^2_{\alpha(df=1)}p(1-p)}{e^2(N-1) + \chi^2_{\alpha(df=1)}p(1-p)}$$

ได้กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษามีจำนวนเท่ากับ 230 คน เพื่อเป็นการป้องกันการได้รับแบบสอบถามที่ไม่สมบูรณ์จึงได้เพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างร้อยละ 10

ในการวิจัยครั้งนี้ ใช้จำนวนกลุ่มตัวอย่างรวมทั้งสิ้น 256 คน และใช้วิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified sampling) โดยกำหนดสัดส่วนจำนวนกลุ่มตัวอย่างตามจำนวนของครัวเรือนแต่ละหมู่บ้าน และจับฉลากกลุ่มตัวอย่างในหมู่บ้านนั้น ๆ เข้าร่วมวิจัยในครั้งนี้ โดยมีเกณฑ์คัดเข้า คือ ผู้ที่อาศัยอยู่จริงในพื้นที่มาแล้วอย่างน้อย 1 ปี เป็นหัวหน้าครอบครัวหรือตัวแทนครอบครัวที่มีอายุ 18 ปีขึ้นไป ครัวเรือนละ 1 คน และอ่านหนังสือออก เขียนหนังสือได้ เข้าใจภาษาไทย

2) การศึกษาเชิงคุณภาพ กลุ่มตัวอย่างที่ให้ข้อมูลในกิจกรรมการสนทนาแบบกลุ่ม (Focus group) จากบุคลากรหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ตัวแทนของชุมชนและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย จำนวน 2 กลุ่ม ประกอบด้วย

(1) กลุ่มตัวแทนผู้ได้รับผลกระทบต่อสุขภาพในพื้นที่ที่ทำการศึกษา ได้แก่ คนคู่ชายะประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณรอบสถานที่กำจัดมูลฝอยน้อยกว่า 500 เมตร และผู้นำชุมชนในพื้นที่ที่ทำการศึกษ ตัวแทนโรงเรียนบ้านศรีบุญเรือง ตัวแทนวัดป่าชัยนิมิต รวมทั้งสิ้นจำนวน 20 คน

(2) กลุ่มผู้เกี่ยวข้องระดับนโยบายในพื้นที่ตำบลนาโพธิ์ ได้แก่ ปลัดองค์การบริหารส่วนตำบล ผู้อำนวยการกองช่าง ผู้อำนวยการกองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม นักวิชาการสาธารณสุข ตัวแทนจากสถานีอนามัยนาโพธิ์ ตัวแทนจากโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านหลวง และพนักงานเก็บขยะมูลฝอย รวมทั้งสิ้นจำนวน 11 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบสอบถามที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น จากการทบทวนวรรณกรรมและเก็บข้อมูลด้วยตนเองจากการสำรวจพื้นที่ที่ทำการศึกษา ประกอบด้วยคำถาม 4 ส่วน มีรายละเอียดดังนี้

ส่วนที่ 1 คุณลักษณะส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม ลักษณะคำถามเป็นคำถามปลายปิดให้เลือกตอบ โดยสอบถามเกี่ยวกับ 1) เพศ 2) อายุ 3) สถานภาพ 4) ระดับการศึกษา 5) การประกอบอาชีพ 6) รายได้ต่อเดือน 7) จำนวนสมาชิกในครอบครัว 8) ระยะเวลาที่อาศัยในชุมชน 9) ระยะเวลาที่อาศัยในชุมชนในรอบปี 10) ระยะห่างจากสถานที่ฝังกลบมูลฝอย 11) การย้ายที่อยู่ 12) โรคประจำตัว 13) ลักษณะที่พกอาศัย 14) สภาพความเป็นอยู่ของคนในชุมชนในปัจจุบัน เมื่อเทียบกับช่วง 1 ปี จำนวน 14 ข้อ

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากสถานที่ฝังกลบมูลฝอย

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนจากสถานที่กำจัดมูลฝอย ลักษณะคำถามเป็นคำถามปลายปิดให้เลือกตอบ ประกอบด้วย 1) มิติทางกาย 2) มิติทางจิตใจ 3) มิติทางสังคม 4) มิติทางจิตวิญญาณ

โดยส่วนที่ 3-5 ลักษณะคำถามเป็นคำถามปลายปิดให้เลือกตอบ มีลักษณะแบบสอบถามโดยมีเกณฑ์พิจารณาดังนี้

ตอบ 0. ไม่ได้รับผลกระทบ (ไม่ต้องระบุความรุนแรง ให้ข้ามไปข้อถัดไป)

ตอบ 1. ได้รับผลกระทบ (ให้ระบุความรุนแรง)

ระดับความรุนแรงแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) มีคำตอบให้เลือก 5 ระดับ มีเกณฑ์การให้คะแนนผลกระทบ ตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert) โดยมีการกำหนดเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

คะแนนเชิงบวก	คะแนนเชิงลบ	เกณฑ์ในการแปลความหมายคะแนนเฉลี่ย
1 คะแนน = มากที่สุด	1 คะแนน = น้อยที่สุด	4.21-5.00 = มีผลกระทบมากที่สุด
2 คะแนน = มากที่สุด	2 คะแนน = น้อย	3.41-4.20 = มีผลกระทบมาก
3 คะแนน = ปานกลาง	3 คะแนน = ปานกลาง	2.61-3.40 = มีผลกระทบปานกลาง
4 คะแนน = น้อย	4 คะแนน = มาก	1.81-2.60 = มีผลกระทบน้อย
5 คะแนน = น้อยที่สุด	5 คะแนน = มากสุด	1.00-1.80 = มีผลกระทบน้อยที่สุด

ส่วนที่ 4 ข้อเสนอแนะแนวทางลดผลกระทบต่อสุขภาพชุมชนและการส่งเสริมสุขภาพประชาชนที่มีสาเหตุมาจากการบริหารจัดการสถานที่กำจัดมูลฝอย ลักษณะคำถามเป็นคำถามปลายเปิด โดยให้ผู้ตอบคำถามได้เสนอปัญหาอุปสรรค และข้อเสนอแนะได้อย่างอิสระ

2. การสนทนากลุ่มย่อย (Focus group) เป็นแนวทางในการระดมความคิด เพื่อสนับสนุนการอธิบายข้อมูลเชิงปริมาณ ซึ่งประกอบด้วย การสนทนากลุ่มครั้งที่ 1) สนทนาเกี่ยวกับปัญหาผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน ผลกระทบด้านบวกและด้านลบ ใน 4 มิติ และด้านสิ่งแวดล้อม 2) ข้อห่วงกังวลต่อสุขภาพของประชาชนในชุมชนการดำเนินการลดผลกระทบต่อสุขภาพในปัจจุบันของ องค์การบริหารส่วนตำบลนาพู่ 3) ปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการประเมินผลกระทบด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมจากสถานที่กำจัดมูลฝอยองค์การบริหารส่วนตำบลนาพู่ การสนทนากลุ่มครั้งที่ 2) 1) สนทนาเกี่ยวกับข้อเสนอแนะของชุมชน ในการบริหารจัดการสถานที่กำจัดมูลฝอยขององค์การบริหารส่วนตำบลนาพู่ เพื่อลดผลกระทบด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมของประชาชนตำบลนาพู่ 2) จัดทำมาตรการป้องกัน ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย หาวิธีการลดผลกระทบจากสถานที่กำจัดมูลฝอยและการส่งเสริมสุขภาพประชาชน เพื่อลดผลกระทบด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมของประชาชนตำบลนาพู่ 3) แนวทางพัฒนาสู่ความยั่งยืนของการลดผลกระทบทางสุขภาพและแนวทางส่งเสริมสุขภาพประชาชน และประเด็นอื่น ๆ เพิ่มเติม

3. ตรวจสอบภาพสิ่งแวดล้อมจากสถานที่กำจัดมูลฝอย โดยใช้วิธีสังเกตและใช้เครื่องตรวจวัดก๊าซ (MultiRAE Lite) มีเกณฑ์ในการพิจารณา 5 ข้อ ประกอบด้วย 1) การไหลหรือซึมของน้ำชะมูลฝอยที่ไม่ได้ผ่านการบำบัด 2) การเผาขยะกลางแจ้ง 3) ความเข้มข้นของก๊าซมีเทน 4) ความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และ 5) ค่าความขุ่นของแหล่งน้ำ (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 1-16, 2562)

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป STATA ให้สถิติพรรณนา ร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากการสนทนากลุ่มย่อย โดยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหาจัดกลุ่มประเด็นและนำเสนอเชิงพรรณนาในรูปแบบของรายงาน

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

การประเมินผลกระทบด้านสุขภาพของประชาชนที่อาศัยอยู่รอบบริเวณสถานที่กำจัดมูลฝอย นำเสนอข้อมูลตามขั้นตอนการประเมินผลกระทบด้านสุขภาพ พบว่า

1.การกั้นกรอง (Screening)

จากการลงพื้นที่สำรวจผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดขึ้นจากสถานที่กำจัดมูลฝอย พบว่า สถานที่กำจัดมูลฝอยขององค์การบริหารส่วนตำบลนาโพธิ์ ยังไม่มีมาตรการป้องกันการปนเปื้อนของมูลฝอยและการกักเก็บมูลฝอยด้วยวัสดุกลบทับ ตามเกณฑ์ระบบเทกองที่มีการควบคุม และจากการทบทวนข้อร้องเรียนเหตุรำคาญ พบว่าสถานที่กำจัดมูลฝอยขององค์การบริหารส่วนตำบลนาโพธิ์ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะกลิ่นเหม็น แผลงวัน และฝุ่นละออง ซึ่งรัศมีชุมชนที่อาจได้รับผลกระทบจากสถานที่กำจัดมูลฝอยขององค์การบริหารส่วนตำบลนาโพธิ์คือ ชุมชนที่อยู่ในรัศมี 3 กิโลเมตร ดังนั้น จากการกั้นกรองจึงเห็นควรให้ทำการศึกษาผลกระทบทางสุขภาพและสิ่งแวดล้อมจากสถานที่กำจัดมูลฝอย เพื่อให้ได้ข้อมูลความจริง และข้อเสนอแนะที่ผ่านการมีส่วนร่วมของผู้ที่เกี่ยวข้องทุกภาคส่วน รวมทั้งสามารถปกป้องหรือลดผลกระทบทางลบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมให้เหลือน้อยที่สุด

2. การกำหนดขอบเขตการศึกษา (Scoping)

การกำหนดขอบเขตการศึกษาผลกระทบทางสุขภาพและสิ่งแวดล้อมได้พิจารณาตามข้อมูลเบื้องต้นจากการกั้นกรอง และคำนึงถึงข้อห่วงกังวลของผู้เกี่ยวข้องและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในพื้นที่ ซึ่งได้กำหนดขอบเขตการศึกษา คือ กลุ่มเป้าหมายชุมชนที่อาศัยอยู่ในรัศมี 3 กิโลเมตรที่ได้รับผลกระทบด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมจากสถานที่กำจัดมูลฝอยขององค์การบริหารส่วนตำบลนาโพธิ์ มีการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ การเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ ประกอบด้วยแบบสอบถาม ผลกระทบทางสุขภาพ ใน 4 มิติ ได้แก่ มิติทางกาย มิติทางจิตใจ มิติทางสังคมและมิติทางจิตวิญญาณ และแบบสอบถามผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม จำนวน 256 คน การเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพประกอบด้วย กิจกรรมสนทนากลุ่มย่อยจำนวน 2 ครั้ง และตรวจคุณภาพสิ่งแวดล้อมโดยใช้เกณฑ์การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยรอบสถานที่กำจัดมูลฝอยมีเกณฑ์ในการพิจารณา 5 ข้อ

3. การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ (Appraisal)

1) ข้อมูลทั่วไปผู้ตอบแบบสอบถาม ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาประชาชน ทั้งหมด 256 คน พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 67.97 มีอายุเฉลี่ย 50.65 ปี (S.D. = 12.86) ส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในหมู่บ้านเฉลี่ย 40.12 ปี (S.D. = 14.17) โดยมีรัศมีระยะห่างจากบ้านไปยังสถานที่กำจัดมูลฝอยส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 501 ถึง 1,000 เมตร ร้อยละ 44.14 ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ไม่มีโรคประจำตัว ร้อยละ 62.11 เมื่อให้ผู้ตอบแบบสอบถามเปรียบเทียบสภาพความเป็นอยู่ของคนในชุมชนในปัจจุบันเทียบกับช่วง 1 ปีที่ผ่านมา พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ระบุว่า สภาพความเป็นอยู่คงที่ ร้อยละ 80.47

2) ผลกระทบด้านสุขภาพของประชาชนที่อาศัยอยู่รอบบริเวณสถานที่กำจัดมูลฝอย

ผลกระทบต่อสุขภาพมิติทางกาย ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษา พบว่า ประชาชนส่วนใหญ่ไม่ได้รับผลกระทบต่อสุขภาพมิติทางกาย ส่วนผู้ที่ได้รับผลกระทบ พบว่า สถานที่กำจัดมูลฝอยเป็นแหล่งกำเนิดแมลงสัตว์นำโรค และแหล่งเพาะเชื้อโรค ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคติดต่อต่างๆ ในชุมชน เช่น โรคอุจจาระร่วง ตาแดง ไข้เลือดออก ร้อยละ 48.44 มีค่าเฉลี่ยในภาพรวม 2.6 (S.D.=1.34) อยู่ในระดับผลกระทบต่อสุขภาพน้อย ซึ่งสอดคล้องกับผลการสนทนากลุ่มย่อย โดยผลกระทบต่อสุขภาพมิติทางกายเชิงลบ คือ กลิ่นเหม็นจากกองมูลฝอยที่เททิ้งไว้บนพื้น และจากการกองทับถมกันเป็นเวลานาน เป็นสาเหตุทำให้เกิดเหตุรำคาญ ส่งกลิ่นเหม็นรบกวนประชาชน นอกจากนี้ยังมีผลกระทบจากรถขนมูลฝอยที่เข้า - ออกสถานที่กำจัดมูลฝอย โดยเฉพาะบ้านเรือนที่อยู่เส้นทางหลักของเส้นทางเดินรถซึ่งวิ่งผ่านเกือบทุกวันตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันศุกร์ ทำให้เสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุและกลิ่นเหม็นขณะที่รถวิ่งผ่านหน้าบ้าน ฝุ่นละออง จากแบบสอบถามและกิจกรรมสนทนากลุ่มย่อย ยังไม่พบผลกระทบเชิงบวกมิติทางกาย

ผลกระทบต่อสุขภาพมิติทางจิตใจ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการสนทนากลุ่มย่อยไปในทิศทางเดียวกัน พบว่า ประชาชนส่วนใหญ่ไม่ได้รับผลกระทบต่อสุขภาพมิติทางจิตใจ ส่วนผู้ที่ได้รับผลกระทบในเชิงบวก พบว่า รู้สึกพึงพอใจที่ องค์การบริหารส่วนตำบลนาพุ จัดการปัญหาทุกครั้งที่มีเหตุร้องเรียนเข้ามาทันที ร้อยละ 42.97 มีค่าเฉลี่ยในภาพรวม 2.86 (S.D. = 1.27) อยู่ในระดับปานกลาง ส่วนผู้ที่ได้รับผลกระทบในเชิงลบ พบว่า ได้รับความเดือดร้อนรำคาญที่ แมลงวัน หนู ยุง แมลงหวี่ แมลงสาบ จำนวนมากมารบกวนในชีวิตประจำวัน ร้อยละ 45.31 มีค่าเฉลี่ยในภาพรวม 2.35 (S.D. = 1.45) อยู่ในระดับผลกระทบต่อสุขภาพน้อย ซึ่งสอดคล้องกับผลการสนทนากลุ่มย่อย โดยผลกระทบต่อสุขภาพมิติทางจิตใจเชิงลบ ได้รับผลกระทบมากที่สุด คือ รู้สึกเดือดร้อนรำคาญที่ได้รับกลิ่นเหม็นและมีแมลงวัน รบกวนการใช้ชีวิตประจำวัน เนื่องจากปัญหาแมลงวันรบกวนทั้งขณะรับประทานอาหารและขณะพักผ่อน

ผลกระทบต่อสุขภาพมิติทางสังคม ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการสนทนากลุ่มย่อยไปในทิศทางเดียวกัน พบว่า ประชาชนส่วนใหญ่ไม่ได้รับผลกระทบต่อสุขภาพมิติทางสังคม ส่วนผู้ที่ได้รับผลกระทบในเชิงบวก พบว่า ได้รับรู้ข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการแก้ไขปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมจากสถานที่กำจัดมูลฝอยในชุมชนอย่างทั่วถึง ร้อยละ 41.41 มีค่าเฉลี่ยในภาพรวม 2.93 (S.D. = 1.4) อยู่ในระดับปานกลาง และสถานที่

กำจัดมูลฝอยตั้งอยู่ใกล้ชุมชนทำให้มีการสร้างอาชีพหรือเพิ่มรายได้ให้กับชุมชน ร้อยละ 37.50 มีค่าเฉลี่ยในภาพรวม 2.68 (S.D. = 1.06) อยู่ในระดับปานกลาง ส่วนผู้ที่ได้รับผลกระทบในเชิงลบ พบว่า สถานที่กำจัดมูลฝอยตั้งอยู่ใกล้ชุมชนทำให้เพิ่มความขัดแย้งขึ้นภายในชุมชน ร้อยละ 28.52 มีค่าเฉลี่ยในภาพรวม 1.85 (S.D. = 0.81) อยู่ในระดับผลกระทบต่อสุขภาพน้อย

ผลกระทบต่อสุขภาพมิติทางจิตวิญญาณ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการสนทนากลุ่มย่อยไปในทิศทางเดียวกัน พบว่า ประชาชนส่วนใหญ่ไม่ได้รับผลกระทบต่อสุขภาพมิติทางจิตวิญญาณ ส่วนผู้ที่ได้รับผลกระทบ พบว่า การแก้ไขปัญหาด้านมลพิษสิ่งแวดล้อมจากสถานที่กำจัดมูลฝอยให้ดีขึ้นชุมชนจะน่าอยู่มากขึ้น ร้อยละ 44.92 มีค่าเฉลี่ยในภาพรวม 3.03 (S.D. = 1.29) อยู่ในระดับปานกลาง จากการบริหารจัดการสถานที่กำจัดมูลฝอยที่ดีขององค์การบริหารส่วนตำบลนาพุร่วมกับชุมชน ทำให้ชุมชนเกิดความภาคภูมิใจในภาพลักษณ์ของชุมชน ประชาชนมีบทบาทปกป้องสิทธิของตนเองและชุมชนมากขึ้น ส่วนผู้ที่ได้รับผลกระทบในเชิงลบ พบว่า การทิ้งมูลฝอยนอกบริเวณสถานที่ที่กำหนดหรือสถานที่กำจัดทำให้รู้สึกว่ามีวินัยหรือขาดความรับผิดชอบต่อสังคม ร้อยละ 31.64 มีค่าเฉลี่ยในภาพรวม 2.75 (S.D. = 1.43) อยู่ในระดับผลกระทบต่อสุขภาพน้อย

3) ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมรอบสถานที่กำจัดมูลฝอยขององค์การบริหารส่วนตำบลนาพุ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษา พบว่า ส่วนใหญ่ได้รับผลกระทบสิ่งแวดล้อมรอบสถานที่กำจัดมูลฝอย ด้านกลิ่นเหม็น ร้อยละ 51.95 มีค่าเฉลี่ยในภาพรวมผู้ที่ได้รับผลกระทบ 1.98 (S.D. = 1.31) อยู่ในระดับมีผลกระทบต่อการใช้ชีวิตประจำวันน้อย รองลงมาคือ ด้านฝุ่นละออง/ควันไฟ ร้อยละ 46.48 มีค่าเฉลี่ยในภาพรวม 2.08 (S.D. = 1.29) อยู่ในระดับมีผลกระทบต่อการใช้ชีวิตประจำวันน้อย ซึ่งสอดคล้องกับผลการสนทนากลุ่มย่อย โดยผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเชิงลบ ที่สัมผัสได้จากสถานที่กำจัดมูลฝอย คือ เป็นแหล่งพาหะนำโรคและส่งกลิ่นเหม็น เกิดจากการกองมูลฝอยบนพื้น ทำให้เกิดแหล่งเพาะพันธุ์ของแมลงวัน ยุง หนู และสุนัขจรจัด ซึ่งเป็นพาหะนำโรคติดต่อ

ผลการตรวจคุณภาพสิ่งแวดล้อมจากสถานที่กำจัดมูลฝอย

ใช้วิธีสังเกตสภาพแวดล้อมและใช้เครื่องตรวจวัดก๊าซ (MultiRAE lite) มีเกณฑ์ในการพิจารณา 5 ข้อ ผลสรุปรายละเอียด ดังตารางที่ 1 และผลการตรวจ ดังนี้

(1) การไหลหรือซึมของน้ำชะมูลฝอยที่ไม่ได้ผ่านการบำบัด จากการสำรวจพื้นที่เนื่องจากสถานที่กำจัดมูลฝอยขององค์การบริหารส่วนตำบลนาพุที่ทำการวิจัยครั้งนี้ เป็นลักษณะแบบการกำจัดมูลฝอยแบบเทกอง (Open dump) ไม่มีการปูพื้นด้วยแผ่นพลาสติก LDPE และไม่มีการปิดคลุมรายวัน (Daily cover) ด้วยวัสดุปกคลุมต่าง ๆ อาทิ ดิน มูลฝอยเดิมที่ขุดขึ้นมาผาน กระบวนการร่อน แผ่นพลาสติก หรือวัสดุอื่น ๆ ที่สามารถป้องกันไม่ให้น้ำมูลฝอยสัมผัสกับน้ำฝนโดยตรง โดยการเดินสำรวจรอบบริเวณสถานที่กำจัดมูลฝอย และบริเวณพื้นที่ของประชาชนที่อยู่รอบ ๆ หรือบริเวณที่ระดับลาดต่ำ ผลการสังเกต พบว่า น้ำชะมูลฝอยมีลักษณะ

ขุน สีด้า มีกลิ่นเหม็น แต่ไม่พบร่องรอยการไหลปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำผิวดินบริเวณใกล้เคียงหรือมีการปล่อยระบายน้ำชะมูลฝอยนอกสถานที่กำจัดมูลฝอยขององค์การบริหารส่วนตำบลนาพู่ในรัศมี 150 เมตร

(2) การเผาขยะกลางแจ้ง จากการสำรวจพื้นที่โดยรอบบริเวณที่เป็นลานเปิดโล่งหรือบริเวณอื่นๆ ที่สามารถดำเนินการเผามูลฝอยกลางแจ้ง ไม่พบ การเผาขยะมูลฝอยกลางแจ้งบริเวณพื้นที่กำจัดมูลฝอยขององค์การบริหารส่วนตำบลนาพู่ และจากการสอบถามพนักงานเก็บมูลฝอย ไม่เคยเกิดเหตุการณ์ไฟไหม้ที่สถานที่กำจัดมูลฝอย และไม่มีการเผามูลฝอยบริเวณนี้หรือนอกพื้นที่บริเวณโดยรอบ

(3) ความเข้มข้นของก๊าซมีเทน การตรวจสอบความเข้มข้นของก๊าซมีเทน ดำเนินการใช้เครื่องตรวจวัดก๊าซมีเทน (MultiRAE lite) โดยตรวจวัดตลอดรั้วรอบสถานที่หรือแนวระยะขอบสถานที่กำจัดมูลฝอย พบว่า ตรวจไม่พบก๊าซมีเทน ตลอดระยะเวลาที่ทำการสำรวจ ดังนั้น สถานที่กำจัดมูลฝอยขององค์การบริหารส่วนตำบลนาพู่ไม่มีความเสี่ยงต่อการเกิดเหตุเพลิงไหม้สถานที่กำจัดมูลฝอย

(4) ความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ การตรวจสอบความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ดำเนินการใช้เครื่องตรวจวัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ หรือก๊าซไข่เน่า (MultiRAE lite) โดยตรวจวัดตลอดรั้วรอบสถานที่หรือแนวระยะขอบสถานที่กำจัดมูลฝอย จำนวน 6 จุด พบว่า ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ มีค่า < 0.01 ppm ดังนั้น ไม่มีอันตรายจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในบรรยากาศรอบสถานที่กำจัดมูลฝอยขององค์การบริหารส่วนตำบลนาพู่

(5) ค่าความขุกชุมของแมลงวัน จากการคำนวณค่าเฉลี่ยเพื่อแปรผลความขุกชุมของแมลงวัน พบว่า มีค่าเฉลี่ยมากกว่า 20 ตัว ดังนั้น ควรทำการควบคุมโดยใช้สารเคมี เนื่องจากควรกำจัดแมลงวันให้หมดไปโดยเร็ว การพ่นสารเคมีฆ่าแมลงจะช่วยให้ได้ผลยิ่งขึ้น

ตารางที่ 1 สรุปผลการตรวจคุณภาพสิ่งแวดล้อมโดยรอบบริเวณสถานที่กำจัดมูลฝอย

เกณฑ์การพิจารณา	ผลคุณภาพสิ่งแวดล้อมโดยรอบบริเวณ
1) การไหลหรือซึมของน้ำชะขยะที่ไม่ได้ผ่านการบำบัดให้เป็นไปตามมาตรฐานหรือข้อกำหนดที่เกี่ยวข้อง	ตรวจไม่พบ
2) การเผาขยะกลางแจ้งนอกบริเวณสถานที่กำจัดขยะ	ตรวจไม่พบ
3) ความเข้มข้นของก๊าซมีเทน	ตรวจไม่พบ*
4) ความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์	< 0.01 ppm
5) ค่าความขุกชุมของแมลงวัน โดยวิธี Scudder Fly Grill (SFG)	> 20**

หมายเหตุ * เนื่องจากความเข้มข้นของก๊าซมีเทนที่มีโอกาสเกิดการจุดระเบิดติดไฟหรือเกิดไฟไหม้ในช่วงร้อยละ 5 – 15 โดยปริมาตรของค่า LEL (หรือค่า Lower Explosive Limit คือ ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของสารไวไฟ (Flammable Gas or Material))

** การแปรผลความขุกชุมของแมลงวันตามวิธี Scudder Fly Grill (1947 & 1949) (กรมอนามัย, ม.ป.ป)

4. การทบทวนร่างรายงานการศึกษาและวิเคราะห์ผลกระทบด้านสุขภาพ

เปิดโอกาสให้ผู้นำชุมชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ร่วมกันพิจารณาความถูกต้องและความครบถ้วนของข้อมูล ข้อเสนอแนะจากประชาชนและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการบริหารจัดการสถานที่กำจัดมูลฝอยขององค์การบริหารส่วนตำบลนาโพธิ์ เพื่อเป็นทางเลือกในการบริหารจัดการสถานที่กำจัดมูลฝอย และการเพิ่มมาตรการในการป้องกันและส่งเสริมสุขภาพประชาชนที่ได้รับผลกระทบจากสถานที่กำจัดมูลฝอย ในร่างรายงานการศึกษาผลกระทบด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อม และเสนอความเห็นเพื่อการปรับปรุงร่างรายงาน ประเมินผลกระทบด้านสุขภาพให้มีความสมบูรณ์ ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการจัดการผลกระทบทางสุขภาพ

1.1 มีมาตรการเฝ้าระวังผลกระทบด้านสุขภาพของกลุ่มเสี่ยง รมณรงค์ฉีดวัคซีนบาดทะยัก (DT) ให้พนักงานเก็บขนมูลฝอยและคนที่ทำอาชีพค้าขาย หรือประชาชนทั่วไปที่ต้องการ

1.2 ควรมีการจัดสรรและมีการบังคับใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลแก่พนักงานเก็บขยะมูลฝอย ทุกครั้งที่ออกปฏิบัติงานที่และให้ปฏิบัติตามคู่มือปฏิบัติงานอย่างเคร่งครัด

2. ข้อเสนอแนะในการจัดการผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

2.1 ควรมีการตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมบริเวณโดยรอบสถานที่กำจัดมูลฝอยอย่างต่อเนื่อง

2.2 ต้องมีเฝ้าระวังทุกวันหรือเป็นระยะ เพื่อไม่ก่อให้เกิดปัญหามูลฝอยปลิว และฉีดพรมน้ำสกัดชีวภาพที่เจือจางตามสัดส่วนแล้วเพื่อลดกลิ่นและการเติบโตของแมลงวันโดยใช้ รวมทั้งจะควรปลูกพืช เพื่อคลุมหน้าดินเพื่อป้องกันการกัดเซาะหน้าดินหลังจากปิดพื้นที่

2.3 มีการจัดการมูลฝอยอย่างยั่งยืนตามลำดับความสำคัญของการจัดการมูลฝอย (Waste management hierarchy) มุ่งเน้นการป้องกันไม่ให้มีมูลฝอยเกิดขึ้น มากกว่าการลดการผลิตมูลฝอย และมีมาตรการเชิงรุก โดยการสร้างความตระหนักและความเข้าใจในการจัดการมูลฝอยเพื่อลดปริมาณการเกิดมูลฝอยในชุมชนและรณรงค์ให้ความรู้ แนวคิด 3R คือ Reduce Reuse Recycle มีแผนทำกิจกรรมอย่างต่อเนื่องและมีการติดตามผล โดยเน้นการมีส่วนร่วมของประชาชนในการแก้ไขปัญหามูลฝอยในพื้นที่ ในส่วนของแหล่งกำเนิดมูลฝอยขนาดใหญ่ เช่น ตลาดสดนาโพธิ์ ตลาดนัด ให้ออกกฎร่วมกับพ่อค้า แม่ค้า ในการคัดแยกขยะอินทรีย์ออกจากขยะมูลฝอยทั่วไป ทั้งนี้ขยะอินทรีย์ เช่น เศษพืช ผัก ผลไม้ อาจนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการหมักทำน้ำสกัดชีวภาพเพื่อดับกลิ่น ส่วนขยะอินทรีย์ประเภทอื่น ๆ ที่มีการปนกับขยะทั่วไป ผักผลไม้และเศษอาหาร อาจนำมาทำปุ๋ยอย่างง่าย

2.4 ควรมีระบบการรับซื้อขยะรีไซเคิลในพื้นที่อย่างชัดเจนและทำอย่างต่อเนื่อง มีการรณรงค์กิจกรรมและสนับสนุนคณะกรรมการในหมู่บ้านให้มีบทบาทมากขึ้น

อภิปรายผล

ผลการศึกษาผลกระทบด้านสุขภาพของประชาชนที่อาศัยอยู่รอบบริเวณสถานที่กำจัดมูลฝอย ใน 4 มิติ ได้แก่ มิติทางกาย มิติทางจิตใจ มิติทางสังคม และมิติทางจิตวิญญาณ พบว่า ผู้ที่ได้รับผลกระทบเชิงบวก มิติทางจิตใจ รู้สึกพอใจต่อการจัดการบริหารส่วนตำบลนาพู่ จัดการปัญหาทุกครั้งที่มีเหตุร้องเรียนเข้ามาทันที ทำให้รู้สึกได้รับการตอบสนองจากการร้องเรียนไม่เพิกเฉยต่อปัญหาในด้านการบริการกำจัดมูลฝอย และยังส่งผลทำให้ประชาชนบริเวณโดยรอบสถานที่กำจัดมูลฝอยมีรายได้เพิ่มขึ้นจากการเก็บขยะขาย ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของสุภาวดี น้อยน้ำใส และคณะ (2564) ศึกษาวิจัยเรื่อง การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมและคุณภาพชีวิตของชุมชนโดยรอบสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอย พบว่า รู้สึกพอใจกับการแก้ไขปัญหามลพิษในชุมชนจากหน่วยงานต่าง ๆ อีกทั้งอาจส่งผลกระทบทําให้ชุมชนสามารถสร้างอาชีพเสริมมากขึ้นจากการที่มีสถานที่ฝังกลบมูลฝอยในพื้นที่

ผลการศึกษาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมรอบสถานที่กำจัดมูลฝอย พบว่า ส่งผลกระทบเชิงลบชุมชนส่วนใหญ่ได้รับผลกระทบมากที่สุด เรื่อง กลิ่นเหม็นจากกองมูลฝอยที่เททิ้งกองทับถมกันเป็นเวลานาน เป็นสาเหตุทำให้เกิดเหตุรำคาญ ส่งกลิ่นเหม็นรบกวนประชาชนรวมทั้งเกิดฝุ่นละออง ควัน ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดการเจ็บป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจในชุมชน เช่น คลื่นไส้ อาเจียน คออักเสบ ภูมิแพ้ หรือโรคผิวหนัง ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Prince et al. (2019) ที่ศึกษาความเสี่ยงด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมของผู้อยู่อาศัยที่อาศัยอยู่ใกล้กับหลุมฝังกลบ Thohoyandou ประเทศแอฟริกาใต้ พบว่า ร้อยละ 78 ของผู้ที่อาศัยบริเวณโดยรอบหลุมฝังกลบบ่งชี้การปนเปื้อนอย่างร้ายแรงของคุณภาพอากาศที่เห็นได้ชัดจากกลิ่นไม่พึงประสงค์ อย่างมีนัยสำคัญโรคต่าง ๆ เช่น ไข้หวัด ระบายเคืองตา ในการศึกษาครั้งนี้ประชาชนระบุว่ามักจะมีกลิ่นเหม็นในช่วงอากาศเย็นๆ หรือในช่วงหลังฝนตก โดยจะได้กลิ่นมาเป็นระยะ ๆ โดยเฉพาะในเวลากลางคืน และช่วงฤดูร้อน ระหว่างเดือนมีนาคม ถึง กรกฎาคม เกิดเหตุร้องเรียนเกี่ยวกับเรื่องมีแมลงวันและแมลงหวี่ จำนวนมากจากสถานที่กำจัดมูลฝอยของตำบลนาพู่ เนื่องจากเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของแมลงและสัตว์นำโรคต่าง ๆ เช่น หนู แมลงสาบ แมลงวัน ซึ่งรบกวนการใช้ชีวิตประจำวัน เนื่องจากปัญหาแมลงวันรบกวนทั้งขณะรับประทานอาหารและขณะพักผ่อน ทั้งยังอาจทำให้เกิดการแพร่กระจายเพิ่มจำนวนของสัตว์เหล่านี้ขึ้น

ซึ่งหน่วยควรหามาตรการและวิธีการจัดการกับผลกระทบที่เกิดขึ้นจากสถานที่กำจัดมูลฝอย ทั้งกลุ่มคนที่อาศัยอยู่ในบริเวณที่ได้รับผลกระทบและกลุ่มคนผู้ทำงานอยู่ในบริเวณนี้ได้รับผลกระทบโดยตรง ในส่วนของความปลอดภัยในการทำงานที่มีการสัมผัสกับมูลฝอยอันตราย ทางหน่วยงานควรมีแนวทางในการป้องกันและลดผลกระทบต่อสุขภาพ โดยเน้นให้มีการส่งเสริม แรงรัดการลดปริมาณมูลฝอย จากงานวิจัยของวนิดา เสริมเหลา และ ศุภวัฒนากร วงศ์ธนวส (2564) ถอดบทเรียนความสำเร็จจากการจัดการขยะของประเทศญี่ปุ่น สิงคโปร์ เกาหลีใต้และไต้หวัน พบว่า ทั้ง 4 ประเทศ นำแนวคิด 3Rs มาใช้เพื่อคัดแยกมูลฝอยตั้งแต่ต้นทางและการแบ่งถังขยะตามประเภท มูลฝอยพร้อมทั้งการสร้างจิตสำนึก และมีมาตรการบังคับให้ประชาชนออกมาทิ้งมูลฝอยที่รลดด้วยตนเอง เพื่อให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการรับผิดชอบของตนเอง

สรุปผล

จากการศึกษาผลกระทบด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมจากสถานที่กำจัดมูลฝอยองค์การบริหารส่วนตำบลนาโพธิ์ พบว่า โดยภาพรวมส่วนใหญ่ทั้งกลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามและกลุ่มสนทนากลุ่มย่อยไม่ได้รับผลกระทบด้านสุขภาพมากนักจากสถานที่กำจัดมูลฝอย แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในส่วน ผลกระทบเชิงบวก พบว่า มิติทางจิตใจ ประชาชนรู้สึกพึงพอใจที่องค์การบริหารส่วนตำบลนาโพธิ์ จัดการปัญหาทุกครั้งที่มีเหตุร้องเรียนเข้ามาทันที ผลกระทบเชิงลบ ส่วนใหญ่ได้รับผลกระทบจากสิ่งแวดล้อม ด้านกลิ่นเหม็นและ ฝุ่นละออง/ควันไฟ อยู่ในระดับมีผลกระทบต่อการใช้ชีวิตประจำวันน้อย จากการสนทนากลุ่มร่วมกับผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องได้มาซึ่งมาตรการป้องกันและข้อเสนอแนะ คือ ควรมีการเฝ้าระวังผลกระทบด้านสุขภาพของกลุ่มเสี่ยง และ เพื่อลดปริมาณการเกิดมูลฝอยในชุมชนและรณรงค์ให้ความรู้ แนวคิดหลัก 3R คือ Reduce Reuse Recycle โดยเน้นการมีส่วนร่วมของประชาชนในการแก้ไขปัญหามูลฝอยในพื้นที่

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ข้อมูลผลกระทบด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมของชุมชนที่อยู่รอบสถานที่กำจัดมูลฝอย เพื่อเป็นแนวทางสำหรับนำไปใช้วางแผนกำหนดข้อเสนอแนะเชิงนโยบายในการลดปัจจัยเสี่ยงด้านสุขภาพให้แก่ประชาชนได้
2. ประชาชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องตระหนักรู้ถึงผลกระทบทางสุขภาพของชุมชนที่อยู่รอบสถานที่กำจัดมูลฝอย
3. ใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการส่งเสริมและพัฒนาประสิทธิภาพการบริหารจัดการสถานที่กำจัดมูลฝอยให้ถูกต้องเป็นไปตามหลักวิชาการ และหน่วยงานมีมาตรการป้องกันลดผลกระทบต่อสุขภาพและการส่งเสริมสุขภาพของประชาชนที่อาศัยอยู่รอบบริเวณสถานที่กำจัดมูลฝอย

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาถึงพฤติกรรมการสร้างขยะมูลฝอยและการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของประชาชนในพื้นที่ ซึ่งส่งผลต่อการลดปริมาณมูลฝอย และการนำมูลฝอยกลับมาใช้ซ้ำ
2. ควรศึกษาประเมินพื้นที่ความเหมาะสมสำหรับให้เป็นสถานที่กำจัดมูลฝอยแบบถูกหลักสุขาภิบาลในพื้นที่ตำบลนาโพธิ์
3. ควรศึกษาเพื่อเปรียบเทียบด้านเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมในการมีสถานที่กำจัดมูลฝอยในพื้นที่

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการสุขภาพแห่งชาติ ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนเพื่อทำการศึกษาวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ และขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฤทธิรงค์ จังโกฏี ซึ่งเป็นอาจารย์ ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์รวมถึงผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้ให้ความร่วมมือในการดำเนินการวิจัยจนทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. (2565). รายงานสถานการณ์ขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทยพ.ศ. 2564. กรุงเทพฯ: สำนักงานจัดการกากของเสียและสารอันตรายกรมควบคุมมลพิษ.
- กรมอนามัย. (ม.ป.ป). **คู่มือการควบคุมพาหะนำโรค: แมลงวัน**. นนทบุรี: ชุมสหกรณ์การเกษตร .
- วนิดา เสริมเหลา, และศุภวัฒนากร วงศ์ชนวส. (2564). ถอดบทเรียนความสำเร็จจากการจัดการขยะของประเทศไทย ปูน สิงคโปร์ เกาหลีใต้และไต้หวัน. *Journal of Modern Learning Development*, 6(1), 234-249.
- สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 1-16. (2562). รายงานฉบับสมบูรณ์ การประเมินระดับผลกระทบสิ่งแวดล้อม โดยรอบบริเวณ สถานที่กำจัดขยะมูลฝอย ปี พ.ศ. 2562. สืบค้นจาก <http://www.mnre.go.th/attachment/lu/download.php?WP=qUlcKtkpQMgZKqCGWOghJstqTgcWat5pQlgAKp4GQSG2rDqYyc4Uux>
- สุภาวดี น้อยน้ำใส, เดชาธร แสงคำ, และปิยะดา วชิระวงศ์. (2563). การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม และคุณภาพชีวิตของชุมชนโดยรอบสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอย: กรณีศึกษาตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก. *Journal of Community Development Research (Humanities and Social Sciences)* 2019, 12(2), 135.
- องค์การบริหารส่วนตำบลนาฟู. (2566). ระบบสารสนเทศด้านการจัดการขยะมูลฝอยขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น. สืบค้นจาก <http://waste.dla.go.th/>
- Krejcie, R.V., & Morgan, D.W. (1970). Determining Sample Size for Research Activities. *Educational and Psychological Measurement*, 30(3), 607 – 610.
- Prince, O.N., Joshua, N.E., & John O.O. (2019). Health and Environmental Risks of Residents Living Close to a Landfill: A Case Study of Thohoyandou Landfill, Limpopo Province, South Africa. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 16(12), 2125.
- Singh, S.K., Chokhandre, P., Salve, P, S., & Rajak, R. (2021). Open dumping site and health risks to proximate communities in Mumbai, India: A cross-sectional case-comparison study. *Clinical Epidemiology and Global Health*, 9(2021), 34-40.

การจำลองระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อมุ่งสู่เป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอน ของอาคารในมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

ประยุทธ์ ฤทธิเดช¹ ศุภรัชชัย วรรัตน์^{2*} อำนาจ ผดุงศิลป์³

Received : March 22, 2023

Revised : September 16, 2023

Accepted : September 21, 2023

บทคัดย่อ

ระบบพลังงานและสมรรถนะการใช้พลังงานในอาคารมีบทบาทที่สำคัญอย่างยิ่งในการบรรลุสู่เป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอนของประเทศไทย วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อวิเคราะห์การจัดการพลังงานโดยมุ่งสู่เป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอนในมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต โดยใช้แบบจำลอง PVSYST ในการคำนวณและประเมินระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งบนหลังคา จากการสำรวจอาคารทั้งหมดจำนวน 22 อาคาร พบว่ามีอาคารจำนวน 10 อาคารที่สามารถติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ เช่น การบังเงาของอาคาร ไม่เป็นอาคารลักษณะเฉพาะ และพื้นที่หลังคาไม่เหมาะสม เป็นต้น จากการศึกษาพบว่าหากมีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จะได้กำลังการผลิตไฟฟ้าสูงสุด 992 กิโลวัตต์ สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 1,379,477.70 หน่วยต่อปี ซึ่งถ้าคิดเป็นมูลค่าของเงินที่ประหยัดได้ในแต่ละปีจะลดลงได้ประมาณ 4,768,470.42 บาทต่อปี โดยใช้เงินลงทุนทั้งสิ้น 32.736 ล้านบาท และมีระยะเวลาคืนทุน 7 ปี 3 เดือน สามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 651.742 พันตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี ผลการศึกษานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงระบบพลังงานร่วมกับมาตรการทางด้านพลังงานอื่นๆ เพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกรณีศึกษา นอกจากนั้นอาคารสถานศึกษาอื่น ๆ ยังสามารถประยุกต์ใช้งานวิจัยนี้เพื่อมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนได้

คำสำคัญ: การจัดการพลังงาน ความเป็นกลางทางคาร์บอน เซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา

¹ นักศึกษา หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาการจัดการทางวิศวกรรม วิทยาลัยนวัตกรรมการศึกษาและเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต อีเมล: prayuth.rit@dpu.ac.th

² อาจารย์ประจำหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาการจัดการทางวิศวกรรม วิทยาลัยนวัตกรรมการศึกษาและเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต อีเมล: vorarat@dpu.ac.th

³ อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี อีเมล: aumnad.phdu@kmutt.ac.th

* ผู้เขียนหลัก อีเมล: vorarat@dpu.ac.th

MODELING OF AN ELECTRICAL ENERGY GENERATION SYSTEM FROM SOLAR CELL TOWARDS CARBON NEUTRALITY IN DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY

Prayuth Rittidatch¹ Suparatchai Vorarat^{2*} Aumnad Phdungsilp³

Abstract

Energy systems and the energy performance of buildings play a significant role in achieving Thailand's carbon neutrality target. This research aimed to analyze the energy provision required to reach the carbon neutrality target at Dhurakij Pundit University. The PVSYST simulation tool was used to calculate and evaluate the rooftop electrical energy generation system. A survey of 22 buildings revealed that 10 of them could accommodate rooftop solar cell panels, considering factors such as building shading, non-specific building characteristics, and inappropriate rooftop areas. The study found that the installed electrical generation system from solar cells could produce 992 kWp, enabling the generation of 1,379,477.70 kWh per year. This is equivalent to approximately 4,768,470.42 Baht in annual savings, with a total investment of 32.736 million Baht and a payback period of 7 years and 3 months. The system can also reduce CO₂ emissions by 651.742 ktCO₂ per year. The results of this study can be applied to enhance the energy systems in conjunction with other energy-saving measures to reduce CO₂ emissions in a case study. Furthermore, the findings from this study can be applied to other educational buildings as they strive to achieve carbon neutrality.

Keywords: Energy management, Carbon neutrality, Solar photovoltaic rooftop

¹ Doctoral Student, Graduate Program in Engineering Management, College of Innovative Technology and Engineering, Dhurakij Pundit University, e-mail: prayuth.rit@dpu.ac.th

² Lecturer of Graduate Program in Engineering Management, College of Innovative Technology and Engineering, Dhurakij Pundit University, e-mail: vorarat@dpu.ac.th

³ Lecturer of Energy Management Technology Program, School of Energy, Environment and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi, e-mail: aumnad.phdu@kmutt.ac.th

* Corresponding author, e-mail: vorarat@dpu.ac.th

บทนำ

การปรับเปลี่ยนอากาศของโลกที่ร้อนขึ้นล้วนเกิดจากการกระทำของมนุษย์ทั้งสิ้น สาเหตุหลักมาจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse effect) (จุฑารัตน์ ชุนหะศร, 2556) ซึ่งปัจจุบันนี้จะมีแรงกระทบเป็นวงกว้างต่อคุณภาพชีวิตของมนุษย์และเศรษฐกิจของโลก (กิตติพงศ์ เพทาย, 2562) จากปัญหาดังกล่าวทำให้ทุกประเทศเริ่มให้ความสำคัญและตระหนักถึง โดยมีการร่วมมือแก้ไขปัญหาย่างจริงจังเพื่อแก้ไขปัญหา ที่ผ่านมามีในระดับนานาชาติได้เริ่มจากการทำข้อตกลงว่าด้วยการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อให้บรรลุเป้าหมายร่วมกัน (บุญญา บัวเพื่อน, 2563) โดยข้อตกลงนานาชาติในขณะนี้เป้าหมายการควบคุมอุณหภูมิของโลกไม่ให้เกิน 2°C ภายในศตวรรษที่ 21 ตามข้อตกลงปารีส (Paris Agreement) ซึ่งประเทศไทยมีเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกลงร้อยละ 20-25 จากกรณีปกติภายในปี ค.ศ. 2030 (วิศรา สิริวัฒน์ และคณะ, 2564) ประเทศไทยมีส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกร้อยละ 1 ของโลก (กิตติพงศ์ เพทาย, 2562) จากการใช้พลังงานที่มีแนวโน้มสูงขึ้นส่งผลให้การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นจาก $145.5 \text{ MtCO}_2\text{e}$ ในปี พ.ศ. 2541 เป็น $236.4 \text{ MtCO}_2\text{e}$ ในปี พ.ศ. 2561 และจากการที่รัฐบาลมีนโยบายเพิ่มการใช้พลังงานทดแทนให้มากขึ้นทำให้ในปี พ.ศ. 2563 การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ลดลงร้อยละ 3.5 เมื่อเทียบกับปีก่อนหน้า (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2564)

ประเทศไทยมีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์อยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง ประมาณร้อยละ 11 ของพื้นที่ทั้งประเทศ ความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ย $18 \text{ MJ/m}^2\text{-day}$ รังสีอาทิตย์สูงสุดจะอยู่ในช่วงเดือนเมษายนและพฤษภาคม ในช่วง $20\text{-}23 \text{ MJ/m}^2\text{-day}$ และ $19\text{-}20 \text{ MJ/m}^2\text{-day}$ อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จึงสามารถนำพลังงานดังกล่าวมาเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ (ฉัตร ผลนาค และคณะ, 2560) และนำมาใช้พัฒนาการผลิตไฟฟ้าระดับชุมชนและงานวิจัยกับการเรียนการสอนได้ (ศรายุทธ จิตรพัฒนากุล และกฤษณะ จันทสิทธิ์, 2564) เป็นต้น จะเห็นว่าพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทยมีศักยภาพในการเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานไฟฟ้าหรือความร้อนเพื่อนำไปใช้ในอาคารต่าง ๆ และยังช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) อีกด้วย การวางแผนการจัดการพลังงานเป็นสิ่งสำคัญอย่างมากสำหรับอาคารสถานศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (ธนากร น้ำหอมจันทร์, 2560) ดังนั้นการประหยัดและใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพยั่งยืนเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด อาคารต่างๆควรนำพลังงานแสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้งานร่วมกับระบบพลังงานแบบอื่นๆ เพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) (การุณย์ ชัยวนิชย์ และคณะ, 2561)

จากเหตุผลข้างต้นและจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าการบูรณาการระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เข้ากับระบบพลังงานแบบดั้งเดิมที่รับไฟฟ้าจากสายส่งของการไฟฟ้าและการเพิ่มสมรรถนะทางพลังงานของกรอบอาคารสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากอาคารได้เป็นอย่างดี แต่เนื่องจากการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์นั้นมีการลงทุนสูง (อิทธิเดช ภู่นันทพงษ์ และจิตติศักดิ์ บุญปราโมทย์, 2563) ดังนั้นการใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยประกอบการตัดสินใจเป็นวิธีการที่ยอมรับทั้งในภาควิชาการและอุตสาหกรรม (ฉัตร ผลนาค และคณะ, 2560; ชนิษฐา สุทธิพันธ์, 2559; บัญชา งามชื่น, 2562) ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาการจำลองการใช้พลังงานและการ

จัดหาพลังงานเพื่อมุ่งสู่เป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอนในมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตฯ โดยจำลองออกแบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาได้ ใช้โปรแกรม PVSYST Version 6.87 เพื่อหาค่ากำลังผลิตไฟฟ้าของอาคารและทำการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนที่เหมาะสม เพื่อใช้เป็นแนวทางนำไปสู่การจัดการความเป็นกลางทางคาร์บอนในมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตฯ

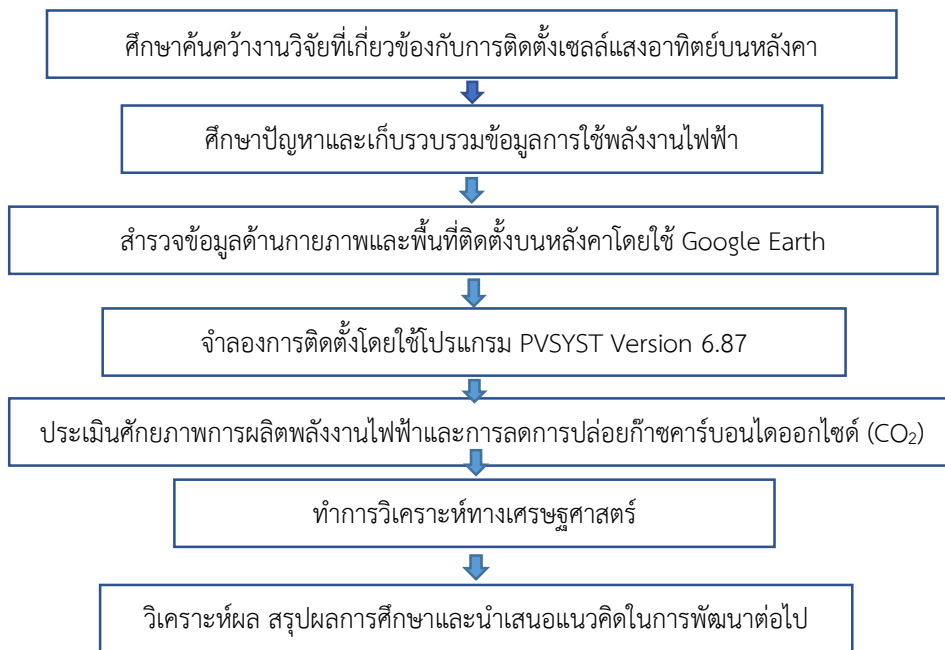
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อจำลองระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ให้กับอาคารและวิเคราะห์การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) เพื่อมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนในมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตฯ
2. เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนทางการเงินของการติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

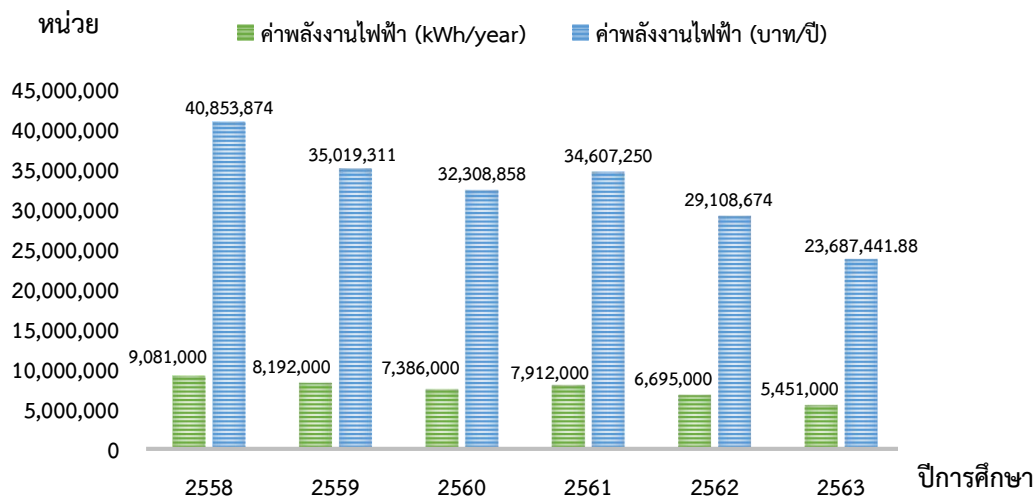
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาการจำลองระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อมุ่งสู่เป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอนในมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตฯ โดยใช้โปรแกรม PVSYST Version 6.87 จำลองเพื่อหาค่ากำลังผลิตไฟฟ้าของอาคาร นอกจากนี้ได้ทำการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนและคำนวณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ดังแสดงในภาพที่ 1 มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตฯ ประกอบไปด้วยอาคารทั้งหมด 22 อาคาร พื้นที่ใช้สอยแบ่งออกเป็นอาคารสำนักงาน ห้องเรียน ห้องปฏิบัติการ ห้องสมุด หอพักนักศึกษา บ้านเรือนไทย อาคารจอดรถ ศูนย์อาหาร ศูนย์กีฬา และสรวายน้ำ

ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารมีความจำเป็นอย่างมากสำหรับการประมวลผลแบบจำลอง โดยมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตฯมีลักษณะการใช้พลังงานตามวัน เวลา ที่มีการเรียนการสอน และมีการเปิดใช้อาคารตามภาคการศึกษา ซึ่งประกอบด้วย ภาคเรียนที่ 1 (สิงหาคม ถึง ธันวาคม) ภาคเรียนที่ 2 (มกราคม ถึง เมษายน) และภาคฤดูร้อน (พฤษภาคม ถึง กรกฎาคม) ภาพที่ 2 แสดงข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตฯ ปีการศึกษา 2558 ถึงปีการศึกษา 2563 ซึ่งเห็นได้ว่าการใช้พลังงานค่อนข้างสูง โดยในปีการศึกษา 2558 มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงถึง 9,081,000 kWh/year คิดเป็นเงินจำนวน 40,853,874 บาทต่อปี และตั้งแต่ปีการศึกษา 2559 เป็นต้นมา มีแนวโน้มการใช้ไฟฟ้าลดลงอันมีสาเหตุมาจากการลดพื้นที่การใช้งานของอาคาร และมีการปรับปรุงด้านกายภาพของอาคารโดยเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่มีการประหยัดพลังงานมากขึ้นตามนโยบายของมหาวิทยาลัย ประกอบกับในปี พ.ศ. 2563 ได้เกิดการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิดทำให้ต้องมีการปรับการเรียนเป็นแบบออนไลน์ โดยการศึกษาจะใช้ข้อมูลไฟฟ้าปี พ.ศ. 2562 มาใช้ในการวิเคราะห์ค่าพลังงานไฟฟ้าเพื่อจำลองระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์และคำนวณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ที่ลดลงจากระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย



ภาพที่ 2 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า ปีการศึกษา 2558 ถึงปีการศึกษา 2563 ของมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

การสร้างแบบจำลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

การสร้างแบบจำลองใช้โปรแกรม PVSYST Version 6.87 ซึ่งสามารถระบุขนาดพิกัดของกำลังการผลิตหรือพื้นที่ในการติดตั้งรวมทั้งพารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่น มุมเงยของแผง ทิศที่แผงรับแสง และค่าสูญเสียต่าง ๆ ทั้งยังสามารถเลือกแผงและอินเวอร์เตอร์ตามรายชื่อผลิตภัณฑ์และผู้ผลิตได้ ซึ่งโปรแกรม PVSYST Version 6.87 สามารถจำลองได้ 3 รูปแบบ คือ 1) เชื่อมระบบจำหน่าย (Grid-connected) 2) แบบแยกตัวอิสระ (Standalone) และ 3) สำหรับเครื่องปั๊มน้ำ (Pumping) การระบุพื้นที่ติดตั้งแสดงในภาพที่ 3 โดยใช้ Google earth ระบุพิกัดตำแหน่งที่ตั้งของมหาวิทยาลัยอยู่ที่ละติจูด 13.869627 องศาเหนือ และลองจิจูด 100.551596 องศาตะวันออก พื้นที่แบ่งออกเป็น 3 โซน โดยที่โซนที่ 1 อยู่ในเขตพื้นที่จังหวัดนนทบุรี ประกอบด้วยอาคารวิทยาลัยการพัฒนและฝึกอบรมด้านการบิน (CADT) จำนวน 6 อาคาร โซนที่ 2 จำนวน 18 อาคาร และโซนที่ 3 จำนวน 4 อาคาร อยู่ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาเฉพาะพื้นที่โซนที่ 2 และโซนที่ 3 ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครเท่านั้น เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของอาคารในโซนที่ 1 ไม่เหมาะสมที่จะทำการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา



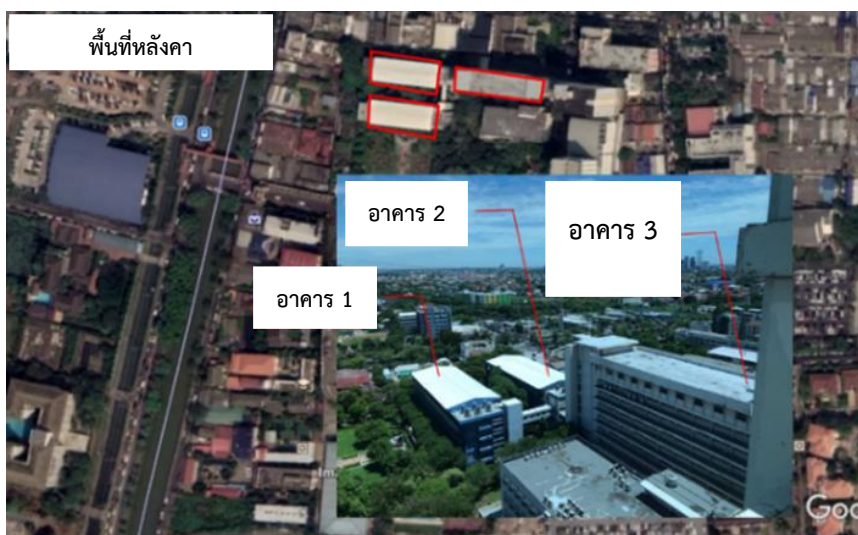
ภาพที่ 3 พื้นที่มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตฯ ตามพิกัดดาวเทียมและแบ่งตามโซนพื้นที่

1. การออกแบบระบบเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา

เนื่องจากอาคารในมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตฯ ส่วนใหญ่ไม่ได้วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ ดังนั้นการออกแบบติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์จึงต้องออกแบบการติดตั้งให้แผงเซลล์หันไปในทางทิศใดมากที่สุดซึ่งจะสามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงที่สุด การวิจัยได้ออกแบบการติดตั้งเพื่อผลิตไฟฟ้าให้ได้สูงที่สุดโดยเน้นการติดตั้งที่

เหมาะสม แผงเซลล์แสงอาทิตย์ต้องหันไปทางทิศใต้หรือทิศใกล้เคียงที่สามารถยอมรับได้ มีความลาดชัน 15-20 องศา กับพื้นดิน ตำแหน่งการติดตั้งควรอยู่ในที่โล่งและไม่เกิดการบังเงาบนแผง ซึ่งอาจก่อให้เกิดฮอตสปอต (Hot spot) การติดตั้งต้องมั่นคง แข็งแรง และสามารถดูแลบำรุงรักษาได้ โดยออกแบบติดตั้งผลิตไฟฟ้าไม่เกิน 1 MW ใช้พื้นที่หลังคาอาคาร ดังแสดงในภาพที่ 4 ตำแหน่งหลังคาอาคารต่าง ๆ โดยใช้ Google earth และภาพถ่ายหลังคาจริงของอาคาร เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ที่สามารถติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้

ในการพิจารณาติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา ได้ทำการวิเคราะห์อาคารทั้งหมดในโซนที่พิจารณา ซึ่งแต่ละอาคารมีลักษณะเฉพาะ เช่น เป็นอาคารที่ทรงคุณค่า มีงานสถาปัตยกรรมที่ไม่สามารถเปลี่ยนรูปแบบได้ เป็นต้น และการใช้งานที่แตกต่างกัน ทำให้ไม่สามารถติดตั้งแผงได้ทุกอาคาร จากการพิจารณาตามหลักเกณฑ์ในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่กำหนด ได้แก่ หลังคาไม่เป็นพื้นที่ใช้งาน ไม่ถูกบังแสงจากอาคารอื่น และโครงสร้างของหลังคามีความแข็งแรง (ชนิสรา สุทธิพันธ์, 2559) ทำให้เลือกอาคารที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาได้จำนวน 10 อาคาร โดยมีรายละเอียดของพื้นที่หลังคาดังนี้ อาคาร 1 (829 m²) อาคาร 2 (829 m²) อาคาร 3 (976 m²) อาคาร 4 (978 m²) อาคาร 7 (1,607 m²) อาคาร 8 (1,013 m²) อาคาร 10 (1,946 m²) อาคาร 11 (1,744 m²) อาคาร 12 (1,461 m²) และอาคารสุทธิเกตุ (2,218 m²)



ภาพที่ 4 ตัวอย่างตำแหน่งหลังคาของอาคาร 1-3 ภายในมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

2. การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าและผลตอบแทนที่จะได้จากการติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า ในงานวิจัยนี้ใช้การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) และอัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return: IRR) ดังสมการที่

1-3 การคำนวณระยะเวลาคืนทุนของระบบจะขึ้นกับราคาของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่นำมาใช้กับการติดตั้ง ซึ่งถ้าอุปกรณ์นั้น ๆ มีการรับประกันอายุการใช้งานผลิตภัณฑ์ที่ยาวนาน และการเลือกใช้อุปกรณ์ประสิทธิภาพสูงจะทำให้ระบบการผลิตไฟฟ้ามีกำลังการผลิตไฟฟ้าในแต่ละวันอยู่ในเกณฑ์สูง ปัจจัยดังกล่าวส่งผลต่อระยะเวลาคืนทุนของระบบทั้งสิ้น โดยการจำลองในการศึกษานี้ได้เลือกใช้ราคาของอุปกรณ์ของปี พ.ศ. 2562 เพื่อใช้ในการคำนวณการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน (PB)} = \frac{\text{เงินทุนเริ่มต้น}}{\text{กำไรสุทธิเฉลี่ยต่อปี}} \quad (1)$$

$$\text{มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)} \quad NPV = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{1 + r} \quad (2)$$

กำหนดให้

$$\begin{aligned} B_t &= \text{ผลตอบแทนของโครงการในปีที่ } t \\ C_t &= \text{ต้นทุนของโครงการในปีที่ } t \\ r &= \text{อัตราคิดลด (Discount Rate)} \\ n &= \text{อายุของโครงการ} \\ t &= \text{ปีของโครงการ} \end{aligned}$$

อัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR)

$$\sum_{t=0}^n \frac{(B_t - C_t)}{(1 + IRR)^t} = 0 \quad (3)$$

กำหนดให้

$$\begin{aligned} B_t &= \text{ผลตอบแทนของโครงการในปีที่ } t \\ C_t &= \text{ต้นทุนของโครงการในปีที่ } t \\ n &= \text{อายุของโครงการ} \\ t &= \text{ปีของโครงการ} \end{aligned}$$

3. การคำนวณการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂)

การคำนวณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) เพื่อประเมินผลประโยชน์ทางสิ่งแวดล้อมและนำไปวิเคราะห์หาแนวทางหรือมาตรการเพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) โดยใช้ค่า Emission Factor เท่ากับ 0.48 kgCO₂/kWh.year ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของการผลิตไฟฟ้าในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2562 (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2564) สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 4 (วิรัตน์ พิชิตกุญชร และกิริติ ชยะกุลศิริ, 2561)

$$\text{Avoided CO}_2 \text{ Emissions} = ER * 0.48 \text{ (kgCO}_2\text{/kWh.year)} \quad (4)$$

โดยที่ ER คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh)

โดยผลการศึกษาที่ได้แสดงถึงการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ของการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการผลิตไฟฟ้าในระยะเวลา 1 ปี ซึ่งอายุการใช้งานของอุปกรณ์ที่บริษัทผู้ผลิตรับประกันที่ 25 ปี ดังนั้นแสดงว่ายิ่งกำลังผลิตไฟฟ้ามีปริมาณมากเท่าใด ก็จะส่งผลดีต่อสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้นไปด้วย

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. การติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา

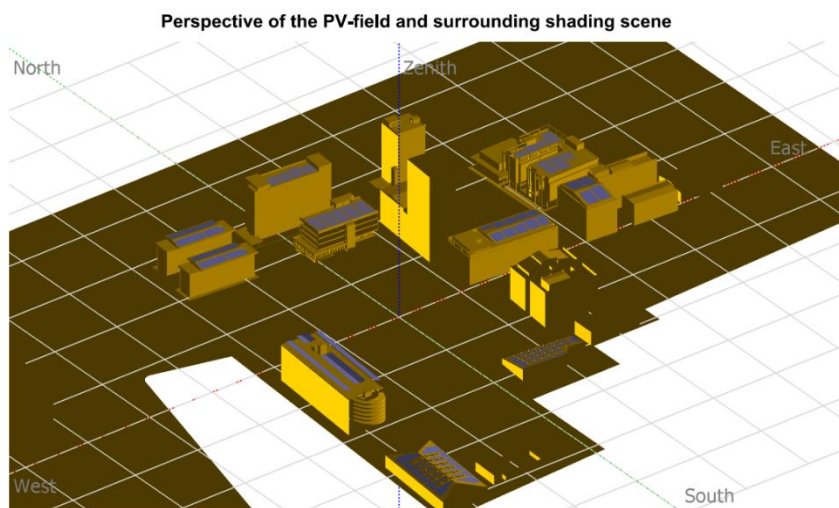
การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทยที่เหมาะสมควรติดตั้งให้ด้านหน้าของแผงหันไปทางทิศใต้ และมีความลาดชัน 15-20 องศากับพื้นดิน เนื่องด้วยอาคารของมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตยังไม่ได้วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ มีแนวอาคารส่วนใหญ่ใกล้เคียงกับทิศใต้ ผู้วิจัยจึงได้ใช้โปรแกรม PVSYST Version 6.87 มาช่วยในการออกแบบติดตั้งเพื่อให้ผลิตพลังงานไฟฟ้ามากที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 5 การจำลองการวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารมีรายละเอียดดังนี้

พิกัดที่ติดตั้ง	ละติจูด 13.870090 องศาเหนือ และลองจิจูด 100.550579 องศาตะวันออก
อาคารทำมุม	10 องศากับทิศตะวันตกเฉียงใต้
ค่าการบังเงา (Shading Loss)	ร้อยละ 2.62
จำนวนแผง	2,480 แผง
จำนวนสตริง	124 สตริง สตริงละ 20 แผง
แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด	400 Wp
กำลังการผลิต	992 kWp
ค่าประสิทธิภาพระบบ	ร้อยละ 76.79
ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้	1,357,797 kWh/year

2. ประสิทธิภาพของระบบ

การจำลองระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อคำนวณปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ วิเคราะห์ประสิทธิภาพ (Efficiency) และอัตราส่วนสมรรถนะ (Performance Ratio) ของระบบ โดยใช้ข้อมูลความเข้มรังสีอาทิตย์จากฐานข้อมูลขององค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติ (National Aeronautics and Space Administration: NASA) จากภาพที่ 5 กำลังผลิตพลังงานรวมอยู่ที่ 992 kWp พื้นที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 4,990 m² ในระบบประกอบด้วยอินเวอร์เตอร์ 36 kW ประสิทธิภาพสูงสุดที่ร้อยละ 98.6 ที่ค่าตัวประกอบกำลังเท่ากับ 1 จำนวน 25 เครื่อง และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด PERC, Monocrystalline ขนาด 400 Wp แรงดันที่ กำลังสูงสุดของแผง 41.7 Volt ค่ากระแสที่ กำลังไฟฟ้าสูงสุด 9.60 Amp จำนวน 2,480 แผง โดยระบบสามารถผลิตไฟฟ้าได้เท่ากับ 1,357,797 kWh/year โดยที่ประสิทธิภาพของระบบเท่ากับร้อยละ 76.79 ค่าไฟฟ้าที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับไฟฟ้าที่ผลิตติดตั้งต่อปีเท่ากับ 1,369 kWh/kWp/year สามารถคำนวณค่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ได้เท่ากับ 651,742.56 kgCO₂/kWh.year เมื่อวิเคราะห์ผลการจำลองเป็นรายเดือน

ดังตารางที่ 1 สามารถวิเคราะห์ศักยภาพของระบบรายเดือนได้ พบว่า ในเดือนมีนาคมมีค่าพลังงานสุทธิที่ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ได้รับมากที่สุด 160.0 kWh/m^2 จึงสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากที่สุด แต่สมรรถนะของระบบ $PR=0.763$ น้อยกว่าเดือนพฤศจิกายนและเดือนธันวาคม $PR=0.773$ เนื่องจากอุณหภูมิแวดล้อมของเดือนมีนาคม (29.86°C) สูงกว่าเดือนพฤศจิกายนและเดือนธันวาคม (27.72°C) ทำให้มีพลังงานสูญเสียมากขึ้นจึงทำให้ประสิทธิภาพของระบบลดลง



ภาพที่ 5 จำลองการออกแบบติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้ PVSYS Version 6.87

3. ค่าสูญเสียในระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์

ในการจำลองระบบนี้มีค่าสูญเสียในระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นค่าเริ่มต้น (Default) ที่โปรแกรมปรับตั้งไว้โดยค่าการสูญเสียของการออกแบบระบบทำให้ค่าพลังงานไฟฟ้าสุทธิที่ผลิตจากระบบผลิตไฟฟ้าลดลง อีกทั้งยังเป็นค่าเผื่อในการออกแบบทำให้เมื่อนำระบบที่ออกแบบไว้ไปติดตั้งจริงได้ค่าพลังงานไฟฟ้าสุทธิที่ผลิตจากระบบผลิตไฟฟ้าได้ตามที่ต้องการ โดยสาเหตุหลักเกิดจากการสูญเสียที่แผงเซลล์ (Photovoltaic Loss: PV Loss) ถึงร้อยละ 16.39 และการสูญเสียที่อินเวอร์เตอร์ ขณะทำงานอีกร้อยละ 1.39 ดังแสดงในภาพที่ 6

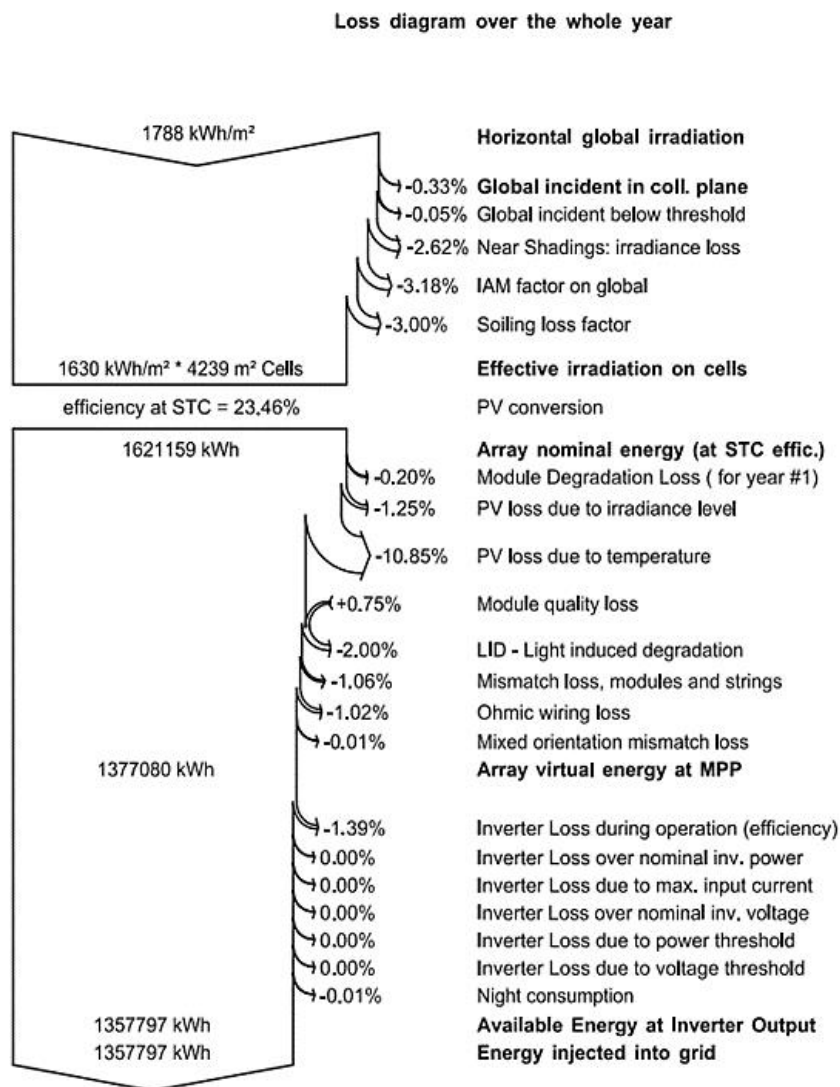
4. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การศึกษานี้ วิเคราะห์การลงทุน 3 ประการ คือ ระยะเวลาคืนทุน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ และอัตราผลตอบแทนการลงทุน โดยการลงทุนเริ่มต้นที่ 32,736,000 บาท คำนวณหาระยะเวลาคืนทุนโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel พบว่าระยะเวลาคืนทุน 7 ปี 3 เดือน จากผลการวิเคราะห์ด้านการเงินข้างต้นมาวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) โดยใช้อัตราส่วนลดร้อยละ 5 พบว่าค่า NPV ตลอดอายุมีค่าเท่ากับ 27,294,732.67 บาท ซึ่งมีค่าเป็นบวกแสดงว่ายอมรับโครงการ ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ด้านการเงินข้างต้นนำมาวิเคราะห์

อัตราผลตอบแทนลดค่า (IRR) พบว่าค่า IRR ตลอดโครงการมีค่าเท่ากับร้อยละ 13 ซึ่งอัตราผลตอบแทนการลงทุนมีค่าสูงกว่า Minimum Acceptable Rate of Return (MARR) จึงน่าสนใจลงทุน สำหรับการวิเคราะห์การลงทุนนั้น พบว่าเหมาะสมต่อการลงทุน และผลการศึกษายังพบว่าสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ ได้แก่ ชนิสร่า สุทธิพันธ์ (2559) และ วิรัตน์ พิชาติบุญชู และกิริติ ชยะกุลศิริ (2561)

ตารางที่ 1 ผลการจำลองระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

เดือน	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR
มกราคม	144.5	60.81	27.27	145.9	132.7	113143	111567	0.771
กุมภาพันธ์	143.4	68.61	28.55	144.0	131.8	111412	109902	0.770
มีนาคม	174.3	82.67	29.86	173.9	160.0	133502	131704	0.763
เมษายน	174.5	80.07	30.14	173.2	159.5	132478	130652	0.760
พฤษภาคม	163.5	83.11	29.69	161.7	148.0	124347	122615	0.765
มิถุนายน	152.2	78.95	29.17	150.4	137.6	115992	114343	0.766
กรกฎาคม	149.0	88.52	29.34	147.1	134.3	113836	112215	0.769
สิงหาคม	138.7	75.78	29.28	137.1	125.8	105720	104189	0.766
กันยายน	129.9	75.93	28.24	129.1	118.0	100126	98673	0.770
ตุลาคม	137.4	79.31	28.58	137.2	125.4	106481	104960	0.771
พฤศจิกายน	139.5	67.19	27.72	140.1	127.5	109014	107485	0.773
ธันวาคม	141.5	61.88	27.22	142.8	129.7	111028	109491	0.773
รวม	1788.4	902.84	28.76	1782.5	1630.3	1377080	1357797	0.768



ภาพที่ 6 แผนภาพสมดุลพลังงานระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

สรุป

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดหาพลังงานไฟฟ้ามุ่งสู่เป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอนในมหาวิทยาลัยสุรนารี โดยจำลองระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาทั้งหมด 10 อาคาร พื้นที่ติดตั้ง 4,990 m² ระบบประกอบด้วยอินเวอร์เตอร์ 36 kW จำนวน 25 เครื่อง แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 400 Wp จำนวน 2,480 แผง ต่อขนานกัน 124 สตริง และใน 1 สตริงต่ออนุกรมกัน 20 แผง ทำให้ได้กำลังผลิตรวมอยู่ที่ 992 kWp โดยใช้โปรแกรม PVSYS Version 6.87 ในการจำลอง สามารถลดปริมาณหน่วยการใช้ไฟฟ้าได้ถึง 1,379,477.70 kWh/year คิดเป็นมูลค่าเงินจากการประหยัดพลังงานต่อปีเท่ากับ 4,768,470.42

บาทต่อปี มีระยะคืนทุนภายใน 7 ปี 3 เดือน และสามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ถึง 651,742.56 kgCO₂/kWh.year จากผลการศึกษาที่ได้สามารถนำไปช่วยตัดสินใจในการติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา และใช้เป็นแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และเพื่อให้อาคารสถานศึกษาอื่น ๆ ประยุกต์ใช้งานวิจัยนี้เพื่อมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนได้

ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้ถือเป็นเพียงส่วนหนึ่งของการจัดหาพลังงานเพื่อมุ่งสู่เป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอนของสถานศึกษา ซึ่งยังมีมาตรการปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้าอีกหลายมาตรการที่จะช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) เช่น การปรับปรุงกรอบอาคารโดยเลือกใช้วัสดุมีค่าการการนำความร้อนต่ำ การเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงทดแทนอุปกรณ์ไฟฟ้าเดิมที่มีประสิทธิภาพต่ำ เพื่อลดการใช้พลังงานในอาคารได้ เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ บัณฑิตศึกษาการจัดการทางวิศวกรรม วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต (College of Innovative Technology and Engineering Dhurakij Pundit University) ที่สนับสนุนทั้งข้อมูล ความรู้ เทคนิคต่าง ๆ และขอบขอบคุณทีมงานช่างซ่อมบำรุงที่อำนวยความสะดวกและให้การช่วยเหลือเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- การุณย์ ชัยวนิชย์, พุทธิ อุบลสุข, และมนตรี สังข์ทอง. (2561). การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์จากการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดินภายในโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า. วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, 10(12), 35–46.
- กิตติพงศ์ เพทาย. (2562). การศึกษาความเป็นไปได้ของการจัดตั้งโครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ กรณีศึกษา จังหวัดตรัง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- จุฑารัตน์ ชุนหะศร. (2556). พฤติกรรมการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์:กรณีศึกษานุเคราะห์ที่ปฏิบัติงานในเทศบาลตำบลเมืองแกลง จังหวัดระยอง. วารสารวิทยบริการ, 24(3), 82-93.
- ฉัตร ผลนาค, จอมภพ แววศักดิ์, สมพล ชีวมงคลกานต์, และ ปราณี หนูทองแก้ว. (2560). การประเมินประสิทธิภาพระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาและเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายขนาดกำลัง 3 กิโลวัตต์ โดยอาศัยการจำลองแบบด้วยโปรแกรม PVsyst. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ, 20, 261–268.

- ชนิสรา สุทธิพันธ์. (2559). การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ธนากร น้ำหอมจันทร์. (2560). การอนุรักษ์พลังงานในสถานศึกษา. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 11(1), 67–75.
- บัญชา งามชื่น. (2562). การวิเคราะห์ความพร้อมในการผลิตกำลังไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดติดตั้งบนหลังคาขนาดใหญ่ 1 เมกกะวัตต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- บุญญา บัวเผื่อน. (2563). การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร กรณีศึกษา บริษัท บีเอ็มที เอเชีย จำกัด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- วรศรา สิริวัฒน์, วิภาดา ทองหอม, ศุภิสรา แขวงโสภ, ธนกฤต เนียมหอม และ วิธิดา พัฒนอิสรานุกุล. (2564). คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตพญาไท. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 29(4), 604-617.
- วิรัตน์ พิชิตกฤษ, และกิตติ ชยะกุลศิริ. (2561). การออกแบบและการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาของอาคารกองบัญชาการกรมยุทธโยธาทหารบก. วิ ศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา, 29(1), 25–36.
- ศรายุทธ จิตรพัฒนานุกุล, และกฤษณะ จันทสิทธิ์. (2564). ระบบสาธิตผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับชุมชนฐานรากระดับครัวเรือน. วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์, 16(1), 87-102.
- สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2564). การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO₂) จากการใช้พลังงาน ปี2564. สืบค้นจาก http://www.eppo.go.th/index.php/th/component/k2/item/download/22061_5ccc70b8d6aaf1e3d34dc98b6d138bc2
- อิทธิเดช ภู่นันทพงษ์, และฐิติศักดิ์ บุญปรามิทธิ์. (2563). การศึกษาความเป็นไปได้ของระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาตามนโยบายการรับซื้อไฟฟ้า สำหรับภาคประชาชนประเภทบ้านอยู่อาศัย. วารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน, 3(1), 58–64.

การพัฒนากระบวนการผลิตบ๊องแจ่วหม้อเพื่อยกระดับคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษา

นภาพันธ์ โชคอำนวยพร^{1*}

Received : January 18, 2023

Revised : September 14, 2023

Accepted : September 21, 2023

บทคัดย่อ

ผลิตภัณฑ์บ๊องแจ่วหม้อเป็นผลิตภัณฑ์อาหารพื้นถิ่นของคนในชุมชนลาวเวียงเนินขาม จังหวัดชัยนาท โดยการนำส่วนผสมของแจ่วหม้อหมูมาทำการยัดในไส้หมูก่อนทำให้สุก งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการพัฒนากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์บ๊องแจ่วหม้อเพื่อยกระดับคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเก็บผลิตภัณฑ์เพื่อรอการจำหน่ายทั้งภายในชุมชนและแหล่งท่องเที่ยว โดยศึกษารูปแบบของการบรรจุในสภาวะปกติ สภาวะสุญญากาศ และสภาวะสุญญากาศร่วมกับการฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส นาน 30 วินาที นำผลิตภัณฑ์ไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยาและทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค จากผลการศึกษาพบว่า เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นผลิตภัณฑ์บ๊องแจ่วหม้อที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศและผ่านการพาสเจอไรซ์มีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง ในขณะที่ค่าความแข็งเพิ่มขึ้นและค่า Thiobarbituric acid (TBA) เพิ่มขึ้นในระดับค่าไม่เกินกว่า 2 mg MDA/kg ส่วนค่าคุณภาพทางจุลชีววิทยาตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดโดยที่จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ยีสต์และราต้องไม่เกิน 1×10^2 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม อีกทั้งผู้บริโภคยังคงให้การยอมรับผลิตภัณฑ์มากกว่าร้อยละ 50 ซึ่งการบรรจุผลิตภัณฑ์บ๊องแจ่วหม้อในรูปแบบสุญญากาศร่วมกับการพาสเจอไรซ์และเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำให้สามารถเก็บรักษามลทินได้ยาวนานถึง 28 วัน เมื่อเทียบกับตัวอย่างที่บรรจุภายใต้สภาวะปกติที่เก็บได้ 15 วัน โดยที่ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยและได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค

คำสำคัญ: การยืดอายุการเก็บรักษา บ๊องแจ่วหม้อ ภูมิปัญญาท้องถิ่น อาหารพื้นถิ่น

¹ อาจารย์ สาขาวิชาการประกอบอาหารและการจัดการงานครัว คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

อีเมล: napapan.c@chandra.ac.th

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: napapan.c@chandra.ac.th

PRODUCTION DEVELOPMENT OF BONG JAEW MOR TO ENHANCE QUALITY AND EXTEND SHELF LIFE

Napapan Chokumnoyporn^{1*}

Abstract

Bong Jaew Mor is an indigenous food of the people in the Lao-Viang Noen Kham Chainat province. It is produced by stuffing the ingredients of pork Jaew Mor into pork intestines before cooking. The objective of this research was to develop the production process of Bong Jaew Mor products to enhance their quality and extend their shelf life for storage and distribution purposes, both within the community and at tourist attractions. The packing conditions were studied under normal conditions, vacuum conditions, and vacuum conditions in combination with pasteurization at 75 °C for 30 seconds. The products underwent analysis for physical, chemical, and microbial qualities, as well as consumer acceptance testing. The results indicated that as the storage time increased, the vacuum-packed and pasteurized Bong Jaew Mor products exhibited a decrease in pH, an increase in hardness, and a Thiobarbituric acid (TBA) value that did not exceed 2 mg MDA/kg. The microbial quality throughout the storage period met the specified standard criteria, with the total number of microorganisms not exceeding 1×10^4 colonies per 1 gram sample, and yeast and mold not exceeding 1×10^2 colonies per 1 gram sample. Consumer acceptance of this product exceeded 50 percent. Vacuum packaging with pasteurization of Bong Jaew Mor products, followed by storage at 4 °C, allowed the products to be stored for up to 28 days, compared to 15 days for samples packed under normal conditions. Consumers accepted this product for its quality and safety.

Keywords: Shelf life extension, Bong Jaew Mor, Local wisdom, Indigenous food

¹ Lecturer, Division of Culinary Art and Kitchen Management, Faculty of Science, Chandrakasem Rajabhat University, e-mail: napapan.c@chandra.ac.th

* Corresponding author, e-mail: napapan.c@chandra.ac.th

บทนำ

แจ่วหม้อเป็นอาหารท้องถิ่นชนิดหนึ่งของคนลาวเวียงในชุมชนตำบลเนินขาม อำเภอนีนขาม จังหวัดชัยนาท ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่แสดงถึงวัฒนธรรมและเอกลักษณ์ของชุมชน ลักษณะของแจ่วหม้อของที่นี่จะใช้วัตถุดิบหลักคือน้ำหมูที่นำมาผสมกับส่วนผสมของพริกแกง โดยนำพริกแห้งและหอมแดงคั่วจนหอมตำให้ละเอียด ก่อนนำไปผัดให้หอม จากนั้นนำเนื้อหมูมาผัดให้สุก ปรงรสด้วยน้ำปลา น้ำมะขามเปียก น้ำปลาร้า และใส่ข้าวคั่วลงไป โดยจะรับประทานกับผักเครื่องเคียง ซึ่งคนในชุมชนมีการทำแจ่วหม้อในช่วงงานเทศกาลทำบุญต่าง ๆ อีกทั้งแจ่วหม้อยังเป็นอาหารที่ใช้ในการต้อนรับนักท่องเที่ยวของชุมชน ทางคณะผู้วิจัยทั้งนักวิจัยชุมชนลาวเวียงและนักวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม ได้มีแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภค โดยพัฒนาผลิตภัณฑ์แจ่วหม้อซึ่งเป็นอาหารประเภทเครื่องจิ้มที่มีส่วนผสมพริกแกงของแจ่วหม้อมาใช้ผสมกับเนื้อหมูและเพิ่มส่วนผสมของพืชสมุนไพรท้องถิ่น ได้แก่ ต้นหอม ผักชี ใบมะกรูด ตะไคร้ และข่า คลุกเคล้าส่วนผสมให้เข้ากันแล้วนำมาอัดในไส้หมู จากนั้นทำให้สุกด้วยการอบ คนในชุมชนได้ตั้งชื่อผลิตภัณฑ์ตามภาษาลาวเวียงที่สื่อถึงลักษณะผลิตภัณฑ์ที่เป็นแท่งยาว ๆ ว่า “บ้องแจ่วหม้อ” (นภาพันท์ โชคอำนวยพร, 2564) ซึ่งผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะนำมาใช้จำหน่ายภายในชุมชนสำหรับกิจกรรมท่องเที่ยวชุมชนและมีแนวคิดในการที่จะจำหน่ายเป็นของฝาก

ในการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เป็นการศึกษาช่วงเวลาของผลิตภัณฑ์ที่ยังคงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้มีความปลอดภัยต่อการบริโภค โดยที่คุณภาพของผลิตภัณฑ์จะขึ้นอยู่กับส่วนผสมและกระบวนการผลิตเป็นหลัก ซึ่งในการศึกษาอายุการเก็บรักษาจะทำการผลิตผลิตภัณฑ์และเก็บรักษาในสภาวะจริงหรือจะทำการเก็บรักษาในสภาวะเร่งและทำการสุ่มตัวอย่างนำมาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ได้แก่ สี ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ลักษณะเนื้อสัมผัส คุณภาพด้านจุลชีววิทยา และคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส เพื่อประเมินหาอายุการเก็บรักษาที่เหมาะสมหรือศึกษาวิธีการต่าง ๆ ที่จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ (Park et al., 2018) นอกเหนือจากปัจจัยที่กล่าวข้างต้นยังมีการรายงานถึงปัจจัยด้านรูปแบบการบรรจุและการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อสัตว์ต่าง ๆ ที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เช่นกัน (Özpolat et al., 2014; จันทิรา วงศ์เขียว และคณะ, 2562) จากข้อมูลของ สติത്യพงษ์ มั่นหล้า และฉวีวรรณ สุขสร (2566) ได้ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาโดยใช้วัตถุดิบในท้องถิ่น คือ ไส้อั่วปลาจาระเม็ดสีทองเสริมสาหร่ายพวงองุ่น เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในภาชนะปิดสนิทแบบขวดแก้ว พบว่า ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีอายุการเก็บรักษาประมาณ 2 สัปดาห์ ส่วนการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไส้อั่วหมูที่มีการเสริมเห็ดหอมลงไปเมื่อทำการเก็บรักษาในถุงพลาสติกพอลิโพรไพลีนและใส่สารดูดซับออกซิเจน ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวสามารถเก็บที่อุณหภูมิห้องถึง 7 วันและสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น 6 องศาเซลเซียสได้นานถึง 15 วัน (สุทธิพันธุ์ แดงใจ และรสสุคนธ์ วงษ์ดอกไม้, 2562) กรณีศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลา

(*Capoeta umbla* sausages) ซึ่งทำการบรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศและทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งช่วยทำให้อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์นานขึ้นถึง 30 วันเมื่อทำการเปรียบเทียบกับผลการบรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติและทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (Özpolat et al., 2014) ซึ่งผลการทดลองเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับกรณีศึกษาวิจัยที่ทำการทดสอบผลของรูปแบบการบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับสภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำพบว่า การบรรจุในรูปแบบดังกล่าวและทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสช่วยคงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อปูมาต้มให้อายุการเก็บรักษานานขึ้น (จันทิรา วงศ์วิเชียร และคณะ, 2562) ในส่วนของกระบวนการพาสเจอร์ชันถูกนำมาใช้เพื่อช่วยยืดอายุผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภค รวมถึงผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์โดยที่มีการคำนึงถึงช่วงของอุณหภูมิความร้อนและระยะเวลาที่ใช้ซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ และยังส่งผลต่ออายุการเก็บรักษา (Vinnikova et al., 2019)

จากข้อมูลดังที่กล่าวมานั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพในการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์บ้องแฉ่วหม้อโดยศึกษารูปแบบการบรรจุในสภาวะที่แตกต่างกันและอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ผลการศึกษาในครั้งนี้ทำให้ทราบสภาวะที่เหมาะสมในยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์บ้องแฉ่วหม้อเพื่อการจัดจำหน่ายของชุมชน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนากระบวนการผลิต และศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์บ้องแฉ่วหม้อ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่างบ้องแฉ่วหม้อสำหรับศึกษาอายุการเก็บรักษา

ส่วนผสมของบ้องแฉ่วหม้อ ได้แก่ เนื้อหมูร้อยละ 66 หอมแดงคั่วร้อยละ 14 พริกแห้งร้อยละ 4 น้ำปลาร้าร้อยละ 0.43 ข้าวคั่วร้อยละ 5 เครื่องปรุงรส 6 และสมุนไพรร้อยละ 4.57 (อัตราส่วนปริมาณสมุนไพรที่ใช้ ได้แก่ ต้นหอมต่อผักชีต่อใบมะกรูดต่อตะไคร้ต่อข่าอ่อน เท่ากับ 1 ต่อ 1 ต่อ 1 ต่อ 2 ต่อ 2) การเตรียมส่วนผสมสมุนไพรเริ่มจากการนำสมุนไพรมาล้างทำความสะอาด ตัดแต่งและทำการหั่น/ซอยให้มีขนาดเล็ก การทำบ้องแฉ่วหม้อมีลำดับขั้นตอนคือ ทำพริกแกงแฉ่วหม้อโดยนำหอมแดงและพริกแห้งมาคั่วแล้วนำไปโขลกให้ละเอียด เติมน้ำปลาร้าไป โขลกจนส่วนผสมเข้ากันดี นำพริกแกงที่ได้มาผสมกับหมูและสมุนไพรผสมที่เตรียมเอาไว้ นวดผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำไปยัดใส่ไส้หมูและนำไปอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที โดยใช้เตาอบไฟฟ้า SHARP รุ่น EO-60K (สุชาดา ทองอัน และชาริสสา แสงทองอร่าม, 2564) จากนั้นนำผลิตภัณฑ์บ้องแฉ่วหม้อที่ทำการผลิตด้วยวิธีการดังกล่าวไปศึกษาอายุการเก็บรักษาโดยใช้รูปแบบในการบรรจุที่แตกต่างกัน

2. การศึกษารูปแบบในการบรรจุและอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์บ้องแฉ่วหม้อ

นำผลิตภัณฑ์บ้องแฉ่วหม้อ (จากข้อ 1) บรรจุในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE ขนาด 140 x 200 มิลลิเมตร บรรจุละ 100 กรัม โดยการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ 1) นำผลิตภัณฑ์มาศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) โดยบรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ ในระหว่างการเก็บรักษาทำการสุ่มตัวอย่างในวันที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 และ 2) การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิแช่เย็น (4 ± 2 องศาเซลเซียส) โดยตัวอย่างจะบรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติ สภาวะสุญญากาศ และบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับการพาสเจอไรซ์ (นำบ้องแฉ่วหม้อในบรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศไปพาสเจอไรซ์ในน้ำร้อนให้มีอุณหภูมิจุดกึ่งกลาง 75 องศาเซลเซียส นาน 30 วินาที โดยที่อุณหภูมิใจกลางผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 72 องศาเซลเซียสเป็นเวลาอย่างน้อย 15 นาที) (โสมศิริ สมถวิล, 2555) จากนั้นทำการแช่ตัวอย่างในน้ำเย็นก่อนเก็บรักษา ในระหว่างการเก็บรักษาทำการสุ่มตัวอย่างในวันที่ 0, 3, 6, 9, 13, 16, 20, 23, 27, 30 และ 35 เพื่อนำตัวอย่างไปวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ต่อไป

3. การวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์

3.1 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส

วิเคราะห์เนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (รุ่น TA.XT plus ยี่ห้อ Stable Micro System, USA) หัววัดอะลูมิเนียมทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร Test speed เท่ากับ 5.0 mm/s, Post test speed เท่ากับ 5.0 mm/s และกำหนดความสูงของตัวอย่างที่ต้องการให้หัววัดกดลงไป เท่ากับร้อยละ 75 ตัวอย่างบ้องแฉ่วหม้อที่ใช้วัดค่าจะถูกหั่นให้มีความหนาตามหน้าตัดขนาด 1 เซนติเมตร ทำการวัดค่าตัวอย่างจำนวน 10 ซ้ำ (โสมศิริ สมถวิล, 2555)

3.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เตรียมตัวอย่างโดยทำการชั่งตัวอย่างบ้องแฉ่วหม้อผสมกับน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 ทำการปั่นตัวอย่างให้ละเอียด จากนั้นวัดด้วยเครื่อง pH meter (รุ่น pHScan 3 ยี่ห้อ Eutech Instruments, Singapore) ทำการวัดค่าตัวอย่าง 3 ซ้ำ (โสมศิริ สมถวิล, 2555) และการวิเคราะห์ค่าปริมาณกรดไทโอบาร์บิทริก (Thiobarbituric acid value, TBA) เป็นการวัดปริมาณมาลอนัลดีไฮด์ (Malonaldehyde) ที่เกิดขึ้น โดยการวัดความเข้มสีของสารที่เกิดขึ้นด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (รุ่น SPECORD 250 PLUS ยี่ห้อ Analytika Jena, Germany) แสดงหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม การเตรียมตัวอย่างทำได้โดยนำตัวอย่างมา 5 กรัม ผสมกับสารละลายกรดไตรคลอโรอะซิติก (Trichloroacetic acid, TCA) ความเข้มข้นร้อยละ 15 ปริมาตร 15 มิลลิลิตร ปั่นผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำสารละลายตัวอย่างที่ได้มา 1 มิลลิลิตร เติมสารละลาย TBA ลงไปที่ปริมาตร 2.0 มิลลิลิตร ปั่นผสมให้เข้ากัน จากนั้นต้มในน้ำเดือด 15 นาที ทำให้เย็นโดยผ่านน้ำ 15 นาที

ทำการหมนเหวี่ยง ดูดสารละลายใส่วัดค่าการดูดกลืนแสงความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร เทียบกับกราฟมาตรฐาน ทำการวัดค่าตัวอย่างจำนวน 3 ซ้ำ การวิเคราะห์หาค่า TBA คัดแปลงจากวิธีของวันเพ็ญ แสงทองพินิจ และคณะ (2557)

3.3 การวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate counts) โดยชั่งตัวอย่าง 25 กรัมเติมลงในสารละลายบัฟเฟอร์ เปปโตความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ทำการเจือจางสารละลายตัวอย่างถึงระดับที่ 10^{-5} จากนั้นปิเปตสารละลายเจือจางมาปริมาตร 1 มิลลิลิตรลงบน plate แล้วเทอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA) ที่หลอมเหลว ปริมาตร 10-15 มิลลิลิตรลงไป บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เวลา 48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีที่เจริญบนอาหาร และจำนวนยีสต์และรา (Yeasts and Molds) โดยชั่งตัวอย่าง 25 กรัมเติมลงในสารละลายบัฟเฟอร์ เปปโตความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ทำการเจือจางสารละลายตัวอย่างถึงระดับที่ 10^{-5} จากนั้นปิเปตสารละลายเจือจางมาปริมาตร 1 มิลลิลิตรลงบน plate แล้วเทอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) ที่ผสมกับกรด ทาร์ทริกจนมีค่า pH เท่ากับ 3.5 ปริมาตร 10-15 มิลลิลิตรลงไป บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 3 วัน นับจำนวนโคโลนีที่เจริญบนอาหาร ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างจำนวน 3 ซ้ำ คัดแปลงตามวิธีการของ Bacteriological Analytical Manual (BAM) (U.S. Food and Drug Administration, 2001)

3.4 การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

การทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์โดยรวมจากการพิจารณาคุณลักษณะด้านสีและกลิ่นของผลิตภัณฑ์ บ้องแฉ่วหม้อที่มีรูปแบบของการบรรจุที่แตกต่างกันโดยผู้ทดสอบชิมที่มีประสบการณ์ด้านการประเมินทางประสาทสัมผัสและมีอายุอยู่ในช่วง 20-50 ปี จำนวน 30 คน โดยเป็นผู้ทดสอบชิมที่มีประสบการณ์ในการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ ทำการประเมินตัวอย่างบ้องแฉ่วหม้อที่หั่นและบรรจุในถ้วยพลาสติกที่มีฝาปิด ผู้ทดสอบทำการประเมินตัวอย่างโดยพิจารณาจากคุณลักษณะด้านสีและกลิ่นของผลิตภัณฑ์แล้วระบุยอมรับหรือไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ ทำการทดสอบตัวอย่างจำนวน 3 ซ้ำ (โสมศิริ สมถวิล, 2555; Giménez et al., 2008)

4. การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ค่าร้อยละ และความแปรปรวน (ANOVA) ของข้อมูล วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธี Turkey's test กำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. การศึกษารูปแบบในการบรรจุที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์บ้องแฉ่วหม้อเมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ในการศึกษารูปแบบการบรรจุผลิตภัณฑ์ต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์บ้องแฉ่วหม้อในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE จำนวน 2 รูปแบบ ได้แก่ การบรรจุสุญญากาศภายใต้บรรยากาศปกติ (สูตรควบคุม) และการบรรจุแบบสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ทำการสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี จุลชีววิทยาและทำการประเมินการยอมรับโดยผู้ทดสอบชิม โดยสุ่มตัวอย่างทุกวัน ตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 4

ตารางที่ 1 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์บ้องแฉ่วหม้อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 4 วัน

ค่า คุณภาพ	วันที่				
	0	1	2	3	4
ค่า pH					
ควบคุม	5.68±0.05 ^{ns,A}	5.08±0.02 ^{ns,B}	4.99±0.10 ^{ns,B}	4.95±0.08 ^{ns,B}	4.90±0.10 ^{ns,B}
สุญญากาศ	5.69±0.04 ^{ns,A}	5.24±0.05 ^{ns,B}	5.18±0.07 ^{ns,B}	4.96±0.05 ^{ns,C}	4.95±0.05 ^{ns,C}
ค่า TBA (mg MDA/kg)					
ควบคุม	0.67±0.07 ^{ns,C}	0.78±0.03 ^{ns,BC}	0.75±0.08 ^{ns,BC}	0.88±0.03 ^{ns,A}	0.88±0.06 ^{ns,A}
สุญญากาศ	0.64±0.10 ^{ns,C}	0.81±0.07 ^{ns,BC}	0.73±0.12 ^{ns,C}	1.07±0.07 ^{ns,A}	1.00±0.04 ^{ns,A}
ความแข็ง (N)					
ควบคุม	91.76±16.90 ^{a,B}	93.74±5.23 ^{ns,B}	126.72±17.95 ^{ns,A}	77.41±19.20 ^{a,B}	129.02±29.04 ^{ns,A}
สุญญากาศ	76.03±11.37 ^{b,C}	104.28±14.97 ^{ns,B}	139.71±11.15 ^{ns,A}	40.24±11.20 ^{b,D}	114.41±19.26 ^{ns,B}
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)					
ควบคุม	4.55±0.35×10 ²	4.55±0.43×10 ⁴	*	-	-
สุญญากาศ	2.00±1.0×10 ³	6.15±0.63×10 ³	1.45±0.61×10 ⁶	-	-
จำนวนยีสต์และรา (CFU/g)					
ควบคุม	<10	3.30±0.58×10 ³	5.20±0.72×10 ⁵	-	-
สุญญากาศ	<10	1.80±0.26×10 ³	1.70±0.26×10 ⁵	-	-
ค่าร้อยละการยอมรับ					
ควบคุม	100	73.33±3.34	33.33±10.00	-	-
สุญญากาศ	100	83.33±3.34	46.67±13.34	-	-

หมายเหตุ ^{a-b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{A-D} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

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

* ผลิตภัณฑ์มีการเสื่อมเสีย

จากตารางที่ 1 พบว่า ค่า pH ของผลิตภัณฑ์บ้องแฉ่วหม้อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องทั้งสูตรควบคุมและสูตรที่บรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศมีค่าลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ในส่วนของค่าดัชนีบ่งบอกการหืน (ค่า TBA) ของผลิตภัณฑ์บ้องแฉ่วหม้อทั้ง 2 ตัวอย่าง พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น ค่า TBA ของตัวอย่างจะเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ค่า TBA ของทั้งสองตัวอย่างมีค่าไม่เกินกำหนดที่จะระบุว่าตัวอย่างมีกลิ่นหืนไม่เป็นที่ยอมรับ สำหรับค่าคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสค่าความแข็งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น คุณภาพทางด้านทางจุลชีววิทยา ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และจำนวนยีสต์และราของบ้องแฉ่วหม้อที่บรรจุภายใต้บรรยากาศปกติและแบบสุญญากาศ เมื่อทำการเก็บรักษาที่สภาวะอุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน 1 วัน ผลิตภัณฑ์มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์ราเกินกว่าที่กำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไส้อั่ว (มพช.294/2547: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) ส่วนคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสจากการสู่มตัวอย่างวิเคราะห์ผลการทดสอบด้านลักษณะปรากฏ และกลิ่นของผลิตภัณฑ์บ้องแฉ่วหม้อที่บรรจุในถุง Nylon/PE ทั้ง 2 สูตร ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องรายงานเป็นค่าร้อยละการยอมรับ โดยใช้เกณฑ์ร้อยละ 50 เป็นตัวตัดสินว่ายอมรับผลิตภัณฑ์นั้นเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นานขึ้น แนวโน้มของค่าร้อยละการยอมรับลดลงแต่ยังคงยอมรับในผลิตภัณฑ์อยู่จนถึงวันที่ 2 ถึงแม้ว่าคุณภาพทางจุลินทรีย์จะเกินกว่าที่กำหนด โดยในวันที่ 3 เริ่มปรากฏเชื้อราที่ผิวของผลิตภัณฑ์ จึงทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับ ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ ผู้ผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์จึงควรทำการเก็บรักษาบ้องแฉ่วหม้อในอุณหภูมิต่ำเพื่อป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์จากเชื้อจุลินทรีย์

2. การศึกษารูปแบบในการบรรจุที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์บ้องแฉ่วหม้อเมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

การศึกษายอายุการเก็บรักษาของบ้องแฉ่วหม้อ โดยศึกษาผลของรูปแบบการบรรจุ ได้แก่ สูตรควบคุม สูตรบรรจุแบบสุญญากาศ และสูตรที่บรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับการพาสเจอไรซ์ ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำการสู่มตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพ เคมี จุลชีววิทยาและทำการทดสอบประสาทสัมผัส ซึ่งผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 2-3 และภาพที่ 1-3

ตารางที่ 2 การเปลี่ยนแปลงค่า pH และค่า TBA ของบ้องแฉ่วหม้อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

วันที่	ค่า pH			ค่า TBA (mg MDA/kg sample)		
	ควบคุม	สุญญากาศ	สุญญากาศและพาสเจอร์ไรซ์	ควบคุม	สุญญากาศ	สุญญากาศและพาสเจอร์ไรซ์
0	5.68±0.05 ^{a,NS}	5.69±0.04 ^{ns,NS}	5.68±0.05 ^{ns,NS}	0.95±0.07 ^{ab,A}	0.81±0.02 ^{c,B}	0.80±0.01 ^{c,B}
3	5.59±0.04 ^{ab,NS}	5.58±0.04 ^{ns,NS}	5.57±0.10 ^{ns,NS}	0.91±0.05 ^{bc,NS}	0.84±0.04 ^{bc,NS}	0.84±0.00 ^{ab,NS}
6	5.52±0.11 ^{b,NS}	5.55±0.12 ^{ns,NS}	5.55±0.08 ^{ns,NS}	0.67±0.02 ^{d,AB}	0.54±0.05 ^{d,B}	0.80±0.12 ^{c,A}
9	5.48±0.05 ^{b,NS}	5.55±0.08 ^{ns,NS}	5.55±0.02 ^{ns,NS}	1.02±0.01 ^{a,A}	0.88±0.05 ^{bc,B}	0.97±0.07 ^{ab,AB}
14	5.44±0.04 ^{b,NS}	5.48±0.04 ^{ns,NS}	5.50±0.08 ^{ns,NS}	0.81±0.02 ^{c,B}	0.90±0.02 ^{bc,A}	0.84±0.05 ^{ab,AB}
16	5.44±0.04 ^{b,NS}	5.48±0.04 ^{ns,NS}	5.50±0.08 ^{ns,NS}	0.96±0.0 ^{ab,NS}	1.06±0.06 ^{a,ns}	0.99±0.09 ^{ab,NS}
20	-	5.55±0.08 ^{ns,NS}	5.55±0.02 ^{ns,NS}	-	0.83±0.03 ^{bc,C}	1.08±0.08 ^{ab,A}
23	-	5.48±0.04 ^{ns,NS}	5.50±0.08 ^{ns,NS}	-	0.93±0.04 ^{bc,NS}	1.03±0.05 ^{ab,NS}
27	-	5.48±0.04 ^{ns,NS}	5.50±0.08 ^{ns,NS}	-	0.79±0.07 ^{c,B}	1.05±0.17 ^{ab,A}
30	-	-	5.55±0.02 ^{ns,NS}	-	-	0.95±0.07 ^{ab}
35	-	-	5.50±0.08 ^{ns,NS}	-	-	1.11±0.12 ^a

หมายเหตุ ^{a-b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{A-D} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns,NS} หมายถึง non-sig หรือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 2 แสดงค่า pH และค่า TBA ของบ้องแฉ่วหม้อที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ซึ่งผลิตภัณฑ์บ้องแฉ่วหม้อทั้ง 3 สูตรมีค่า pH ลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับตัวอย่างบ้องแฉ่วหม้อที่บรรจุในสภาวะปกติ ($p \leq 0.05$) การที่ค่า pH ลดลงเนื่องจากเมื่อเก็บรักษาสภาพผลิตภัณฑ์นานขึ้นจะทำให้เชื้อจุลินทรีย์เจริญเติบโตและผลิตกรดแลคติกเพิ่มขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่า pH ลดลง (วิรัชพัชร โอฬารวนิช และธนกร โรจนกร, 2562) เมื่อพิจารณาค่า TBA จะพบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา ซึ่งค่า TBA เป็นการวัดปริมาณมาลอนอลดีไฮด์ที่เกิดขึ้น โดยปริมาณค่าดังกล่าวจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออายุการเก็บของผลิตภัณฑ์บ้องแฉ่วหม้อมากขึ้น ทั้งนี้มาลอนอลดีไฮด์เป็นสารที่เกิดจากการออกซิไดซ์ของไขมัน ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่เกิดขึ้นจะมีตัวเร่งปฏิกิริยา ได้แก่ แสง และอุณหภูมิ โดยมีข้อมูลการรายงานค่า TBA เพิ่มขึ้นเมื่อผลิตภัณฑ์ผ่านกระบวนการแปรรูปโดยใช้อุณหภูมิสูงอย่างเช่น การพาสเจอร์ไรซ์ เป็นต้น (วิชฌณียินยงพุทธกาล และคณะ, 2559) ซึ่งในการทดลองนี้ค่า TBA ของตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ไม่ได้แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ($p > 0.05$) ข้อสังเกตเพิ่มเติมสำหรับตัวอย่างบ้องแฉ่วหม้อที่ทำการบรรจุสุญญากาศจะมีค่า TBA ต่ำเนื่องมาจากการบรรจุแบบสุญญากาศทำให้มีปริมาณของออกซิเจนต่ำในบรรจุภัณฑ์ จึงทำให้เกิดปฏิกิริยากับไขมันในอาหารได้ช้าส่งผลทำให้ค่า TBA ที่วัดได้ของผลิตภัณฑ์ต่ำ (ศรีลดา ไกรลมสม, 2558) ค่า TBA จะเป็นค่าที่บ่งบอกถึงการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์โดยจะเกิดการเหม็นหืนจากการออกซิไดซ์ของไขมัน เกณฑ์ของค่า TBA ที่บ่งบอกถึงการเหม็นหืนของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับคือมีค่าเกินกว่า 2 mg MDA/kg (Connell, 1990; Wenjiao et al., 2014) ซึ่งในการทดลองนี้ทุกตัวอย่างเมื่อทำการเก็บรักษานานขึ้นมีค่า TBA ไม่เกินค่าตามเกณฑ์ดังกล่าว ทั้งนี้ลักษณะของผลิตภัณฑ์บ้องแฉ่วหม้อที่บรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับการพาสเจอร์ไรซ์เก็บในสภาวะ 4 องศาเซลเซียสแสดงดังภาพที่ 1



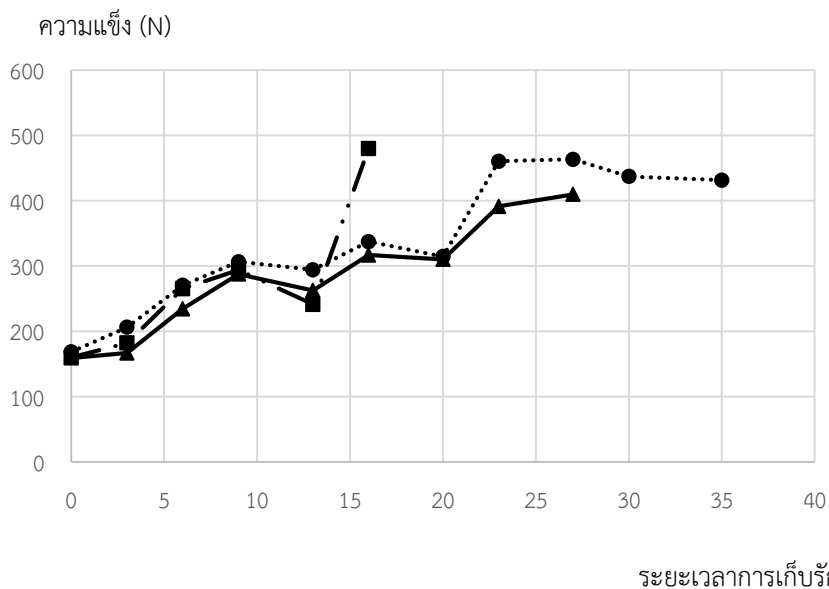
วันที่ 0

วันที่ 9

วันที่ 16

วันที่ 28

ภาพที่ 1 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ป้องกันแมลงศัตรูที่บรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับการพาสเจอไรซ์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 28 วัน



ภาพที่ 2 ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ป้องกันแมลงศัตรูที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 35 วัน

หมายเหตุ

- . ควบคุม หมายถึงป้องกันแมลงศัตรูบรรจุสุญญากาศภายใต้บรรยากาศปกติ
- ▲— สุญญากาศ หมายถึงป้องกันแมลงศัตรูบรรจุแบบสุญญากาศ
- สุญญากาศและพาสเจอไรซ์ หมายถึง ป้องกันแมลงศัตรูบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับการพาสเจอไรซ์

จากภาพที่ 2 แสดงค่าความแข็งแรงของบ้องแฉ่วหม้อที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ซึ่งจะเห็นได้ว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บนานขึ้นส่งผลต่อบ้องแฉ่วหม้อทั้ง 3 ตัวอย่างมีแนวโน้มของค่าความแข็งแรงเพิ่มขึ้น ค่าความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์นานขึ้น ผลการทดลองนี้สอดคล้องเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับรายงานของ วันเพ็ญ แสงทองพินิจ และคณะ (2557) และสอดคล้องกับผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อสัตว์ประเภทไส้กรอกเมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็นนานขึ้น เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์จะแข็งขึ้น อาจเป็นผลเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงค่า pH และการกักเก็บไขมันและน้ำของเนื้อสัตว์ ซึ่งความแข็งแรงของเนื้อสัมผัสที่เพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษาด้วยความเย็นของอาหารอาจเนื่องมาจากการแยกน้ำและไขมันออกจากโครงสร้างของโปรตีน (Salejda, 2017)

ตารางที่ 3 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์วิทยาของบ้องแฉ่วหม้อที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 35 วัน

วันที่	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)			จำนวนยีสต์และรา (CFU/g)		
	ควบคุม	สุญญากาศ	สุญญากาศและพาสเจอร์ไรซ์	ควบคุม	สุญญากาศ	สุญญากาศและพาสเจอร์ไรซ์
0	$1.55 \pm 0.30 \times 10^{2c,A}$	$1.25 \pm 0.43 \times 10^{2c,AB}$	$2.0 \pm 0.45 \times 10^{6,B}$	<10	<10	<10
3	$2.90 \pm 0.93 \times 10^{2c,A}$	$1.40 \pm 0.74 \times 10^{2c,AB}$	$9.5 \pm 1.80 \times 10^{de,B}$	<10	<10	<10
6	$3.25 \pm 0.43 \times 10^{2c,NS}$	$2.34 \pm 1.16 \times 10^{2c,NS}$	$1.55 \pm 0.26 \times 10^{2de,NS}$	<10	<10	<10
9	$9.00 \pm 1.00 \times 10^{2c,A}$	$3.00 \pm 1.00 \times 10^{2c,B}$	$3.00 \pm 0.87 \times 10^{2cde,B}$	<10	<10	<10
14	$1.15 \pm 0.13 \times 10^{3c,A}$	$3.25 \pm 0.66 \times 10^{2c,B}$	$3.55 \pm 0.35 \times 10^{2cde,B}$	<10	<10	<10
15	$2.40 \pm 0.53 \times 10^{3b,A}$	$3.15 \pm 0.61 \times 10^{2c,B}$	$5.55 \pm 1.27 \times 10^{2cde,B}$	$1.10 \pm 0.80 \times 10^b$	<10	<10
16	$4.60 \pm 0.79 \times 10^{3a,NS}$	$2.35 \pm 0.96 \times 10^{3b,NS}$	$2.85 \pm 0.74 \times 10^{3cde,NS}$	$4.20 \pm 1.71 \times 10^{2a}$	<10	<10
26	-	$3.63 \pm 0.68 \times 10^{3a,NS}$	$3.34 \pm 1.05 \times 10^{3bcd,NS}$	-	<10	<10
27	-	-	$3.70 \pm 0.30 \times 10^{3bc}$	-	<10	<10
28	-	-	$6.32 \pm 0.59 \times 10^{3b}$	-	-	$2.20 \pm 1.00 \times 10^b$
30	-	-	$1.20 \pm 0.35 \times 10^{4a}$	-	-	$6.80 \pm 0.78 \times 10^b$
35	-	-	-	-	-	$2.20 \pm 0.35 \times 10^{2a}$

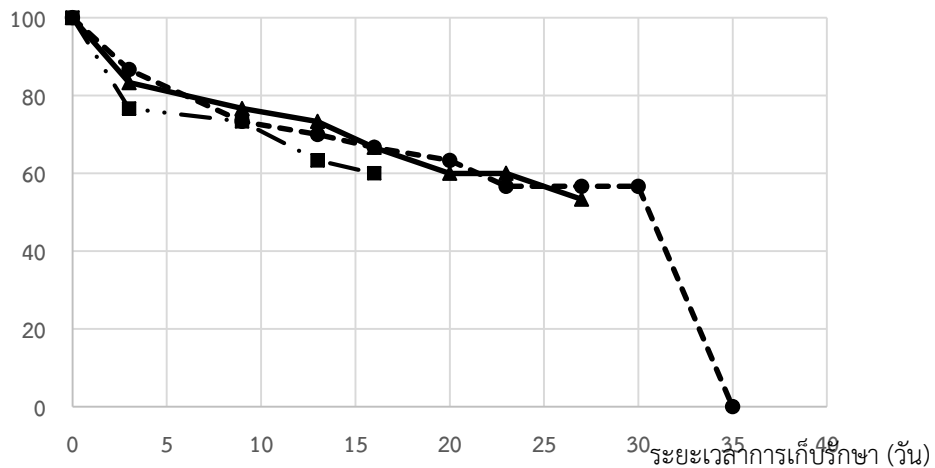
หมายเหตุ ^{a-b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{A-D} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 3 แสดงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และจำนวนยีสต์และราของบ้องแฉ่วหม้อที่บรรจุภายใต้บรรยากาศปกติ แบบสุญญากาศ และแบบสุญญากาศร่วมกับการพาสเจอร์ไรซ์ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า ตัวอย่างที่บรรจุภายใต้บรรยากาศปกติมีจำนวนจุลินทรีย์มีค่าเกินมาตรฐาน หลังจากวันที่ 16 ในขณะที่จำนวนยีสต์และรามีค่าเกินมาตรฐานในวันที่ 16 โดยที่จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเกิน 1×10^4 CFU/g และจำนวนยีสต์และราเกิน 1×10^2 CFU/g จึงถือว่าสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไส้อั่ว (มผช.294/2547: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) ส่วนของตัวอย่างที่บรรจุแบบ

สุญญากาศ และแบบสุญญากาศร่วมกับการพาสเจอไรซ์ พบว่ามีอายุการเก็บรักษาที่นานกว่าตัวอย่างที่บรรจุภายใต้บรรยากาศปกติ โดยตัวอย่างบรรจุแบบสุญญากาศจะมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เกินกำหนดในวันที่ 27 และตัวอย่างบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับการพาสเจอไรซ์จะมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เกินกำหนดในวันที่ 30

การยอมรับ (ร้อยละ)



ภาพที่ 3 การยอมรับผลิตภัณฑ์บ้องแฉะหม้อ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 35 วัน

หมายเหตุ —■— : ควบคุม หมายถึงบ้องแฉะหม้อบรรจุสุญญากาศภายใต้บรรยากาศปกติ
 —▲— : สุญญากาศ หมายถึงบ้องแฉะหม้อบรรจุแบบสุญญากาศ
 -●- - : สุญญากาศและพาสเจอไรซ์ หมายถึง บ้องแฉะหม้อบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับการพาสเจอไรซ์

ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์นานขึ้น ตัวอย่างบ้องแฉะหม้อที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจะมีอายุการเก็บรักษาได้นานเมื่อเทียบกับตัวอย่างเก็บที่อุณหภูมิห้อง การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อสัตว์ที่อุณหภูมิต่ำจะช่วยชะลอการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์และชะลอการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีซึ่งทำให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหารได้ (Goswami et al., 2019) ทั้งนี้ตัวอย่างบ้องแฉะหม้อเมื่อบรรจุแบบสุญญากาศและผ่านการพาสเจอไรซ์ที่ทำการเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียสจะมีอายุการเก็บรักษาที่นานกว่าตัวอย่างบรรจุแบบปกติและตัวอย่างที่บรรจุภายใต้สุญญากาศเมื่อพิจารณาจากปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่เกินตามมาตรฐาน (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547)

จากภาพที่ 3 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บ้องแฉะหม้อที่ทำการเก็บในสถานะอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่า เมื่ออายุการเก็บนานขึ้น ผู้ทดสอบชิมจะให้ค่าร้อยละการยอมรับลดลง ซึ่งต่ำกว่าร้อยละ 50 ถือว่าผู้ทดสอบไม่ยอมรับตัวอย่าง เมื่อพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ค่าคุณภาพต่าง ๆ

ของบ้องแฉ่งหม้อ กล่าวได้ว่าอายุการเก็บรักษาของบ้องแฉ่งหม้อบรรจุภายใต้บรรยากาศปกติบรรจุแบบสุญญากาศ และบรรจุแบบสุญญากาศรวมกับการพาสเจอไรซ์เท่ากับ 15, 26 และ 28 วัน ตามลำดับ กระบวนการพาสเจอไรซ์ที่นำมาใช้กับผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปมีการรายงานผลการวิจัยที่กล่าวหาว่าสามารถยืดอายุผลิตภัณฑ์ดังกล่าวให้นานขึ้น ในกรณีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกมีการศึกษาวิจัยยืดอายุของผลิตภัณฑ์โดยการนำผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงพลาสติกแบบสุญญากาศแล้วนำไปให้ความร้อนในอ่างน้ำร้อนอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที จนผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส (Balamurugan et al., 2018) อย่างไรก็ตามมีการศึกษาวิจัยการพาสเจอไรซ์ไส้กรอกบรรจุในถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที สามารถยืดอายุผลิตภัณฑ์ได้ แต่การใช้สภาวะพาสเจอไรซ์ดังกล่าวกลับทำให้คุณภาพเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ด้อยลง (Mäkelä et al., 1992) เมื่อพิจารณาในส่วนของการยอมรับด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ในงานวิจัยนี้มีค่าลดลง เมื่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์นานขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อสัตว์ในรูปแบบของไส้วุ้น (โสมศิริ สมถวิล, 2555) ซึ่งในการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์บ้องแฉ่งหม้อเมื่อพิจารณาทั้งในส่วนของคุณภาพเนื้อสัมผัสและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานกฎหมายที่กำหนดและพิจารณาถึงการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าสามารถทำให้อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์บ้องแฉ่งหม้อนานสุดถึง 28 วันในตัวอย่างที่ใช้รูปแบบการบรรจุแบบสุญญากาศและทำการพาสเจอไรซ์เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

สรุป

การศึกษายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปบ้องแฉ่งหม้อโดยทำการศึกษาลักษณะรูปแบบการบรรจุและอุณหภูมิในการเก็บรักษา เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นส่งผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์โดยค่า pH และค่าร้อยละการยอมรับของผู้บริโภคลดลง ในขณะที่ค่า TBA ค่าความแข็ง และจำนวนจุลินทรีย์ชี้วัดเพิ่มขึ้น ตัวอย่างบ้องแฉ่งหม้อเมื่อทำการบรรจุในรูปแบบสุญญากาศรวมกับการพาสเจอไรซ์ในน้ำเดือดให้มีอุณหภูมิใจกลางผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 72 องศาเซลเซียสเป็นเวลาอย่างน้อย 15 นาที เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำให้อย่างน้อยมีอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 28 วัน ซึ่งวิธีการดังกล่าวสามารถนำมาใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์บ้องแฉ่งหม้อของชุมชน นอกจากนี้ผู้ผลิตในชุมชนควรคำนึงถึงสุขลักษณะในการผลิตอาหารเพื่อลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ และอาหารที่ผลิตนั้นจะมีความปลอดภัยต่อการบริโภค

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาและพัฒนาในส่วนของการกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์สู่การผลิตเชิงพาณิชย์ โดยที่ในส่วนของการผลิตผลิตภัณฑ์บ้องแฉ่งหม้อภายในชุมชน คนในชุมชนซึ่งเป็นผู้ผลิตต้องตระหนักและให้ความสำคัญกับกระบวนการผลิตที่มีการป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์และมีมาตรฐานในการผลิตโดยควบคุมตั้งแต่ในส่วนของการผลิต การผลิต วัตถุดิบ อุปกรณ์ กระบวนการผลิต การบรรจุ รวมถึงบุคคลที่ทำการผลิต เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสม่ำเสมอและปลอดภัย

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ทางผู้วิจัยขอขอบคุณทางหน่วยงานที่ให้ทุนสนับสนุนนี้ อีกทั้งขอขอบคุณทางสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐมา เหล่ากุลติลก คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางที่ให้ความอนุเคราะห์ในการวิเคราะห์คุณภาพบางรายการของผลิตภัณฑ์อาหารลาวเวียง ในการศึกษาอายุการเก็บรักษา ขอขอบคุณนักวิจัยภายใต้แผนโครงการวิจัย รวมถึงนักวิจัยชุมชน คนในตำบล เนินขาม อำเภอเนินขาม จังหวัดชัยนาท และผู้ที่มีส่วนสนับสนุนด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัยทุกท่าน

เอกสารอ้างอิง

- จันทิรา วงศ์วิเชียร, จุรีภรณ์ นวนมุสิก, และจิราภรณ์ สังข์ผุด. (2562). ผลของการบรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อปูม้าต้ม (*Portunus pelagicus*). **วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย**, 11(1), 1-17.
- นภาพันธ์ โชคอำนวยพร. (2564). **การพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มของผลิตภัณฑ์อาหารลาวเวียง**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม.
- วันเพ็ญ แสงทองพินิจ, มนตรา ล่วงลือ, ปวีณา สมบูรณ์ผล, และสละ บุตรโชติ. (2557). หมูแห้งเสริมโยอาหารจากเปลือกส้มโอส่วนขาว. **วารสารวิจัยและพัฒนาวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์**, 9(2), 8-18.
- วิชมนิ ยืนยงพุทธกาล, นิสานารถ กระแสร์ชล, และพรนภา น้อยพันธ์. (2559). **การยืดอายุการเก็บหอยหลอดด้วยเทคนิค Sous Vide และการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแห้ง**. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- วิรัชพัชร โอหารวนิช, และธนกร โรจนกร. (2562). **ความคงตัวในระหว่างการเก็บของไส้กรอกเวียนนาลดไนไตรท์ที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากแก่นฝางซึ่งเก็บถนอมโดยใช้เฮอร์เบิลเทคโนโลยี**. การประชุมวิชาการเสนองานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 20: กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ศรีลดา ไกรลมสม. (2558). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกกะเพราไก่ลดไขมันโดยใช้แป้งบูรร่วมกับแซนแทนกัม**. **วารสารเกษตร**, 31(1), 77-87.
- สถิตย์พงษ์ มั่นหล้า, และฉวีวรรณ สุขศร. (2566). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้อั่วปลาจาระเม็ดสีทองเสริมสาหร่ายพวงอุ้ง**. **วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม**, 18(1), 39-51.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2547). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง ไส้อั่ว มพช. 294/2547**. กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.
- สุชาดา ทองอัน, และชาริสา แสงทองอร่าม. (2564). **การพัฒนาอาหารลาวเวียงเพื่อสุขภาพสำหรับผู้สูงอายุ**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม.
- สุทธิพันธุ์ แดงใจ, และรสสุคนธ์ วงษ์ดอกไม้. (2562). **การศึกษาตำรับไส้อั่วเห็ดหอมที่เหมาะสมและอายุการเก็บรักษา**. **วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์**, 1, 71-82.
- โสมศิริ สมถวิล. (2555). **การพัฒนาไส้อั่วลดไขมันและยืดอายุการเก็บรักษา**. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

- Balamurugan, S., Inmanee, P., Souza, J. D., Strange, P., Pirak, T., & Barbut, S. (2018). Effects of high pressure processing and hot water pasteurization of cooked sausages on inactivation of inoculated *listeria monocytogenes*, natural populations of lactic acid bacteria, *Pseudomonas* spp., and coliforms and their recovery during storage at 4 and 10°C. **Journal of Food Protection**, 81(8), 1245–1251.
- Connell, J. J. (1990). **Methods of assessing and selecting for quality**. In: Control of fish quality (3rd ed.). Oxford: Fishing News Books.
- Giménez, A., Ares, G., & Gámbaro, A. (2008). Survival analysis to estimate sensory shelf life using acceptability scores. **Journal Sensory Studies**, 23(5), 571–582.
- Goswami, M., Pathak, V., Bharti, S. K., Chappalwar, A. M., Ojha, S., Singh, S., & Shubha, S. (2019). Effect of low temperature preservation on quality characteristics of meat. **Journal of Animal Feed Science and Technology**, 7(1), 41-46.
- Mäkelä, P. M., Korkeala, H. J., & Laine, J. J. (1992). Survival of ropy slime-producing lactic acid bacteria in heat processes used in the meat industry. **Meat Science**, 31(4), 463–471.
- Özpolat, E., Patir, B., Guran, H. S., & Gul, M. R. (2014). Effect of vacuum-packing method on the shelf – life of *Capoeta umbla* sausages. **Iranian Journal of Fisheries Sciences**, 13(1), 178-184.
- Park, J. M., Lee, S. H., Koh, J. H., & Kim, J. M. (2018). Determination of shelf life model of pork cutlet and pork lard during accelerated storage conditions. **Korean Journal for Food Science of Animal Resources**, 38(4), 664-678.
- Salejda, A. M. (2017). Effects on quality properties of pork sausages enriched with Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.). **Journal of Food Quality**, 2017, 1-7.
- U.S. Food and Drug Administration. (2001). **Bacteriological Analytical Manual (BAM)**. Retrieved from <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bacteriological-analytical-manual-bam>
- Vinnikova, L., Synytsia, O., Shlapak, H., Azarova, N., & Glushkov O. (2019). Establishing temperature and time factors for the post pasteurization of gourmet meat products. **Eastern-European Journal of Enterprise Technologies**, 5(11), 33-39.
- Wenjiao, F., Yongkui, Z., Yunchuan, C., Junxiu, S., & Yuwen, Y. (2014). TBARS predictive models of pork sausages stored at different temperatures. **Meat Science**, 96(1), 1-4.

การออกแบบและพัฒนาส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งานสำหรับคัดกรองโรคหอนรองกระดูกสันหลังเคลื่อน

ภักศิจิกรณ์ ชันทอง^{1*} กขกร เจตนิย์² ปกรณ์ กัลปดี³ สุภารัตน์ สุขโท⁴ สุรศักดิ์ สุขสาย⁵

Received : April 5, 2023

Revised : September 19, 2023

Accepted : October 6, 2023

บทคัดย่อ

แอปพลิเคชันได้ถูกพัฒนาให้บุคลากรทางการแพทย์ได้ใช้ประโยชน์ในหลายมิติ เช่น การคัดกรองโรค ซึ่งเป็นประโยชน์สำหรับบุคลากรทางการแพทย์ที่ยังขาดประสบการณ์โดยเฉพาะในกลุ่มโรคที่มีความใกล้เคียงกัน งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันจากผู้เชี่ยวชาญและประเมินความพึงพอใจส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งาน (User interface) เป็นการศึกษาเชิงพรรณนาในรูปแบบการศึกษาคุณภาพและเชิงปริมาณ มีกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม แบ่งออกเป็นกลุ่มผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน และกลุ่มนักศึกษาวิชาชีพทางการแพทย์ (กายภาพบำบัดและแพทย์แผนไทย) จำนวน 26 คน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาเชิงคุณภาพ คือ แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง ด้วยการสัมภาษณ์เชิงลึก (Indept-interview) กับผู้เชี่ยวชาญ นำไปพัฒนาเป็นต้นแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ด้วยโปรแกรม Visual studio และ Xamarin เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาเชิงปริมาณ คือ แบบประเมินความพึงพอใจที่สำรวจในกลุ่มนักศึกษาวิชาชีพทางการแพทย์ ใช้สถิติเชิงพรรณนาในการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป

ผลการศึกษาจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า มีข้อมูลที่แตกต่างจากการศึกษาที่ผ่านมาแต่เป็นประโยชน์และมีความเป็นไปได้ในการเขียนโปรแกรมเพื่อพัฒนาเป็นแอปพลิเคชัน การศึกษานี้ได้ออกแบบหน้าจอเมนูใช้งานไว้ 3 ส่วน คือ ข้อมูลทั่วไป การซักประวัติ และการตรวจร่างกาย ผลประเมินความพึงพอใจในอาสาสมัคร พบว่า ทุกหัวข้อมีความพึงพอใจในระดับดีมาก โดยหัวข้อที่มีความพึงพอใจสูงสุด คือ การใช้ภาษา มีคะแนนเฉลี่ย 4.35 ± 0.69 คะแนน ส่วนหัวข้อที่มีความพึงพอใจต่ำที่สุด คือ ความสวยงาม มีคะแนนเฉลี่ย 3.92 ± 1.02 คะแนน ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมมี 3 ด้าน คือ การปรับปรุงส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ การเพิ่มรายละเอียดคำถาม และควรมีประโยชน์ในการใช้งาน ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นถึงความสนใจต่อการใช้เทคโนโลยีทางการแพทย์และมีความเป็นไปได้ในการพัฒนาและนำแอปพลิเคชันไปช่วยคัดกรองผู้ป่วยโรคหอนรองกระดูกสันหลังเคลื่อนต่อไป

คำสำคัญ: เครื่องมือคัดกรองโรค ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งาน หอนรองกระดูกสันหลังเคลื่อน แอปพลิเคชัน

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำคณะแพทย์แผนไทยและแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

อีเมล: phaksachiphonk@gmail.com

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี อีเมล: kotchakorn.j@ubru.ac.th

³ อาจารย์ประจำคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี อีเมล: pakorn.k@ubru.ac.th

⁴ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำหลักสูตรวิทยาศาสตร์ความงามและสุขภาพ คณะแพทย์แผนไทยและแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี อีเมล: suparat.s@ubru.ac.th

⁵ ผู้อำนวยการโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านหัวดอน จังหวัดอุบลราชธานี อีเมล: surasak999@hotmail.com

* ผู้มีพันธหลักอีเมล: phaksachiphonk@gmail.com

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A USER INTERFACE FOR SCREENING HERNIATED DISC PROTRUSION APPLICATION

Phaksachiphon Khanthong^{1*} Kotchakorn Jetinai² Pakorn Kallapadee³
Suparat Sooktho⁴ Surasak Suksai⁵

Abstract

Applications have been developed for medical personnel to use in various dimensions, including disease screening. This is particularly beneficial for inexperienced medical personnel, especially when dealing with similar disease groups. The purpose of this research was to gather information pertaining to application development from experts and assess user interface satisfaction. This study employed a mixed-methods approach, incorporating both qualitative and quantitative methods. Two sample groups were involved, comprising a group of three experts and a group of students in the field of medical professionals, specifically in physiotherapy and Thai traditional medicine, totaling 26 individuals. The tool utilized in this qualitative study was a semi-structured interview, specifically in-depth interviews conducted with experts. Subsequently, it was developed into a prototype user interface using Visual Studio and Xamarin. In the quantitative study, a satisfaction assessment survey was employed among medical professional students. Descriptive statistics were utilized to analyze the general data.

The results obtained from experts differed from those of previous studies but indicated the usefulness and feasibility of development into an application. In this study, a menu screen was designed with three sections: general information, objective examinations, and physical examinations. The satisfaction levels of student participants across all topics were very high. The aspect with the highest satisfaction score was language usage (4.35 ± 0.69 points), while the lowest satisfaction score was attributed to the aesthetic interface (3.92 ± 1.02 points). Additional suggestions included adjustments to the user interface, question details, and usability.

Keywords: Screening test, User interface, Herniated disc protrusion, Application

¹ Assistant Professor, Faculty of Thai Traditional and Alternative Medicine, Ubon Ratchathani Rajabhat University, e-mail: phaksachiphonk@gmail.com

² Assistant Professor, Faculty of Industrial Technology, Ubon Ratchathani Rajabhat University, e-mail: kotchakorn.j@ubru.ac.th

³ Lecturer, Faculty of Industrial Technology, Ubon Ratchathani Rajabhat University, e-mail: pakorn.k@ubru.ac.th

⁴ Assistant Professor, Department of Aesthetic Sciences and Health, Faculty of Thai Traditional and Alternative Medicine, Ubon Ratchathani Rajabhat University, e-mail: suparat.s@ubru.ac.th

⁵ Director of Ban Hua Don Sub-district Health Promoting Hospital, Ubon Ratchathani province, e-mail: surasak999@hotmail.com

* Corresponding author, e-mail: phaksachiphonk@gmail.com

บทนำ

ความชุกของอาการปวดหลังส่วนล่างเพิ่มขึ้นตามอายุโดยพบสูงสุดที่อายุ 80-89 ปี โดยหากพิจารณาที่ความชุกรายปีจะพบว่าช่วงอายุ 45-49 ปี มีอาการปวดหลังบ่อยที่สุด (Wu et al., 2017) นอกจากนี้ยังพบว่าอาการปวดหลังส่วนล่างนั้นส่งผลกระทบต่อการพิการหรือการสูญเสียความสามารถในการช่วยเหลือตนเองของผู้ป่วยสูงที่สุดในกลุ่มโรคอาการทางระบบโครงร่างกล้ามเนื้อ (Blyth et al., 2019) การวินิจฉัยอาการปวดหลังส่วนล่าง (Low back pain) แบ่งได้หลายวิธีและมีความแตกต่างกัน เช่น อาการปวดหลังส่วนล่างแบบจำเพาะ (Specific low back pain) ได้แก่ หมอนรองกระดูกสันหลังเคลื่อน (Herniated disc protrusion) กระดูกสันหลังเสื่อม (Spondylosis) และโรคโพรงกระดูกสันหลังแคบ (Lumbar stenosis) (Hartvigsen et al., 2018) แต่โดยส่วนใหญ่มักพบว่าจะเป็นอาการปวดหลังส่วนล่างแบบไม่จำเพาะถึงร้อยละ 85 โดยที่การวินิจฉัยมีความซับซ้อนเป็นอย่างมากเนื่องจากสาเหตุของโรคเกิดจากหลายปัจจัย (O'Sullivan, 2005) การวินิจฉัยจึงต้องอาศัยความรู้ ความชำนาญ และประสบการณ์ การวินิจฉัยส่วนใหญ่ทางคลินิกโดยเฉพาะในกลุ่มที่มีอาการปวดหลังแบบไม่จำเพาะนั้นจึงระบุเพียงแค่ว่า ปวดหลังส่วนล่าง ซึ่งในการรักษาตามสถานพยาบาลแต่ละแห่งจำเป็นต้องบุคลากรแต่ละฝ่ายจะต้องทำการรักษาผู้ป่วยร่วมกันถึงจะได้ประสิทธิผลที่ดี และทำให้ไม่เกิดปัญหาเรื้อรังในระยะยาว ในการคัดกรองอาการปวดหลังนิยมใช้วิธีการของ McKenzie ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมเป็นวิธีการและเทคนิคที่พบว่ามีประสิทธิภาพที่ดีในการคัดกรองวินิจฉัยอาการปวดหลังส่วนล่างจากสาเหตุจากการเคลื่อนไหวหรือมีกิจกรรมทางกายและลดลงเมื่อได้พัก ซึ่งเรียกว่า Mechanical low back pain) (Lam et al., 2018) ดังนั้นหากการตรวจวินิจฉัยสามารถช่วยเฉพาะเจาะจงถึงอาการ สาเหตุ หรือโรคได้มากเพียงใด โอกาสในการรักษาไม่ว่าจะเป็นการให้คำแนะนำ การออกกำลังกาย หรือการให้ยาที่เหมาะสม ก็จะมีเฉพาะเจาะจงและถูกต้องกับโรคมากยิ่งขึ้น

โรคหมอนรองกระดูกสันหลังเคลื่อนหากได้รับการตรวจวินิจฉัยที่ถูกต้องโดยเร็วจะทำให้ผลของการรักษานั้นมีการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้นโดยไม่ทำให้อาการของผู้ป่วยแย่ลง อย่างไรก็ตามมีความเป็นไปได้สูงในการตรวจวินิจฉัยในครั้งแรกนั้นไม่สามารถหาสาเหตุพบเนื่องจากสาเหตุหลายประการ เช่น ระดับความรุนแรงของโรค หรือ Onset ในการเกิดอาการปวดที่ไม่ชัดเจน การซักประวัติมีผลโดยตรงต่อการคัดกรองโรคเนื่องจากผู้ป่วยส่วนใหญ่มักมีความรุนแรงของโรคสูงทำให้การตรวจร่างกายอาจทำให้อาการของโรคนั้นแย่ลงโดยเฉพาะในผู้ที่ขาดความชำนาญ ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงได้ทำการค้นคว้ารวบรวมข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวินิจฉัยโรคหมอนรองกระดูกสันหลังเคลื่อนและเทียบเคียงกับข้อมูลการตรวจวินิจฉัยโดยผู้เชี่ยวชาญเพื่อนำเสนอแนวทางในการตรวจวินิจฉัยโรคหมอนรองกระดูกสันหลังเคลื่อนทางคลินิกเพื่อนำไปพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันช่วยคัดกรองโรคหมอนรองกระดูกสันหลังเคลื่อนในระยะถัดไป และข้อจำกัดอีกประการ คือ การตรวจยืนยันโรคด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic Resonance Imaging: MRI) หรือเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (Computerized Tomography: CT scan) (Amin et al., 2017) ซึ่งมีค่าใช้จ่ายที่สูงและยังต้องใช้ความชำนาญจากแพทย์ในการวินิจฉัย (Chawalparit et al., 2006) อีกทั้งยังไม่มีแบบประเมินใดที่มีความเหมาะสมในการคัดกรองโรคหมอนรองกระดูกสันหลังเคลื่อนได้ (Kim et al., 2012) การศึกษาวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสังเคราะห์องค์ความรู้ในการคัดกรองโรคหมอนรองกระดูกสันหลังเคลื่อนทั้งจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องและผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในการรักษาอาการปวดหลังส่วนล่างมากกว่า 10 ปี เพื่อนำไปพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันช่วยในการคัดกรอง โดยหน่วยงานที่จะได้รับประโยชน์จากแอปพลิเคชันนี้ได้แก่ สถาบันการเรียนการสอนที่มีนักศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการตรวจประเมินและวินิจฉัยอาการปวดหลัง เช่น แพทย์ กายภาพบำบัด และแพทย์แผนไทย โดยเมื่อแอปพลิเคชันนี้สมบูรณ์กลุ่มนักศึกษาที่กล่าวมาแล้ว

ข้างต้นรวมทั้งนักศึกษาที่สำเร็จการศึกษายังไม่นานและยังขาดประสบการณ์ความรู้ความเชี่ยวชาญในการวินิจฉัยโรคสามารถนำแอปพลิเคชันไปใช้เป็นแนวทางคัดกรองวินิจฉัยอาการปวดหลังส่วนล่างโดยเฉพาะโรคหมอนรองกระดูกสันหลังเคลื่อน จากผลการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการปรับเปลี่ยนการออกแบบหน้าจอก่อนนำไปพัฒนาสู่แอปพลิเคชันช่วยลดความยุ่งยากของผู้ใช้ (Hortman & Thompson, 2005) ซึ่งในส่วนของการศึกษาครั้งนี้เป็นการดำเนินงานในระยะแรกที่ประกอบด้วยแนวทางที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันจากผู้เชี่ยวชาญแล้วนำไปออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งานเพื่อประเมินความพึงพอใจเพื่อนำไปสู่การพัฒนาแอปพลิเคชันต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาออกแบบส่วนต่อประสานการใช้งานแอปพลิเคชันคัดกรองโรคหมอนรองกระดูกสันหลังเคลื่อน
2. เพื่อประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานส่วนต่อประสาน

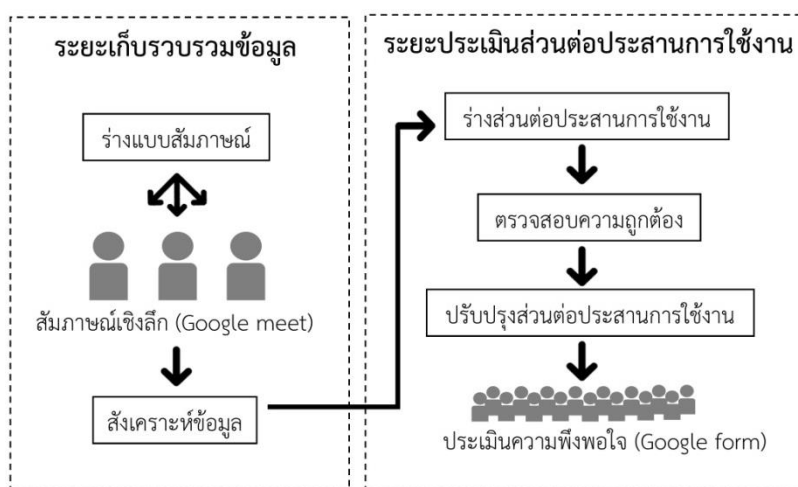
วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย

การศึกษาค้นคว้านี้เป็นรูปแบบการวิจัยเชิงพรรณนา (Descriptive study) 2 ระยะ ได้แก่ การวิจัยเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ โดยการศึกษาครั้งนี้ได้รับการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดอุบลราชธานี เอกสารรับรองเลขที่ SSJ.UB 2565-84 ให้ไว้เมื่อวันที่ 25 สิงหาคม พ.ศ. 2565

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัย ได้แก่ การทบทวนวรรณกรรมจากเอกสาร การสัมภาษณ์เชิงลึกจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน และการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งาน (ภาพที่ 1) โดยมีขั้นตอนดังนี้



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. ระยะเก็บรวบรวมข้อมูล ในระยะนี้เริ่มจากการศึกษาทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องและนำไปร่างแนวทางในการสัมภาษณ์ สำหรับการออกแบบแบบสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้เชี่ยวชาญที่เป็นนักกายภาพบำบัดและมีประสบการณ์ในการรักษาผู้ป่วยมากกว่า 10 ปี ซึ่งในส่วนนี้ขั้นตอนการคัดเลือกจะพิจารณาจากการรักษาและประสบการณ์ในการดูแลผู้ป่วยจากหลายกลุ่ม ซึ่งมีทั้งในเขตกรุงเทพมหานคร และต่างจังหวัดในเขตพื้นที่เศรษฐกิจ และพื้นที่ชนบทที่ประจำอยู่ในโรงพยาบาลชุมชน หลังจากนั้นจะนำข้อมูลมาสังเคราะห์องค์ความรู้จากผู้เชี่ยวชาญเพื่อนำเสนอเป็นแนวทางในการชักประวัติผู้ที่มีอาการปวดหลังส่วนล่างและมีแนวโน้มที่จะเป็นโรคหมอนรองกระดูกสันหลังเคลื่อน

2. ระยะประเมินส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งาน เริ่มจากการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้โดยผู้วิจัยที่เป็นนักพัฒนาแอปพลิเคชันโดยใช้วิธีการวิเคราะห์และออกแบบระบบเชิงวัตถุ (Object-oriented Analyst and Design: OOAD) โดยนำเอาแผนภาพต่าง ๆ ที่อยู่ใน Unified Modeling Language (UML) ซึ่งเป็นโมเดลมาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบโปรแกรมเชิงวัตถุ มาใช้แสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบและการทำงานของระบบก่อนที่จะถูกนำไปพัฒนาขึ้นใช้งานจริง แล้วประเมินความถูกต้องกับผู้วิจัยที่เป็นนักกายภาพบำบัดในด้านเนื้อหาการจัดกลุ่ม และลำดับในแอปพลิเคชัน เมื่อได้ต้นแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งานเป็นที่เรียบร้อยแล้วขั้นตอนต่อไปเป็นการนำต้นแบบไปให้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักศึกษาวิชาชีพทางการแพทย์ประเมินการใช้งานด้านความพึงพอใจต่อการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ผ่าน Google form ในรูปแบบออนไลน์

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างของการศึกษานี้แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ และนักศึกษาวิชาชีพทางการแพทย์ โดยมีเกณฑ์คัดเข้าและเกณฑ์คัดออกในแต่ละกลุ่ม ดังนี้

1. กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ (Experts) มีเกณฑ์ในการคัดเข้า คือ เป็นนักกายภาพบำบัดหรืออาจารย์ผู้สอนนักศึกษากายภาพบำบัด มีประสบการณ์ในการรักษาผู้ป่วยที่มีอาการปวดหลังส่วนล่างมากกว่า 10 ปี ปฏิบัติงานนอกเวลาหรือรักษาผู้ป่วยด้านโครงสร้างกล้ามเนื้อ สามารถให้การสัมภาษณ์ในรูปแบบออนไลน์ผ่าน Google meet และยินดีเข้าร่วมการวิจัยตามระยะเวลาที่กำหนด ส่วนเกณฑ์ในการคัดออก คือ ขาดการนัดหมายมากกว่า 2 ครั้ง โดยผู้วิจัยเลือกผู้เชี่ยวชาญจากการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive random sampling) ตามคุณสมบัติที่กำหนด และเน้นให้มีประสบการณ์ในการรักษาผู้ป่วยหลากหลายกลุ่มและต่างสถาบันกันเพื่อให้ได้มุมมองที่แตกต่างซึ่งจำเป็นต่อการได้รับความคิดเห็นในการพัฒนาแอปพลิเคชัน โดยทำการนัดหมายเพื่อสัมภาษณ์รายบุคคลจำนวน 3 ครั้ง ในแต่ละประเด็น ดังนี้ วันแรกสัมภาษณ์ประวัติความเชี่ยวชาญและประสบการณ์ในการรักษาผู้ป่วยทางกายภาพบำบัด วันที่สองสัมภาษณ์วิธีการชักประวัติส่วนบุคคล วันที่สามสัมภาษณ์แนวทางในการตรวจคัดกรองและวินิจฉัยโรคหมอนรองกระดูกสันหลังส่วนล่าง

2. กลุ่มนักศึกษาทางการแพทย์ (Health professional students) เนื่องจากเป็นงานวิจัยเชิงสำรวจทั่วไปจึงใช้สูตรการคำนวณของ Yamane (1973) โดยสำรวจแบบออนไลน์ไปยังนักศึกษาแพทย์แผนไทยและนักศึกษากายภาพบำบัดที่กำลังขึ้นชั้นปีที่ 4 หรือกำลังสำเร็จการศึกษาจำนวน 2 สถาบัน คือ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานีและมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวงจำนวน 51 คน และปิดรับเมื่อได้ข้อมูลครบตามการคำนวณกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการจากสูตร $n = N/(1+Ne^2)$ ด้วยการกำหนดค่า $e = 0.140$ และ $N = 51$ คำนวณตามสูตรได้ 25.5 จึงกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 26 คน เกณฑ์คัดเข้า คือ เป็นนักศึกษาวิชาชีพทางการแพทย์ เช่น แพทย์แผนไทย กายภาพบำบัด โดยมีการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการรักษาผู้ป่วยโรคที่

เกี่ยวข้องกับอาการปวดหลังส่วนล่าง ด้วยการประเมินผ่าน Google form ส่วนเกณฑ์คัดออก คือ มีประสบการณ์ในการรักษาผู้ป่วยเกิน 5 ปี

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างที่ร่างมาจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องแล้ว สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญผ่าน Google meet แบบประเมินความพึงพอใจที่ทำการสำรวจผ่าน Google form และร่างต้นแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งานในแอปพลิเคชันด้วยโปรแกรม Visual studio และ Xamarin

สถิติที่ใช้ในการวิจัย ใช้สถิติเชิงพรรณนาในการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ความถี่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

1. การพัฒนาออกแบบส่วนต่อประสานการใช้งานแอปพลิเคชัน

ในส่วนนี้แบ่งเป็นประวัติความเชี่ยวชาญและประสบการณ์ในการรักษาผู้ป่วยทางกายภาพบำบัดจากผู้เชี่ยวชาญ 3 คน และผลการสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อพัฒนาเป็นส่วนต่อประสานกับผู้ใช้

1.1 ผู้เชี่ยวชาญ

ผู้เชี่ยวชาญ 1

นักกายภาพบำบัดเพศหญิง อายุ 51 ปี จบการศึกษาระดับปริญญาเอกทางด้านกายภาพบำบัดจากต่างประเทศ ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำในมหาวิทยาลัยรัฐบาล กรุงเทพมหานคร และทำงานนอกเวลาที่คลินิกหลังเลิกงานเพื่อรักษาผู้ป่วยเป็นประจำ มีประสบการณ์ในการรักษาผู้ป่วยทางระบบโครงร่างกล้ามเนื้อประมาณ 30 ปี ความเชี่ยวชาญพิเศษ คือ การรักษาผู้ป่วยระบบโครงร่างกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะอาการปวดหลัง

ผู้เชี่ยวชาญ 2

นักกายภาพบำบัดเพศชาย อายุ 40 ปี จบการศึกษาระดับปริญญาโท ทางด้านกายภาพบำบัดระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ จากมหาวิทยาลัยรัฐบาลในประเทศไทย ปัจจุบันเป็นหัวหน้ากลุ่มงานเวชศาสตร์ฟื้นฟู โรงพยาบาลรัฐบาล จังหวัดอุบลราชธานี และเปิดคลินิกกายภาพบำบัดเพื่อรักษาผู้ป่วยเป็นประจำ มีประสบการณ์ในการรักษาผู้ป่วยทางระบบโครงร่างกล้ามเนื้อ 20 ปี ความเชี่ยวชาญพิเศษ คือ การรักษาผู้ป่วยระบบโครงร่างกล้ามเนื้อ

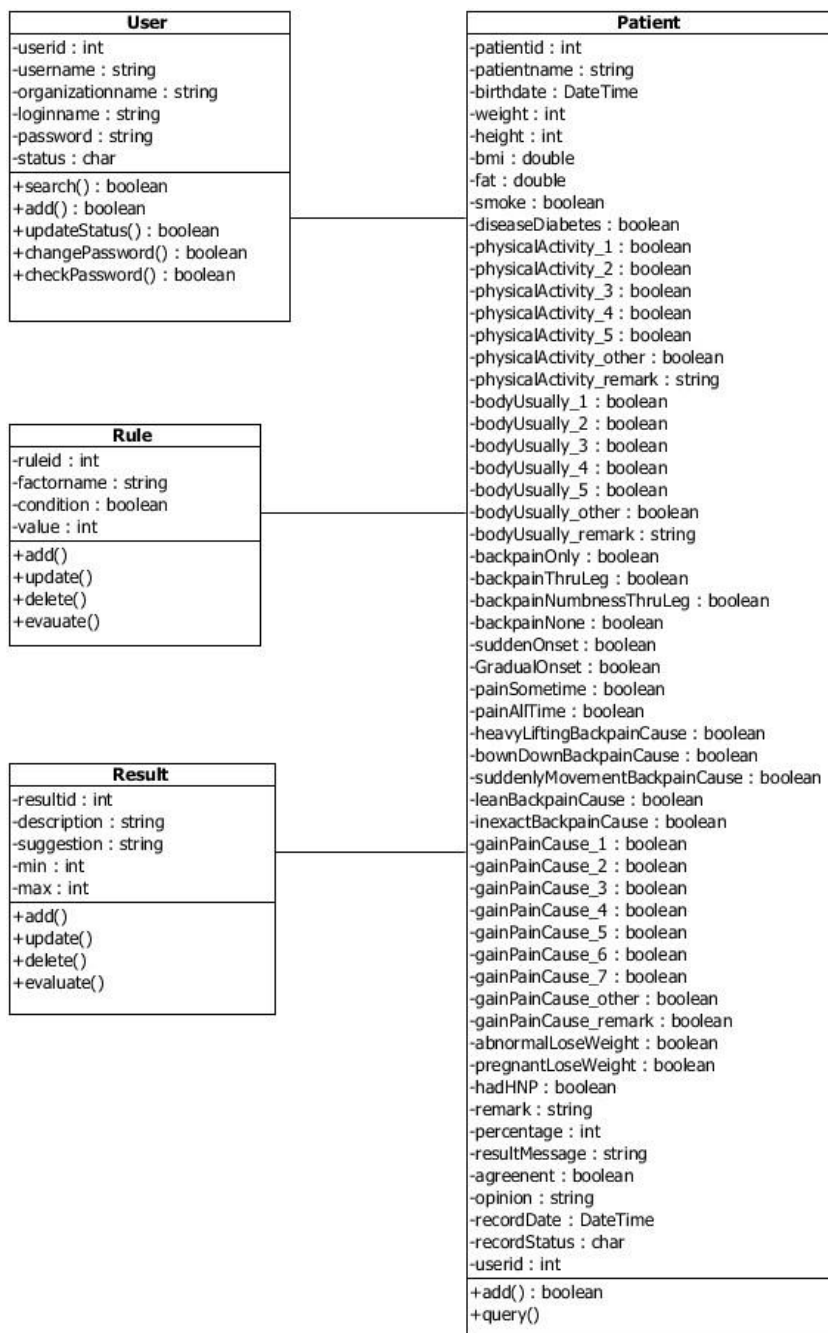
ผู้เชี่ยวชาญ 3

นักกายภาพบำบัดเพศหญิง อายุ 37 ปี จบการศึกษาระดับปริญญาเอกด้านวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย จากมหาวิทยาลัยรัฐบาลในประเทศไทย ปัจจุบันเป็นอาจารย์ในมหาวิทยาลัยรัฐบาล จังหวัดชลบุรี และเปิดคลินิกกายภาพบำบัดเพื่อรักษาผู้ป่วยเป็นประจำ มีประสบการณ์ในการรักษาผู้ป่วย 14 ปี ความเชี่ยวชาญพิเศษ คือ การรักษาผู้ป่วยระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ

1.2 การสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อพัฒนาเป็นส่วนต่อประสานกับผู้ใช้

เนื่องจากข้อมูลที่ใช้เป็นแนวทางในการคัดกรองและวินิจฉัยภาวะสมองเสื่อมจะถูกนำไปพัฒนาต่อด้วยเทคโนโลยีและใช้งานผ่านแอปพลิเคชัน จากการเก็บรวบรวมข้อมูลผ่านกระบวนการวิเคราะห์ออกแบบเชิงวัตถุ จึงได้ Class diagram ดังแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งเป็นต้นแบบสำหรับนำไปสร้างเป็นส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ และ

ฟังก์ชันการทำงานของแอปพลิเคชัน ดังนั้นข้อความจึงเน้นไปที่ตัวเลือกแบบถูกผิด หรือเป็นกลุ่มคำตอบ มากกว่าข้อมูลในลักษณะของการพรรณนา จึงนำเสนอแนวทางในการคัดกรองวินิจฉัยตามลำดับ ดังนี้



ภาพที่ 2 Class diagram ของแอปพลิเคชัน

1) การซักประวัติส่วนบุคคล

ผู้ป่วยโรคหมอนรองกระดูกสันหลังเคลื่อนสามารถพบได้ในนักกีฬา (Gause et al, 2021) อาการปวดมีความสัมพันธ์กับการใช้งานหรือท่าทาง (Mechanical back pain) ผู้ป่วยมีอาการปวดหลังร่วมกับอาการร้าวลงขา ก้มตัวลำบาก มีอาการปวดหลังเพิ่มขึ้นเมื่อไอหรือจาม (Vroomen et al, 2002) และมีอาการปวดตามผิวหนังที่รากประสาทตำแหน่งนั้นไปเลี้ยง (Dermatome) (Petersen et al, 2017) ซึ่งบริเวณที่มีอาการปวดมีทั้งแบบกลางหลังและแบบที่ปวดหลังร้าวลงขา (Petersen et al, 2017) โดยที่อาการปวดสามารถลดลงและกลับเข้าสู่กลางหลังเพียงอย่างเดียวได้หากมีการเคลื่อนไหวในลักษณะที่ทำให้เกิดการเคลื่อนกลับของหมอนรองกระดูกสันหลัง จากการศึกษาที่ผ่านมาในการใช้เทคนิคเหมือนข้อมูลเพื่อพยากรณ์ความเสี่ยงหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาท พบปัจจัยที่สำคัญ 3 ประการ คือ 1) มีอาการขาบริเวณสะโพก ฝ่าเท้า นิ้วเท้า 2) นอนคว่ำบ่อย และ 3) คือขาไม่มีแรง (ณัฐติ หงส์บุญมี และ ดิณณภพ โตม่วง, 2564) นอกจากนี้ยังมีปัจจัยเสี่ยงและสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคหมอนรองกระดูกสันหลังเคลื่อน 6 ประการ คือ 1) การใช้งาน 2) การเคลื่อนไหวผิดท่า 3) อาชีพที่ยืนหรือนั่งยกของหนัก 4) สูบบุหรี่ 5) อ้วน และ 6) ออกกำลังกายน้อย (นภาพร จันตะรังษี, 2560)

จากข้อมูลการสัมภาษณ์จากผู้เชี่ยวชาญมีส่วนที่ต่างกัน คือ ผู้ป่วยโรคหมอนรองกระดูกสันหลังเคลื่อนมีทุกเพศทุกวัยตั้งแต่ช่วงวัยรุ่นจนถึงวัยสูงอายุ โดยอาการปวดเริ่มแรกไม่แน่นอนอาจจะมีลักษณะอาการปวดแบบเฉียบพลันหรือค่อยเป็นค่อยไปก็ได้ นอกจากนี้ยังพบว่าหากผู้ป่วยมีอาการปวดที่รุนแรงอาจทำให้เกิดอาการปวดเพิ่มขึ้นในทุกทิศทาง

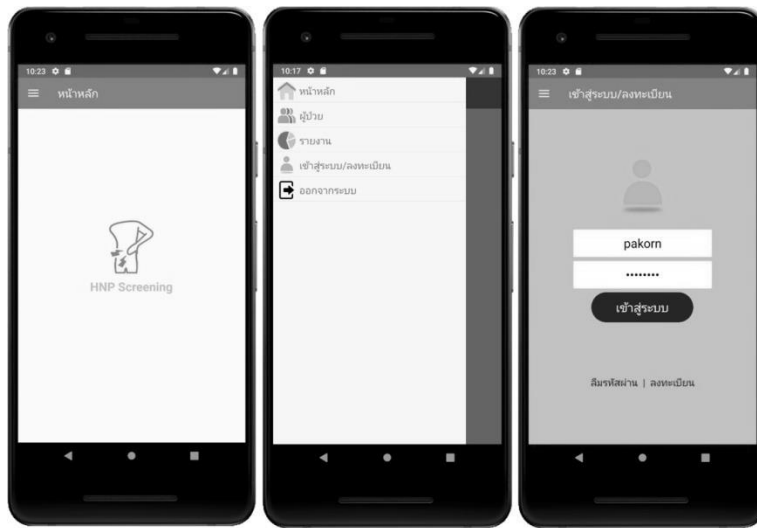
2) การตรวจวินิจฉัย

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาแบบ Meta-analysis รายงานว่าการตรวจพบ 3 ใน 4 ข้อต่อไปนี้อย่างพอสำหรับการวินิจฉัยโรคหมอนรองกระดูกสันหลังเคลื่อนชนิดที่มีอาการร้าวลงขา (Radiculopathy) ได้แก่ อาการปวดตามผิวหนังที่รากประสาทตำแหน่งนั้นไปเลี้ยง มีความผิดปกติของการรับรู้ความรู้สึก (Sensory deficits) รีเฟล็กซ์ผิดปกติ (Reflex deficits) และ/หรือ กำลังกล้ามเนื้อลดลง (Petersen et al, 2017) หัวข้อที่ควรตรวจ คือ กำลังกล้ามเนื้อ (Manual muscle testing) และประสาทสัมผัส (Sensory testing) งานวิจัยที่ผ่านมาได้คำแนะนำว่าการตรวจพิเศษ Straight leg raising test (SLR) เป็นท่าตรวจวินิจฉัยแบบ Gold standard ของโรคหมอนรองกระดูกสันหลังเคลื่อน (Vroomen et al, 2002) ในขณะที่งานวิจัยอีกชิ้นพบว่า การตรวจ SLR มีค่าความไวในการตรวจโรคหมอนรองกระดูกสันหลังเคลื่อน (sensitivity) เพียง 0.52 ในขณะที่การตรวจด้วย Slump test มีความไว 0.84 โดยที่การตรวจพิเศษทั้ง 2 เทคนิคมีความเฉพาะเจาะจง (specificity) ใกล้เคียงกัน ซึ่ง SLR มีค่าความเฉพาะเจาะจง 0.83 และ Slump test มีค่าความเฉพาะเจาะจง 0.89 (Majlesi et al, 2008)

อย่างไรก็ตามข้อเสนอแนะสำหรับการตรวจพิเศษเพื่อคัดแยกโรคผู้เชี่ยวชาญแนะนำให้ตรวจ Slump test และ Valsava test และไม่แนะนำการตรวจด้วย SRL อาจจะเป็นเพราะมีค่าความไวในการตรวจไม่สูง (Majlesi et al, 2008)

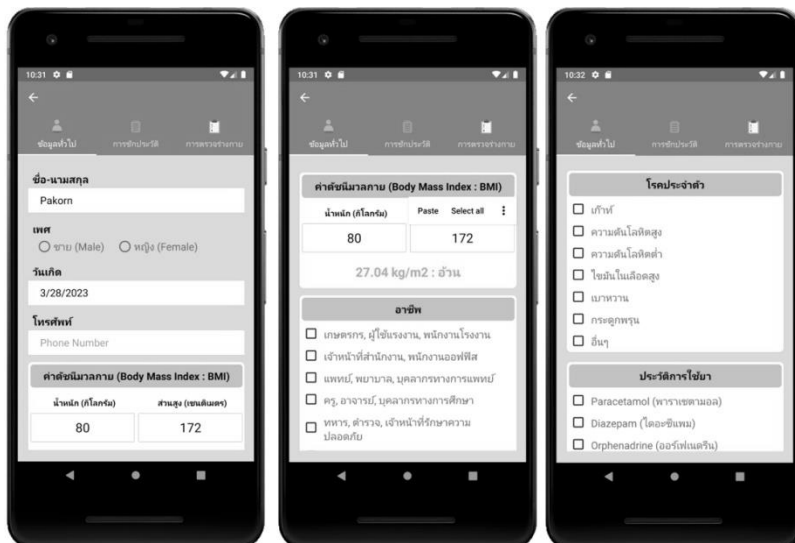
1.3 ส่วนต่อประสานการใช้งาน

1) หน้าจอหลักในแอปพลิเคชัน ในส่วนนี้ประกอบด้วยหน้าเริ่มต้นการใช้งาน หน้าเมนู ซึ่งเป็นการใช้งานโดยวิชาชีพทางการแพทย์ ดังนั้นจึงแสดงทั้งข้อมูลผู้ป่วยและการรายงานผล โดยผู้ที่จะเข้าถึงการใช้งานต้องลงทะเบียนเข้าสู่ระบบเพื่อเป็นการป้องกันข้อมูลให้แก่อาสาสมัครและการนำไปใช้งานในอนาคต ดังแสดงในภาพที่ 3



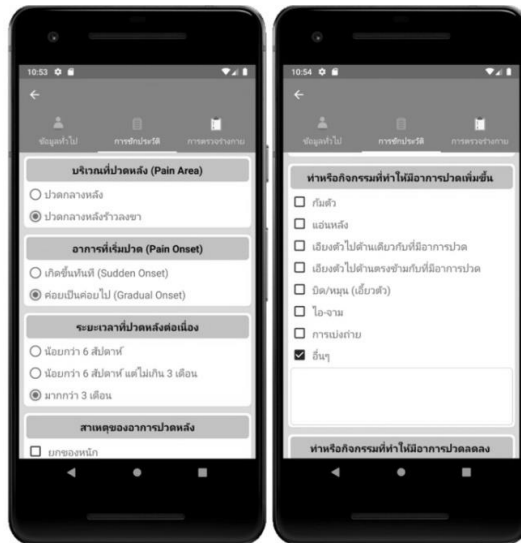
ภาพที่ 3 ตัวอย่างส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งานในหน้าจอหลัก

2) หน้าจอข้อมูลทั่วไป ส่วนใหญ่เป็นข้อมูลเพื่อให้ทราบคุณลักษณะโดยทั่วไปของผู้ป่วยที่ไม่เกี่ยวข้องกับการนำมาใช้ในการพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันช่วยคัดกรอง เช่น เพศ อายุ อาชีพ ดัชนีมวลกาย โรคประจำตัว และประวัติการใช้ยา ดังแสดงในภาพที่ 4



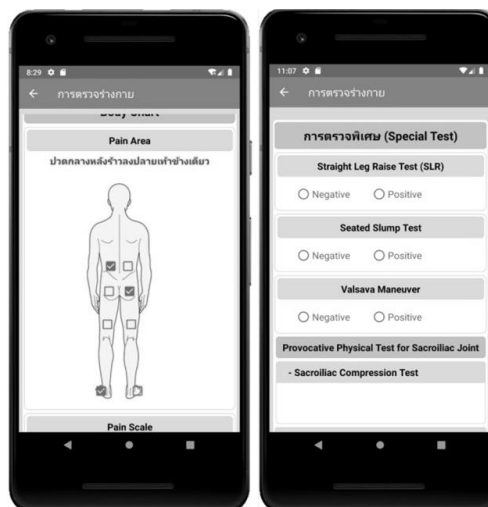
ภาพที่ 4 ตัวอย่างส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งานเมนูข้อมูลทั่วไป

3) หน้าจอการซักประวัติ เป็นข้อมูลที่เน้นความเกี่ยวข้องกับการช่วยวินิจฉัยคัดกรองโรคหมอนรองกระดูกสันหลังเคลื่อน ได้แก่ บริเวณที่มีอาการปวด อาการที่เริ่มปวด ระยะเวลาที่ปวดหลังต่อเนื่อง สาเหตุของอาการปวดหลัง และท่าหรือกิจกรรมที่ทำให้มีอาการปวดเพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ตัวอย่างส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งานเมนูซักประวัติ

4) หน้าจอการตรวจร่างกาย มีข้อมูลการตรวจร่างกายที่จำเป็น เช่น การลงข้อมูลบริเวณที่มีอาการปวด ระดับอาการปวด และการตรวจพิเศษที่เกี่ยวข้อง ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ตัวอย่างส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งานเมนูการตรวจร่างกาย

2. ความพึงพอใจต่อการใช้งานส่วนต่อประสาน

จากการคำนวณกลุ่มตัวอย่างของนักศึกษาได้ 24 คน นักวิจัยจึงได้ส่งแบบสำรวจเพื่อประเมินความพึงพอใจส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งานแก่นักศึกษา 2 สถาบัน คือ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง และมหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี จำนวน 2 ห้อง รวม 80 คน ได้แก่ นักศึกษาชั้นปีที่ 3 สาขาการแพทย์แผนไทย และนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขากายภาพบำบัด โดยให้เวลาในการส่งแบบสำรวจ 1 สัปดาห์ ได้รับผลการประเมินกลับมาจำนวน 26 คน เป็นเพศชาย 3 คน (ร้อยละ 11.5) และเพศหญิง 23 คน (ร้อยละ 88.5) มีอายุเฉลี่ย 22.12 ปี และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 3.302 นอกจากนี้อาสาสมัครส่วนใหญ่จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 65.4 ยังไม่มีประสบการณ์ในการรักษาผู้ป่วย ส่วนที่เหลืออีก 7 คน (ร้อยละ 26.9) มีประสบการณ์ในการรักษาผู้ป่วยไม่ถึง 1 ปี และอีก 2 คนแบ่งเป็นมีประสบการณ์ในการรักษาผู้ป่วยจำนวน 2 ปี และ 3 ปี

ในส่วนของความพึงพอใจให้อาสาสมัครประเมินแบบ Likert scale จำนวน 5 ระดับ โดยมีตัวเลือก 1-5 (1 = พึงพอใจน้อยที่สุด, 2 = พึงพอใจน้อย, 3 = พึงพอใจปานกลาง, 4 = พึงพอใจมาก, 5 = พึงพอใจมากที่สุด) มีเกณฑ์การแบ่งระดับความพึงพอใจเฉลี่ย คือ 4.51-5.00 คะแนน หมายถึง ความพึงพอใจมากที่สุด, 3.51-4.50 คะแนน หมายถึง ความพึงพอใจมาก, 2.51-3.50 คะแนน หมายถึง ความพึงพอใจปานกลาง, 1.51-2.50 คะแนน หมายถึง ความพึงพอใจน้อย และหากได้คะแนนน้อยกว่า 1.50 คะแนน หมายถึง ความพึงพอใจน้อยที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งพบว่าทุกหัวข้อมีความพึงพอใจในระดับมาก โดยหัวข้อที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด คือ การใช้ภาษา (4.35 ± 0.69 คะแนน) ส่วนหัวข้อที่มีความพึงพอใจต่ำที่สุด คือ ความสวยงาม มีคะแนนเฉลี่ย 3.92 ± 1.02 คะแนน

ตารางที่ 1 ความพึงพอใจส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งาน

หัวข้อ	Mean $\pm$ SD	แปลผล
ความมีประโยชน์	4.31 ± 0.62	มาก
ใช้งานง่าย	4.27 ± 0.67	มาก
สีตัวอักษร	3.96 ± 0.96	มาก
สีพื้นหลัง	3.96 ± 1.04	มาก
ประเภทตัวอักษร	4.08 ± 0.80	มาก
ตำแหน่งข้อความ	4.15 ± 0.73	มาก
หน้าจอเมนูหลัก	4.31 ± 0.74	มาก
การใช้ภาษา	4.35 ± 0.69	มาก
ความน่าสนใจ	4.12 ± 0.82	มาก
ความสวยงาม	3.92 ± 1.02	มาก

สำหรับข้อเสนอแนะเพิ่มเติมจากอาสาสมัคร ได้แก่ “หน้าแอปพลิเคชันดูโล่งไป” “ตัวหนังสือในช่องที่ให้เลือกข้อมูลสีอ่อนไป ควรออกแบบกราฟิกให้เยอะ ๆ กว่านี้” “ตัวหนังสืออาจเล็กไปนิดนึง” “สีพื้นหลังสดเกินไป” “เป็นแอปพลิเคชันที่สะดวกมากเพราะมีการประมวลผลได้เลย” “ควรการชักประวัติที่มากกว่านี้” “ส่วนเรื่องของจุดกดเจ็บอาจจะต้องมีการพิจารณาด้วย” “น่าสนใจต่อการใช้งานกับปัจจุบันมาก” “อยากให้

มีรายละเอียดมากกว่านี้” “เพิ่มเติมรายละเอียดลักษณะการปวดหรือปวดช่วงเวลาใดมากที่สุดเพื่อการตรวจวินิจฉัยแยกโรคที่ถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น”

อภิปรายผล

1. การพัฒนาออกแบบส่วนต่อประสานการใช้งานแอปพลิเคชัน

ผู้เชี่ยวชาญที่คัดเลือกมีประสบการณ์ตรงที่เกี่ยวข้องกับการตรวจวินิจฉัยและรักษาโรคหมอนรองกระดูกสันหลังเคลื่อนทั้งในเวลาและนอกเวลางานที่ปฏิบัติงานในคลินิก มีทั้งเป็นคลินิกของสถาบันการศึกษาและคลินิกส่วนตัว มีคุณลักษณะของกลุ่มผู้ป่วยที่หลากหลายทั้งในเมืองและชนบท รวมทั้งในโรงพยาบาล จึงมีครอบคลุมกับกลุ่มผู้ป่วยได้เป็นอย่างดี แต่ทั้งนี้ยังเป็นเพียงข้อเสนอแนะจากนักกายภาพบำบัดเท่านั้น ยังไม่มีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมจากแพทย์เฉพาะทาง

ในการวินิจฉัยคัดกรองโรคหมอนรองกระดูกสันหลังเคลื่อนจากข้อเสนอแนะที่มาจากการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบแนะนำให้เริ่มจาก SLR ก่อน (Petersen et al, 2017) ซึ่งต่างจากอีกการศึกษาที่ใช้การวิเคราะห์ค่าความไวและความจำเพาะโดยพบว่า SLR มีความไวในการวินิจฉัยโรคต่ำ (Majlesi et al, 2008) ซึ่งตรงกับข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ อย่างไรก็ตามในการนำข้อมูลไปพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันอาจจะต้องพิจารณาประเด็นเหล่านี้อีกครั้ง นอกจากนี้ยังมีเรื่องของปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อการเกิดโรคหมอนรองกระดูกสันหลังส่วนล่างที่มีโอกาสทำให้เกิดโรคหมอนรองกระดูกสันหลังเคลื่อน แต่จากการสัมภาษณ์จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน กลับไม่พบว่ามีการคำนึงถึงปัจจัยเสี่ยงที่เกี่ยวข้องแต่จะเน้นการถามคำถามและให้เคลื่อนไหวตามทิศทางที่ทำให้เกิดอาการปวดและทิศทางที่ทำให้ไม่ปวด ซึ่งเป็นการประเมินอาการปวดที่สัมพันธ์กับการใช้งานหรือท่าทาง (Vroomen et al, 2002) การถ่ายทอดข้อมูลให้กับนักออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันถือว่ามีส่วนสำคัญต่อความสำเร็จในการนำไปใช้ได้จริง เพราะต้องเกิดการเชื่อมโยงข้อมูลกันทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์สุขภาพและเทคโนโลยีเพื่อให้การออกแบบสามารถพยากรณ์หรือคัดกรองโรคที่ต้องการได้จริง

การออกแบบส่วนประสานกับผู้ใช้ในเบื้องต้นนักออกแบบเน้นไปที่ความเรียบง่ายในการใช้งานเพื่อช่วยให้การซักประวัติและตรวจวินิจฉัยมีความสะดวกรวดเร็วจากการใช้งานผ่านแอปพลิเคชันจึงไม่ได้ใส่รายละเอียดทั้งหมดลงไป อย่างไรก็ตามจะเห็นได้จากการให้ข้อเสนอแนะของอาสาสมัครที่ต้องการให้มีรายละเอียดเพิ่มเติมมากกว่านี้และคาดหวังให้สามารถช่วยประเมินโรคอื่น ๆ ที่มีอาการปวดหลังได้ด้วย เนื่องจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าส่วนต่อประสานกับผู้ใช้มีผลต่อความไว้วางใจในการใช้งานถึงแม้จะเป็นข้อมูลที่อยู่เว็บไซต์ (ประเมษฐ์ คำชู และ สุวารี นามวงศ์, 2561) นอกจากนี้ยังพบว่ามีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับสี ขนาดตัวอักษร ซึ่งสอดคล้องกับผลการประเมินความพึงพอใจที่ได้คะแนนเหล่านี้ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับหัวข้ออื่น และยังสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาซึ่งพบว่าสิ่งที่สำคัญในการออกแบบแอปพลิเคชันต้องคำนึงถึงเรื่องกราฟิก สี รูปแบบ ขนาด ปุ่ม เมนู ฟังก์ชันการนำทาง และหน้าจอ (Thinnukool & Kongchouy, 2017) ซึ่งเดิมนักวิจัยต้องการออกแบบแอปพลิเคชันที่ช่วยคัดกรองอาการปวดหลังได้อย่างครอบคลุมแต่จากการวิเคราะห์ร่วมกันกับนักวิจัยด้านเทคโนโลยีพบว่าต้องใช้ข้อมูลผู้ป่วยจำนวนมากและอาจไม่สามารถได้ข้อมูลที่ถูกต้องเลยเนื่องจากชุดข้อมูลไม่เพียงพอ ดังนั้นจึงเริ่มต้นจากการคัดกรองโรคหมอนรองกระดูกสันหลังเคลื่อนก่อนเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ต่อไป ดังนั้นการออกแบบจึงควรคำนึงถึงทั้งความเป็นไปได้และความต้องการการใช้งานมาพิจารณาร่วมกันเนื่องจากการรับรู้เทคโนโลยีและความตั้งใจที่จะใช้เทคโนโลยีนั้นมีความสัมพันธ์กับการยอมรับเทคโนโลยี (สรสินธุ์ ฉายสินสอน, 2564)

สรุป

การพัฒนาแอปพลิเคชันจากประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นการจัดการความรู้โดยใช้ความรู้ที่ฝังลึกอยู่ในตัวคน (Tacit knowledge) มาจัดการข้อมูล เป็นอีกทางเลือกในการใช้เทคโนโลยีทางการแพทย์เพื่อช่วยในการตรวจคัดกรองและวินิจฉัยที่เป็นประโยชน์ต่อวิชาชีพทางการแพทย์ที่เกี่ยวข้องโดยที่ไม่จำเป็นต้องใช้ฐานข้อมูลผู้ป่วยจำนวนมาก และมีความเป็นไปได้ในการพัฒนาและนำไปใช้จริง อย่างไรก็ตามการออกแบบควรคำนึงถึงส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งานเพื่อให้เกิดการยอมรับเทคโนโลยีและนำไปใช้ประโยชน์ได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ต่อไป ซึ่งแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นมานั้นรองรับเฉพาะระบบปฏิบัติการ Android เท่านั้น และมีบทบาทสำคัญต่อการช่วยคัดกรองวินิจฉัยอาการปวดหลังส่วนล่างโดยเฉพาะโรคหมอนรองกระดูกสันหลังเคลื่อน

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์สูงมีความสำคัญและได้รับการยอมรับในการยืนยันผลจากข้อเสนอแนะหรือข้อมูลจากการศึกษาที่ผ่านมา เนื่องจากผลการศึกษาจากงานวิจัยที่มีคุณภาพสูงแต่ก็เป็นไปได้ยากที่จะทำการศึกษาคอบคลุมทุกกลุ่มตัวอย่างทำให้มีโอกาสน้อยในการเป็นตัวแทนของประชากรที่ดี และต้องใช้ทั้งงบประมาณและเวลานานกว่าจะได้ผลที่ต้องการ ดังนั้นข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญเพื่อยืนยันทฤษฎีหรือแนวปฏิบัติต่าง ๆ จึงเป็นอีกประเด็นที่ไม่ควรมองข้าม

2. นักออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันสามารถนำข้อเสนอแนะในส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งานไปพิจารณาเป็นแนวทางในการออกแบบเพื่อให้ผู้ใช้เกิดการยอมรับเทคโนโลยี เนื่องจากผู้ใช้งานไม่ได้คำนึงถึงแค่เรื่องขอประโยชน์เพียงอย่างเดียวแต่ยังเห็นความสำคัญของสีและการออกแบบรูปลักษณ์ให้สวยงามน่าใช้

3. วิชาชีพทางการแพทย์สามารถนำแนวทางการจัดการความรู้ไปใช้ในการสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อช่วยในการคัดกรองวินิจฉัยโรค รวมทั้งนำไปเป็นแนวทางในการช่วยวินิจฉัยโรคหมอนรองกระดูกสันหลังเคลื่อนสำหรับผู้ที่ยังไม่ชำนาญ

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรเพิ่มกลุ่มตัวอย่างของอาสาสมัครให้มีความหลากหลายและครอบคลุมวิชาชีพที่เกี่ยวข้อง
2. ควรนำข้อมูลที่ได้ไปต่อยอดเพื่อใช้ในการให้คำแนะนำการตรวจวินิจฉัยที่เกี่ยวข้องกับอาการปวดหลังส่วนล่างโรคอื่น ๆ เพิ่มเติม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณการสนับสนุนงบประมาณในการวิจัยครั้งนี้จากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (กองทุนส่งเสริม ววน.) ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่านที่ให้ข้อมูลในการคัดกรองวินิจฉัยโรคหมอนรองกระดูกสันหลังเคลื่อน และขอขอบคุณอาสาสมัครที่ช่วยตอบแบบสำรวจและให้ข้อเสนอแนะที่น่าสนใจในการพัฒนาต้นแบบแอปพลิเคชันต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- ณัฐดี หงส์บุญมี, และติณณภพ โตม่วง. (2564). ระบบพยากรณ์ความเสี่ยงภาวะหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาทผ่านสมาร์ตโฟนด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล. **วารสารศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 13(1), 128–143.
- นภาพร จันดีรังษี. (2560). แนวทางการรักษาทางกายภาพบำบัดกับผู้ป่วยภาวะหมอนรองกระดูกสันหลังเคลื่อน. **วารสารหัวหินสุขใจไกลกังวล**, 2(2), 1–16.
- ประเมษฐ์ คำชู, และสุวารี นามวงศ์. (2561). การวิเคราะห์โมเดลองค์ประกอบเชิงยืนยันของส่วนต่อประสานกับผู้ใช้บนเว็บไซต์ของนักท่องเที่ยวเชิงการแพทย์ในประเทศไทย. **วารสารบริหารธุรกิจ เศรษฐศาสตร์และการสื่อสาร**, 13(1), 70–85.
- สรสินธุ์ นายสินสอน. (2564). ปัจจัยเชิงสาเหตุด้านคุณลักษณะผู้ประกอบการและการรับรู้เทคโนโลยีที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการยอมรับเทคโนโลยีคลังสินค้าอัจฉริยะเชิงพาณิชย์ของผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมในประเทศไทย. **วารสารสถิติประยุกต์และเทคโนโลยีสารสนเทศ**, 6(1), 21–36.
- Amin, R. M., Andrade, N. S., & Neuman, B. J. (2017). Lumbar disc herniation. **Current Reviews in Musculoskeletal Medicine**, 10(4), 507–516.
- Blyth, F. M., Briggs, A. M., Schneider, C. H., Hoy, D. G., & March, L. M. (2019). The Global Burden of Musculoskeletal Pain-Where to From Here?. **American journal of public health**, 109(1), 35–40.
- Chawalparit, O., Churojana, A., Chiewvit, P., Thanapipatsir, S., Vamvanij, V., & Charnchaowanish, P. (2006). The limited protocol MRI in diagnosis of lumbar disc herniation. **Journal of the Medical Association of Thailand = Chotmaihet Thangphaet**, 89(2), 182–189.
- Gause, P. R., Godinsky, R. J., Burns, K. S., & Dohring, E. J. (2021). Lumbar disk herniations and radiculopathy in athletes. **Clinics in Sports Medicine**, 40(3), 501–511.
- Hartvigsen, J., Hancock, M. J., Kongsted, A., Louw, Q., Ferreira, M. L., Genevay, S., Hoy, D., Karpainen, J., Pransky, G., Sieper, J., Smeets, R. J., Underwood, M., & Lancet Low Back Pain Series Working Group. (2018). What low back pain is and why we need to pay attention. **Lancet (London, England)**, 391(10137), 2356–2367.
- Hortman, P. A., & Thompson, C. B. (2005). Evaluation of user interface satisfaction of a clinical outcomes database. **Computers, informatics, nursing : CIN**, 23(6), 301–307.
- Kim, J. H., van Rijn, R. M., van Tulder, M. W., Koes, B. W., de Boer, M. R., Ginai, A. Z., Ostelo, R. W. G. J., van der Windt, D. A. M. W., & Verhagen, A. P. (2018). Diagnostic accuracy of diagnostic imaging for lumbar disc herniation in adults with low back pain or sciatica is unknown; a systematic review. **Chiropractic & Manual Therapies**, 26, 37.
- Lam, O. T., Strenger, D. M., Chan-Fee, M., Pham, P. T., Preuss, R. A., & Robbins, S. M. (2018). Effectiveness of the McKenzie Method of Mechanical Diagnosis and Therapy for Treating Low Back Pain: Literature Review With Meta-analysis. **The Journal of orthopaedic and sports physical therapy**, 48(6), 476–490.

- Majlesi, J., Togay, H., Unalan, H., & Toprak, S. (2008). The sensitivity and specificity of the Slump and the Straight Leg Raising tests in patients with lumbar disc herniation. **Journal of Clinical Rheumatology: practical reports on rheumatic & musculoskeletal diseases**, 14(2), 87–91.
- O'Sullivan, P. (2005). Diagnosis and classification of chronic low back pain disorders: maladaptive movement and motor control impairments as underlying mechanism. **Manual Therapy**, 10(4), 242–255.
- Petersen, T., Laslett, M., & Juhl, C. (2017). Clinical classification in low back pain: best-evidence diagnostic rules based on systematic reviews. **BMC Musculoskeletal Disorders**, 18(1), 188.
- Thinnukool, O., & Kongchouy, N. (2017). The user's satisfaction of graphic user interface in designing for health care mobile application. **Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering (JTEC)**, 9(1-5), 11–15.
- Vroomen, P. C., de Krom, M. C., Wilmink, J. T., Kester, A. D., & Knottnerus, J. A. (2002). Diagnostic value of history and physical examination in patients suspected of lumbosacral nerve root compression. **Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry**, 72(5), 630–634.
- Wu, A., March, L., Zheng, X., Huang, J., Wang, X., Zhao, J., Blyth, F. M., Smith, E., Buchbinder, R., & Hoy, D. (2020). Global low back pain prevalence and years lived with disability from 1990 to 2017: estimates from the Global Burden of Disease Study 2017. **Annals of translational medicine**, 8(6), 299.
- Yamane, T. (1973). **Statistics: An introductory analysis**. (2nd ed.). New York: Harper & Row.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมหินฟองจากแป้งข้าวหอมนิลเสริมผงอัลมอนต์

วรารัตน์ สานนท์^{1*}

Received : June 12, 2023

Revised : September 20, 2023

Accepted : October 6, 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณแป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วนในขนมหินฟอง และศึกษาปริมาณผงอัลมอนต์ในขนมหินฟองที่มีผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสและกายภาพ ผลการศึกษาปริมาณแป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งข้าวเจ้าที่ระดับร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนัก พบว่าการทดแทนที่ร้อยละ 20 ได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยรวมมากที่สุด มีค่าความเป็นสีแดง (a^*) เพิ่มขึ้น และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่งผลให้ขนมหินฟองมีสีเข้มขึ้น จากนั้นทำการศึกษาปริมาณผงอัลมอนต์ในผลิตภัณฑ์ขนมหินฟองแป้งข้าวหอมนิลที่ร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนัก พบว่าสูตรที่ได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด คือ ร้อยละ 20 ได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยรวมมากที่สุด มีค่าความสว่าง (L^*) และความแข็งลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปสำรวจการยอมรับของผู้บริโภค พบว่ามีค่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ที่คะแนน 7.66, 7.76, 8.14, 8.16, 7.80 และ 8.20 คะแนน ตามลำดับ ขนมหินฟองแป้งข้าวหอมนิลเสริมผงอัลมอนต์สูตรดังกล่าวพบว่ามีปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และใยอาหารร้อยละ 60.98, 6.93, 10.60 และ 1.84 ตามลำดับ มีปริมาณแอนโธไซยานิน 213.50 $\mu\text{g/g}$

คำสำคัญ: การยอมรับของผู้บริโภค ขนมหินฟอง แป้งข้าวหอมนิล แอนโธไซยานิน

¹ อาจารย์ประจำสาขาวิชาการจัดการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

อีเมล: wararat@webmail.npru.ac.th

* ผู้นิพนธ์หลักอีเมล: wararat@webmail.npru.ac.th

PRODUCT DEVELOPMENT OF KHANOM HIN FON THONG USING HOMNIL RICE FLOUR SUPPLEMENTED WITH ALMOND POWDER

Wararat Sanon^{1*}

Abstract

The aim of this research was to study the appropriate proportion of rice flour partially substituted with Homnil Rice flour in Hin Fon Thong Dessert and the effect of supplementing it with almond powder on sensory and physical qualities. The results of substituting rice flour with Homnil Rice flour, at varying contents of 0%, 10%, 20%, and 30% (w/w) showed that most of the panelists accepted the 20% substitution with Homnil Rice flour, which increased the a^* value in redder and decreased the b^* value, making the Hin Fon Thong Dessert with Homnil rice flour statistically significantly darker ($p < 0.05$). The results of supplementing almond powder with 0, 10, 20, and 30 % (w/w) showed that most of the panelists accepted the ratio of 20% substituted with almond powder, which decreased the L^* value in lightness and hardness at a statistically significant level ($p < 0.05$). Consumer surveys of finished products were also conducted to assess appearance, color, odor, taste, texture, and overall liking scores, which yielded values of 7.66, 7.76, 8.14, 8.16, 7.80, and 8.20, respectively. The Hin Fon Thong Dessert with Homnil Rice, supplemented with almond powder in this formula, was found to have carbohydrate, protein, fat, and fiber contents of 60.98%, 6.93%, 10.60%, and 1.84%, respectively, and an anthocyanin content of 213.50 $\mu\text{g/g}$.

Keywords: Consumer acceptability, Hin Fon Thong dessert, Homnil rice flour, Anthocyanin

¹ Lecturer of Department of Food Management, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University, e-mail: wararat@webmail.npru.ac.th

* Corresponding author, e-mail: wararat@webmail.npru.ac.th

บทนำ

ขนมหินผงทองเป็นขนมที่มีมาตั้งแต่โบราณ เป็นขนมไทยที่มีความละเอียดอ่อนในการเลือกวัตถุดิบและวิธีการทำที่ประณีต โดยในงานวิจัยเรื่องอาหารไทยวัฒนธรรมข้าวของภูษิษฐ์ สว่างสุข (2558) ได้กล่าวถึงประวัติของขนมหินผงทองว่า พบชื่อขนมชนิดนี้ในสมัยอยุธยาจากคำให้การของขุนหลวงวัดประดู่ทรงธรรม นอกจากนี้ยังมีกล่าวไว้ในบทเสภาเรื่องขุนช้างขุนแผน แต่ไม่ได้บอกว่ามีลักษณะหน้าตาแบบไหน เพียงแต่บอกไว้ว่าขนมหินผงทองจะใช้เป็นเสบียงในยามศึกสงครามเป็นสำคัญ ให้แก่ทหารที่กอบกู้บ้านเมืองในการทำสงคราม ตัวขนมจะทำจากของแห้ง เดิมมีส่วนประกอบของข้าวสวยตากแห้งคั่วจนเหลืองทองสุก บดจนเป็นผงแป้ง แต่ในปัจจุบันมีการดัดแปลงโดยอาจใช้เพียงแป้งข้าวเจ้าคั่วจนสุก น้ำตาล กะทิ เคี้ยวรวมกันจนเหนียว บางตำรับใช้กากมะพร้าวเผาไฟจนเป็นถ่านแล้วบดจนเป็นผงถ่าน นำทุกอย่างมาผสมรวมกัน หรือบางตำรับเช่นของจิบ บุคนาค ในหนังสือตำราอาหารว่าง-เครื่องน้ำชา และเครื่องขบเคี้ยวหรือกับเกล็ด อ้างอิงจากตำรับมาตรฐานการพัฒนาขนมหินผงทองของลัดดาวัลย์ มั่งคั่ง (2560) และตำรับของศรีสมร คงพันธุ์ (2562) ที่ไม่มีการใช้กากมะพร้าวเผา ทำให้ลักษณะขนมหินผงทองเป็นสีน้ำตาลทอง แล้วปั้นขึ้นรูปคล้ายก้อนหิน จากนั้นปิดหน้าด้วยทองคำเปลวก่อนนำไปอบควันเทียน สามารถเก็บได้นานนับครึ่งปี ในปัจจุบันมีการจำหน่ายขนมหินผงทองในร้านอาหารไทยไฟน์ไดนิ่ง (Fine dining) และร้านอาหารขนมไทยโบราณ ซึ่งทำให้ขนมหินผงทองเป็นขนมที่หากินได้ยาก และมีลักษณะเฉพาะที่เป็นสีดำจากกากมะพร้าวและผงถ่านเพื่อให้คล้ายกับก้อนหินที่ใช้ตรวจสอบทองคำแท้ในอดีต (เปลี่ยน ภาสกรวงศ์, 2554)

ส่วนประกอบของขนมไทยมักจะมีแป้งข้าวเจ้าเป็นส่วนผสมหลักโดยส่วนผสมของขนมหินผงทองก็เช่นกัน ในประเทศไทยมีข้าวหลากหลายสายพันธุ์ที่มีสีส้มและสารต้านอนุมูลอิสระสูง ข้าวหอมนิลเป็นหนึ่งในข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดที่เป็นสีม่วงดำประกอบด้วยสารแอนโทไซยานินที่ประกอบด้วยสารสีม่วงเข้มและสารสีชมพูอ่อน และสารโปรแอนโทไซยานิน สารเหล่านี้ผสมกันเป็นสารประกอบกลุ่มฟลาโวนอยด์ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ทำหน้าที่จับกับอนุมูลอิสระ ทำให้กลไกการทำงานของร่างกายมีประสิทธิภาพมากขึ้นกว่าปกติ นอกจากนี้แอนโทไซยานินยังมีคุณสมบัติเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ สามารถลดอาการอักเสบช่วยปกป้องหลอดเลือด ลดโคเลสเตอรอลในเลือด ลดความเสี่ยงของโรคมะเร็งและต้าน (ศศิธร อุดชาชน และศักดิ์สิทธิ์ จันทรไทย, 2558) ข้าวหอมนิลมีประโยชน์ทางโภชนาการโดยมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 12.5 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 70 อะไมโลสร้อยละ 12-13 ซึ่งจัดเป็นแป้งที่มีอะไมโลสต่ำ ประกอบไปด้วยธาตุเหล็ก สังกะสี ทองแดง แคลเซียม และโพแทสเซียม ซึ่งสูงกว่าข้าวขาวหอมมะลิที่มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 7.62 และมีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 12-20 (ผาณิต รุจิพิสิฐ และคณะ, 2555 และ Thiranusornkij et al., 2018) ด้วยคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระที่ดีของข้าวหอมนิลทำให้มีความเหมาะสมสำหรับใช้ทำผลิตภัณฑ์อาหารมีการนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่าง ๆ เช่น คุกกี้แป้งข้าวหอมนิล ขนมเปียกภูทาบ และอาลัวแป้ง

ข้าวหอมนิล เป็นต้น ด้วยคุณสมบัติดังกล่าวจึงเหมาะกับการนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมไทยซึ่งมีแป้งข้าวเจ้าเป็นส่วนผสม ส่วนอัลมอนต์เป็นตัวเลือกแข็งที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง อัลมอนต์ป่นในทางการค้าผลิตทำมาจากอัลมอนต์ดิบที่ผ่านการลวกด้วยน้ำร้อนเพื่อเอาเปลือกสีน้ำตาลออก และนำมาบดเป็นผงอัลมอนต์ (Pasqualone et al., 2018) เนื่องจากในอัลมอนต์มีโปรตีน 21.4 กรัม ไขมัน 51.1 กรัม โยอาหาร 10.8 กรัม รวมถึงมีแคลเซียมในปริมาณ 264 มิลลิกรัม (U.S. department of agriculture, 2022) จึงเหมาะสำหรับผู้ที่เป็นมังสวิรัตเนื่องจากมีโปรตีนสูง เหมาะสำหรับผู้ที่เป็นโรคแพ้โปรตีนจากเนื้อสัตว์ และมีโยอาหารช่วยระบบย่อยอาหาร กลิ่นของอัลมอนต์ยังส่งเสริมผลิตภัณฑ์อาหารได้ดี จึงนิยมนำมาเป็นส่วนประกอบของขนมอบต่าง ๆ อีกด้วย

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมหิณฝนทองด้วยแป้งข้าวหอมนิลเสริมผงอัลมอนต์เนื่องจากขนมไทยมักทำจากแป้ง น้ำตาล และกะทิเพียงอย่างเดียว การนำแป้งข้าวหอมนิลที่มีคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระมาเสริมในผลิตภัณฑ์ ทำให้มีสีสนที่นารับประทาน การเสริมผงอัลมอนต์ช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการในด้านประโยชน์และคุณค่าทางสารอาหารที่เพิ่มขึ้น ตอบสนองความต้องการของกลุ่มผู้บริโภคที่แพ็กู้เต็น นอกจากนี้ยังเป็นการส่งเสริม ยกระดับ และอนุรักษ์ขนมไทย ต่อยอดในการจัดจำหน่าย พัฒนาขนมไทยที่มีสารต้านอนุมูลอิสระและเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบท้องถิ่นอีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปริมาณแป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วนที่เหมาะสมในขนมหิณฝนทอง
2. เพื่อศึกษาปริมาณผงอัลมอนต์ที่เหมาะสมในขนมหิณฝนทองแป้งข้าวหอมนิล
3. เพื่อศึกษาคุณภาพทางเคมีของขนมหิณฝนทองแป้งข้าวหอมนิลเสริมผงอัลมอนต์และขนมหิณฝนทองตำรับมาตรฐาน และศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมหิณฝนทองแป้งข้าวหอมนิลเสริมผงอัลมอนต์

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาปริมาณแป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วนที่เหมาะสมในขนมหิณฝนทอง
 - 1.1 การเตรียมแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวหอมนิล

การเตรียมแป้งข้าวเจ้า และแป้งข้าวหอมนิล โดยการคั่วแป้งแต่ละชนิดให้สุกที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30-40 นาที โดยให้แป้งร้อนไม่ติดกระทะ ลักษณะสีคล้ำลงเล็กน้อย ควบคุมค่าสี L^* , a^* และ b^* ของแป้งข้าวเจ้าคั่ว เท่ากับ 90.5 ± 2 , -3.3 ± 2 และ -3.4 ± 2 ตามลำดับ ค่าสีของแป้งข้าวหอมนิลคั่ว เท่ากับ 73.6 ± 2 , -0.1 ± 2 และ 1.9 ± 2 ตามลำดับ จากนั้นนำไปอบวันเทียในภาชนะปิด 1 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักเพื่อเตรียมไว้สำหรับผสม

1.2 การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วน

ส่วนผสมของขนมหิณฝนทองตำรับมาตรฐาน ดัดแปลงสูตรจากจีบ บุณนาค ในงานวิจัยของ ลัดดาวัลย์ มั่งคั่ง (2560) โดยมีส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้าคั่ว 80 กรัม น้ำตาลมะพร้าว 50 กรัม กะทิ 120 กรัม น้ำเปล่า 60 กรัม โดยแปลงปริมาณทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งหอมนิลที่ร้อยละ 0 (สูตรควบคุม), 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนัก/น้ำหนัก ซึ่งส่วนผสม จากนั้นร่อนแป้งทั้ง 2 รวมกัน จากนั้นนำกะทิ น้ำเปล่าและน้ำตาลมะพร้าว ผสมให้เข้ากัน ต้มไฟกลางจนเดือด เคี่ยวให้น้ำตาลละลายจนถึงอุณหภูมิ 99 – 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จนน้ำเชื่อมมีลักษณะข้นหนืด ไหลได้เป็นสาย เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลทอง ซึ่งปริมาณน้ำเชื่อมกะทิ ยางมะตูม 240 กรัม ใส่ภาชนะ พักไว้ให้เย็นจนมีอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ควบคุมค่าสี L^* , a^* และ b^* ที่ 49.3 ± 2 , 21 ± 2 และ 33.3 ± 2 ตามลำดับ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดเท่ากับ 75 ± 2 องศาบริกซ์ จากนั้นเทน้ำเชื่อมกะทิยางมะตูมที่ได้ในแป้งที่ละน้อยจนหมด ซึ่งน้ำหนักก้อนละ 12 กรัม นำมาปั้นเป็นทรงรี คล้ายก้อนหิน ขนาด $2.5 \times 3.5 \times 1.5$ เซนติเมตร ติดทองคำเปลวบริสุทธิ์ตรงกลางด้านหน้าขนมเป็นจุดเล็ก ๆ

1.3 ศึกษาความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมหิณฝนทองแป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วน

นำผลิตภัณฑ์ขนมหิณฝนทองมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale Test โดยผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน กำหนดปัจจัยคุณภาพไว้ 6 ด้าน ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม แล้วคัดเลือกสูตรที่ได้คะแนนเฉลี่ยความชอบสูงสุดมาพัฒนาต่อไป

1.4 วิเคราะห์ค่าคุณภาพทางกายภาพ

วัดค่าสีด้วยเครื่อง colorimeter (Hunter Lab, ColorQuest XE, USA) รายงานค่าเป็น L^* (ค่าความสว่าง), a^* (ค่าความเป็นสีแดง) และ b^* (ค่าความเป็นสีเหลือง) และวิเคราะห์เนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่อง Texture analyzer (TA.XT.plus, Stable Micro Systems, USA) ใช้วิธีการวัดแบบ TPA ด้วยหัววัด 6 mm Cylinder Probe (P/6) กดตัวอย่าง กำหนดอัตราเร่งก่อนวัด (pre-test speed) 1.0 mm/s อัตราเร็วขณะวัด (test speed) 2.0 mm/s อัตราเร็วหลังวัด (post-test speed) 2.0 mm/s กดลงไปบนขนมหิณฝนทอง 10 mm ของตัวอย่าง บันทึกค่าความแข็ง (Hardness) และค่าความยืดติด (Stickiness)

2. การศึกษาปริมาณผงอัลมอนต์ที่เหมาะสมในขนมหิณฝนทองแป้งข้าวหอมนิล

2.1 นำผงอัลมอนต์ไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 นาที ควบคุมค่าสี L^* , a^* และ b^* ของผงอัลมอนต์อบ เท่ากับ 70.0 ± 2 , -5.4 ± 2 และ 28.6 ± 2 ตามลำดับ จากนั้นพักไว้ให้เย็น

2.2 เตรียมขนมหิณฝนทองแป้งข้าวหอมนิลที่ได้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสที่สุดในข้อ 1 มาศึกษาปริมาณผงอัลมอนต์ที่เหมาะสม โดยเสริมในผลิตภัณฑ์ขนมหิณฝนทองที่แตกต่างกัน 3 ระดับ โดยแปลง

อัตราส่วนเทียบกับปริมาณแบ่งทั้งหมดที่ร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนัก นำไปทดสอบทางประสาทสัมผัส และวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพต่อไป

2.3 ศึกษาความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมหินฟองแบ่ง ข้าวหอมนิลเสริมผงอัลมอนต์ ตามวิธีการข้อที่ 1.3

2.4 วิเคราะห์ค่าคุณภาพทางกายภาพ ตามวิธีการข้อที่ 1.4

2.5 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค โดยนำผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับสูงสุด มาทำการสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 50 คน ด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scales

3. การศึกษาค่าคุณภาพทางเคมีขนมหินฟองดำรับมาตรฐาน และขนมหินฟองแบ่งข้าวหอมนิลเสริมผงอัลมอนต์

นำขนมหินฟองดำรับมาตรฐาน และขนมหินฟองแบ่งข้าวหอมนิลเสริมผงอัลมอนต์ มาหาปริมาณความชื้น, โปรร่า, โปรตีน, ไขมัน, และเถ้า ตามวิธีการของ AOAC (1990) วิเคราะห์หาปริมาณแอนโทไซยานินรวมด้วยวิธี pH differential method (ดัดแปลงจากวิธีของ Giusti & Wrolstad, 2001) โดยปรับระดับความเจือจางของตัวอย่างด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์บัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.025 M (pH 1.0) และโซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.4 M (pH 4.5) จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 และ 700 nm ตามลำดับ ด้วยเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer โดยใช้น้ำกลั่นเป็นตัวเปรียบเทียบ (Blank) จากนั้นคำนวณหาปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด ตามสมการ แล้วนำผลการคำนวณไปแปลงค่าให้อยู่ในหน่วยไมโครกรัมสมมูลของ cyaniding 3-glucoside ต่อ 1 กรัม ($\mu\text{g CGE/g DW}$)

$$\text{ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (mg/L)} = (A \times MW \times DF \times 1000) / (\epsilon \times l)$$

แล้วนำผลการคำนวณไปแปลงค่าให้อยู่ในหน่วย ไมโครกรัมสมมูลของ cyaniding 3-glucoside ต่อ 1 กรัม เมื่อ A คือ ค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) = $(A_{510\text{nm}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH}1.0} - (A_{510\text{nm}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH}4.5}$ ค่า MW คือ มวลโมเลกุลของ cyaniding-3-glucoside (C3G) = 449.2 g/mol ค่า DF คือ Dilution factor ของตัวอย่าง ϵ คือ โมลาร์แอบซอร์บิตีวิตี้ (Molar absorptivity) = $26,900 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$ และ l คือ ความกว้างของ Cuvette = 1 cm

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดโดยนำสารสกัดตัวอย่างมา 1 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลองเติมสารละลาย Folin-Ciocalteu phenol reagent ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยปริมาตร ลงไป 1 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที จากนั้นสกัดด้วยเมทานอลร้อยละ 70 ในอัตราส่วนตัวอย่างต่อตัวทำละลาย 1:10 เปรียบเทียบกับกรดแกลลิก ในหน่วยมิลลิกรัมต่อกรัม เก็บไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 90 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร คำนวณค่าปริมาณ

สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก รายงานผลเป็น mg GAE/g (Kavitha & Indira, 2016)

4. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมี ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ส่วนข้อมูลที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design: RCBD) นำข้อมูลทั้งหมดวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาปริมาณแป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วนที่เหมาะสมในขนมหินฟนทองจากการศึกษาปริมาณแป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วน และทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมหินฟนทองแป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งข้าวเจ้า

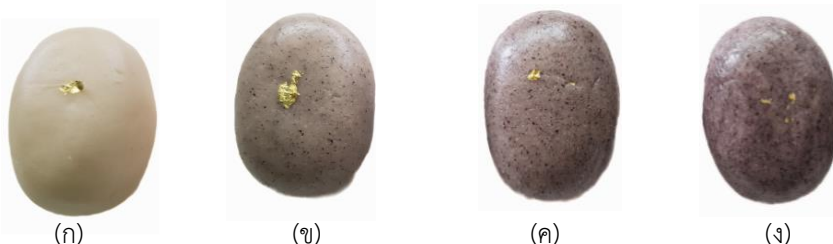
คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	ปริมาณแป้งข้าวหอมนิล (ร้อยละ)			
	0	10	20	30
ลักษณะปรากฏ	7.00±0.45 ^b	6.93±0.37 ^b	7.40±0.37 ^a	7.27 ±0.64 ^a
สี	6.67±0.80 ^c	6.70±0.60 ^c	7.47±0.63 ^b	7.87±0.78 ^a
กลิ่น ^{ns}	7.33±0.55	7.27±0.58	7.40±0.62	7.37±0.61
รสชาติ	7.03±0.56 ^b	7.10±0.55 ^{ab}	7.23±0.50 ^a	7.07±0.58 ^{ab}
เนื้อสัมผัส	7.23±0.77 ^a	7.23±0.63 ^a	7.40±0.56 ^a	6.77±0.63 ^b
ความชอบโดยรวม	7.03±0.49 ^b	6.90±0.55 ^b	7.67±0.48 ^a	7.07±0.64 ^b

หมายเหตุ a-c หมายถึง ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน ค่าเฉลี่ยของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ns หมายถึง ตัวอักษรที่กำกับในแนวนอน ค่าเฉลี่ยของข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณแป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งข้าวเจ้าที่ระดับร้อยละ 20 ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุดในคุณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมเมื่อเทียบกับสูตรควบคุมพบว่า คุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ และความชอบโดยรวมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในด้านสีพบว่าแป้งข้าวหอมนิลร้อยละ 30 มีคะแนนคุณลักษณะที่มากที่สุด

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องจากมีสีที่เข้มที่สุด เพราะในแป้งข้าวหอมนิลมีรงควัตถุที่ทำให้เกิดสีม่วงดำ คือสารแอนโทไซยานิน และสารโปรแอนโทไซยานินที่ให้สีน้ำตาลซึ่งอยู่ในเยื่อหุ้มเมล็ด (Sompong et al., 2011) คุณลักษณะด้านกลิ่นมีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และมีแนวโน้มว่าการใช้แป้งข้าวหอมนิลที่ร้อยละ 20 มีคะแนนความชอบมากกว่าตัวอย่างอื่น ในด้านเนื้อสัมผัส พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับเมื่อเพิ่มปริมาณการทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมนิลที่ระดับร้อยละ 20 มากที่สุด เนื่องจากเมื่อทดแทนในปริมาณที่มากขึ้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะแห้งและสาก มีเม็ดแป้งข้าวหอมนิลแทรกในเนื้อผลิตภัณฑ์ ทำให้ลักษณะขนมหินฟงทองมีจุดสีดำกระจายอยู่ทั่วชิ้น ส่งผลให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แห้งร่วนกว่าการทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมนิลในปริมาณอื่น ดังภาพที่ 1 สอดคล้องกับงานวิจัยของลัดดาวัลย์ มั่งคั่ง (2560) ที่ศึกษาอัตราส่วนของแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในขนมหินฟงทองที่พบว่าการใช้ปริมาณแป้งไรซ์เบอร์รี่มากขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสหยาบร่วน และแตกง่ายไม่เกาะตัว มีความผิดปกติในลำคอ กลืนยาก และสอดคล้องกับงานวิจัยการใช้แป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีในส่วนเปลือกของขนมเปียะกุหลาบที่เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวสาลีจะทำให้เนื้อสัมผัสมีความสามารถในการเกาะตัวระหว่างส่วนเปลือกของขนมน้อยลงและมีค่าพลังงานในการเคี้ยวที่เพิ่มขึ้น (ธีรบุษ ฉายศิริโชติ และณัฏยา เมฆรวี, 2561)



ภาพที่ 1 ลักษณะของขนมหินฟงทองแป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งข้าวเจ้าที่ระดับต่าง ๆ

(ก) คือ ร้อยละ 0 (ข) คือ ร้อยละ 10 (ค) คือ ร้อยละ 20 และ (ง) คือ ร้อยละ 30

ตารางที่ 2 ค่าสีและเนื้อสัมผัสของขนมหินฟงทองแป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งข้าวเจ้าที่ระดับต่าง ๆ

คุณภาพทางกายภาพ	ปริมาณแป้งข้าวหอมนิล (ร้อยละ)			
	0	10	20	30
L*	80.13±0.44 ^a	54.02±0.44 ^b	47.07±0.57 ^b	40.97±0.46 ^c
a*	1.46±0.81 ^d	1.87±0.02 ^c	2.08±0.19 ^b	2.88±0.16 ^a
b*	16.96±0.40 ^a	9.24±0.10 ^b	6.01±0.19 ^c	4.03±0.24 ^d
ค่าความแข็ง (นิวตัน)	4.02±0.17 ^b	3.31±0.39 ^a	2.96±0.16 ^a	3.79±0.37 ^b
ค่าความยืดติด	-0.35±0.04 ^b	-0.22±0.04 ^{ab}	-0.21±0.05 ^a	-0.35±0.17 ^b

หมายเหตุ a-d หมายถึง ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน ค่าเฉลี่ยของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 2 แสดงคุณลักษณะทางกายภาพของขนมหินผทองแป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งข้าวเจ้า บางส่วนในระดับที่แตกต่างกัน พบว่า เมื่อทดแทนด้วยปริมาณแป้งข้าวหอมนิลเพิ่มขึ้นมีผลให้ความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ลดลง ส่วนค่าความเป็นสีแดง (a^*) เพิ่มขึ้น โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งทำให้สีของผลิตภัณฑ์ที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมนิลในปริมาณสูงขึ้นมีสีเข้ม และมีสีแดงมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของบุญยกฤต รัตนพันธุ์ และคณะ (2560) ได้ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้จากรำข้าวหอมนิลที่ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณรำข้าวหอมนิล และเนื่องจากขนมหินผทองสูตรควบคุมมีลักษณะสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาการคาราเมลไลเซชัน (Caramelization) ที่มาจากการเคี่ยวน้ำเชื่อมกะทิยางมะตูม ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของโมเลกุลน้ำตาลด้วยความร้อนสูง และมีการเกิดพอลิเมอร์ของสารประกอบคาร์บอนสีของผลิตภัณฑ์ที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมนิลจึงมีสีน้ำตาลเทา เมื่อพิจารณาค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ พบว่าการเติมในปริมาณที่ร้อยละ 10 และ 20 มีความแข็งน้อยกว่าตัวแปรควบคุม แต่เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวหอมนิลกลับทำให้มีความแข็งเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับลักษณะความยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์ การเพิ่มปริมาณแป้งข้าวหอมนิลจึงอาจมีผลต่อการเกิดเจลและการเกาะติดของเนื้อขนมหินผทองในการปั้น จากงานวิจัยของ Thiranusornkij et al. (2018) ที่ศึกษาคุณสมบัติของแป้งข้าวหอมนิลในขนมปังกลูเต็นฟรี โดยทดสอบปริมาณอะไมโลสในแป้งข้าวทั้งสองชนิด พบว่าแป้งข้าวหอมนิลมีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 17.6 ± 0.2 ต่ำกว่าและแป้งข้าวหอมมะลิที่มีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 21.3 ± 0.6 ซึ่งแป้งที่มีปริมาณอะไมโลสสูงมีผลทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่แข็งและร่วนขึ้น ลักษณะขนมปังที่ใช้แป้งข้าวหอมนิลจึงมีความแข็งมากกว่าแต่มีค่าการเกาะติดต่ำกว่าขนมปังจากแป้งข้าวหอมมะลิ และอิศารัตน์ เปรมประสพโชค และคณะ (2557) ศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องสีในเค้กแครอทดำของ พบว่าร้อยละของอะไมโลสในแป้งข้าวกล้องสีมีความสัมพันธ์กับการเกิดเจลลาตินในสเคชัน (Gelatinization) ของแป้ง เนื่องจากแป้งเมื่อได้รับความร้อนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในโมเลกุลของเม็ดแป้ง (Starch granule) โดยความร้อนเข้าไปทำลายพันธะไฮโดรเจน ทำให้สายพอลิเมอร์ในเม็ดแป้งคลายตัวและรวมเข้ากับน้ำที่ล้อมรอบ จึงส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของลักษณะปรากฏในผลิตภัณฑ์ เช่นเดียวกับขนมหินผทองที่เมื่อแป้งข้าวหอมนิลได้รับความร้อนจากน้ำเชื่อมกะทิยางมะตูมจึงรวมตัวเข้าด้วยกันได้ดี ทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นลงในปริมาณที่ร้อยละ 10 และ 20 แต่เมื่อเพิ่มปริมาณการทดแทนที่สูงขึ้นปริมาณเม็ดสตาร์ชและเยื่อหุ้มเมล็ดที่ปนมาจากการผลิตแป้งข้าวหอมนิลมากขึ้น ทำให้การยืดหยุ่นของแป้งและน้ำเชื่อมกะทิยางมะตูมลดลง ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งร่วนมากขึ้น ดังนั้นปริมาณร้อยละ 20 จึงเหมาะสมที่สุดในการทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวหอมนิล ผู้วิจัยจึงคัดเลือกมาพัฒนาต่อโดยเสริมผงอัลมอนต์เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและเพื่อปรับปรุงลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสต่อไป

2. ผลการศึกษาปริมาณผงอัลมอนต์ที่เหมาะสมในขนมหินผทองแป้งข้าวหอมนิล

นำขนมหินผทองที่ทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวหอมนิลในปริมาณร้อยละ 20 มาศึกษาปริมาณผงอัลมอนต์ที่เหมาะสม แสดงดังภาพที่ 2 และทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมหินผทองแป้งข้าวหอมนิลเสริมผงอัลมอนต์ ผลได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมหินฟองทองแป้งข้าวหอมนิลเสริมผงอัลมอนต์ที่ระดับต่าง ๆ

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	ปริมาณผงอัลมอนต์ (ร้อยละ)			
	0	10	20	30
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	7.37±0.93	7.53±0.63	7.50±0.78	7.37 ±0.76
สี	7.63±0.72 ^a	7.63±0.72 ^a	7.57±0.67 ^{ab}	7.33±0.71 ^{bc}
กลิ่น ^{ns}	7.67±0.92	7.50±0.86	7.50±0.86	7.56±0.86
รสชาติ ^{ns}	7.23±0.82	7.43±0.94	7.53±0.68	7.23±1.07
เนื้อสัมผัส	7.40±0.97 ^a	7.47±0.94 ^a	7.60±0.77 ^a	6.93±1.20 ^b
ความชอบโดยรวม	7.27±0.87 ^{ab}	7.47±0.57 ^a	7.60±0.72 ^a	7.06±0.94 ^b

หมายเหตุ a-c หมายถึง ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน ค่าเฉลี่ยของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ns หมายถึง ตัวอักษรที่กำกับในแนวนอน ค่าเฉลี่ยของข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 3 พบว่า ปริมาณการเสริมผงอัลมอนต์ที่ร้อยละ 20 มีคะแนนความชอบมากที่สุดที่คุณลักษณะทางด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ส่วนการเสริมในปริมาณร้อยละ 10 มีคะแนนความชอบมากที่สุดที่คุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏและสี โดยคะแนนความชอบคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น และรสชาติของทุกระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งแนวโน้มผู้ทดสอบชิมส่วนใหญ่ให้คะแนนความชอบสูงขึ้นเมื่อปริมาณผงอัลมอนต์เพิ่มขึ้น แต่ลดลงเมื่อเพิ่มถึงร้อยละ 30 เนื่องจากทำให้ขนมหินฟองทองมีลักษณะซากจากผงอัลมอนต์ และมีความมันที่เกิดจากไขมันของอัลมอนต์ออกมาระหว่างการผสมและปั่นขึ้นรูป กระจายทั่วผลิตภัณฑ์จนมากเกินไป ซึ่งมีผลต่อคะแนนความชอบและลักษณะปรากฏของขนมหินฟองทอง เนื่องจากในอัลมอนต์มีไขมันและใยอาหารสูง รวมถึงอัลมอนต์ยังมีการสกัดน้ำมันมาใช้ในการปรุงรสอาหารได้ ทำให้ขนมหินฟองทองที่เสริมปริมาณผงอัลมอนต์สูงขึ้นมีลักษณะมัน มีการจับตัวเป็นก้อนได้ดี แต่การแยกตัวของผลิตภัณฑ์เกิดได้ง่ายขึ้นเมื่อปิดขึ้นขนม



(ก) (ข) (ค) (ง)

ภาพที่ 2 ลักษณะของขนมหินฟองทองแป้งข้าวหอมนิลเสริมผงอัลมอนต์ที่ระดับต่าง ๆ

(ก) คือ ร้อยละ 0 (ข) คือ ร้อยละ 10 (ค) คือ ร้อยละ 20 และ (ง) คือ ร้อยละ 30

ผลการศึกษาคูณภาพทางกายภาพของขนมหินฟองทองเสริมผงอัลมอนต์ในอัตราส่วนเทียบกับปริมาณแป้งทั้งหมดที่ร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนัก ผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าสีและเนื้อสัมผัสของขนมหินฟนทองแป้งข้าวหอมนิลเสริมผงอัลมอนต์ที่ระดับต่าง ๆ

คุณภาพทางกายภาพ	ปริมาณผงอัลมอนต์ (ร้อยละ)			
	0	10	20	30
L*	37.79±1.32 ^a	33.01±0.32 ^c	34.02±0.40 ^b	34.53±0.31 ^b
a*	5.92±0.15 ^b	6.39±0.08 ^a	6.02±0.09 ^b	6.27±0.15 ^a
b*	3.60±0.24 ^b	2.83±0.12 ^c	3.60±0.21 ^b	3.96±0.17 ^a
ค่าความแข็ง (นิวตัน)	2.85±0.59 ^a	2.27±0.15 ^b	2.20±0.13 ^b	1.55±0.07 ^c
ค่าความยืดติด	-0.16±0.02 ^b	-0.23±0.02 ^a	-0.18±0.03 ^b	-0.15±0.02 ^b

หมายเหตุ a-d หมายถึง ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน ค่าเฉลี่ยของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 4 แสดงคุณภาพทางกายภาพขนมหินฟนทองเสริมผงอัลมอนต์ในระดับที่แตกต่างกันพบว่าเมื่อปริมาณผงอัลมอนต์เพิ่มขึ้นมีผลให้ค่าสี L* ลดลง ค่าสี a* เพิ่มขึ้น ส่วนค่าสี b* ลดลงในปริมาณผงอัลมอนต์ร้อยละ 10 และเพิ่มขึ้นในปริมาณร้อยละ 20 และ 30 ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งการเติมผงอัลมอนต์มีผลให้ขนมหินฟนทองมีลักษณะสีเข้มขึ้นและมันเงากว่าตัวแปรควบคุม ลักษณะสีของแป้งข้าวหอมนิลเป็นสีม่วงดำชัดเจนขึ้น ในด้านความแข็งของผลิตภัณฑ์ พบว่าการเสริมผงอัลมอนต์ในปริมาณที่มากขึ้นทำให้ความแข็งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนการยืดตัวของผลิตภัณฑ์ขนมหินฟนทอง พบว่า ลดลงตามลำดับ มีแนวโน้มไปทางทิศทางเดียวกับคะแนนความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัสจากผู้ทดสอบชิมที่ให้คะแนนลดลง เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีลักษณะการยืดตัวเป็นก้อนลดลง มีไขมันเคลือบภายนอกมากขึ้น ปิดแยกเป็นชั้นได้ง่าย สอดคล้องกับงานวิจัยผลของการใช้ผงอัลมอนต์ที่มีผลต่อลักษณะของมัฟฟินแบบกลูเตนฟรีที่ปริมาณอัลมอนต์เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีการยืดหยุ่นที่ลดลงและมีปริมาณไขมันเพิ่มขึ้น (Stoin et al., 2018) ผู้วิจัยจึงเลือกการเสริมผงอัลมอนต์ในระดับร้อยละ 20 ในการทำไปศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อไป

3. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมหินฟนทองแป้งข้าวหอมนิลเสริมผงอัลมอนต์

เมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด คือ ขนมหินฟนทองแป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งข้าวเจ้าที่ร้อยละ 20 และเสริมผงอัลมอนต์ร้อยละ 20 ที่พัฒนาได้ มาทำการสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 50 คน ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม พบว่า ผู้บริโภคมีความชอบทั้งด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม อยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก ผลดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 คะแนนการยอมรับคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคทั่วไปต่อขนมหินผงทองแบ่งข้าวหอมนิลเสริมผงอัลมอนต์

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	คะแนนเฉลี่ยและผลการวิเคราะห์
ลักษณะปรากฏ	7.66±0.82
สี	7.76±0.94
กลิ่น	8.14±0.90
รสชาติ	8.16±0.93
เนื้อสัมผัส	7.80±1.14
ความชอบโดยรวม	8.20±0.78

นอกจากนี้ยังสอบถามถึงการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมหินผงทองแบ่งข้าวหอมนิลเสริมผงอัลมอนต์ โดยผู้บริโภคให้กับยอมรับผลิตภัณฑ์ร้อยละ 100 โดยมีเหตุผลในการยอมรับคือ ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหอมคิดเป็นร้อยละ 66 รองลงมา คือมีรสชาติดี ร้อยละ 48 เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความแปลกใหม่ ร้อยละ 44 และมีประโยชน์ต่อสุขภาพ ร้อยละ 18 ในหัวข้อการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ พบว่าร้อยละ 94 ตัดสินใจซื้อ และร้อยละ 3 ยังไม่แน่ใจในการเลือกซื้อ

4. ผลการศึกษาคุณภาพทางเคมีของขนมหินผงทองตำรับมาตรฐาน และขนมหินผงทองแบ่งข้าวหอมนิลเสริมผงอัลมอนต์

ตารางที่ 6 คุณภาพทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ขนมหินผงทองตำรับมาตรฐานและขนมหินผงทองแบ่งข้าวหอมนิลเสริมผงอัลมอนต์

ค่าคุณภาพทางเคมี	คะแนนเฉลี่ยและผลการวิเคราะห์	
	ขนมหินผงทองตำรับมาตรฐาน	ขนมหินผงทองแบ่งข้าวหอมนิลเสริมผงอัลมอนต์
ความชื้น (ร้อยละ)	16.01±0.01	18.94±0.02
โปรตีน (ร้อยละ)	4.87±0.04	6.93±0.06
ไขมัน (ร้อยละ)	7.52±0.18	10.60±0.93
ใยอาหาร (ร้อยละ)	0.35±0.01	1.84±0.11
เถ้า (ร้อยละ)	0.39±0.01	0.71±0.02
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	70.86	60.98
พลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี)	370.60	367.04
แอสโตนิน (µg/g)	ไม่พบ	213.50
สารประกอบฟีนอลิก (mg GAE/g)	0.24±0.02	0.44±0.02

จากการผลการวิเคราะห์ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต พลังงานทั้งหมด แอนโธไซยานิน และสารประกอบฟีนอลิก แสดงดังตารางที่ 6 เมื่อนำผลิตภัณฑ์ขนมหิ้นผทองตำรับมาตรฐานและขนมหิ้นผทองแป้งข้าวหอมนิลเสริมผงอัลมอนต์ที่ใช้ปริมาณแป้งข้าวหอมนิลร้อยละ 20 และเสริมด้วยผงอัลมอนต์ที่ร้อยละ 20 มาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี พบว่าขนมหิ้นผทองที่ได้รับการพัฒนามีปริมาณโปรตีน ไขมัน โยอาหาร เถ้า และสารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้น รวมถึงพบสารต้านอนุมูลอิสระประเภทสารแอนโธไซยานิน ในขณะที่ขนมหิ้นผทองตำรับมาตรฐานไม่พบสารดังกล่าว สอดคล้องกับงานวิจัยของวรารัตน์ สานนท์ และดวงกมล แสงธีรกิจ (2563) ที่พบว่าผลิตภัณฑ์ขนมอาลัวที่ไม่เติมแป้งข้าวหอมนิลและสารสกัดน้ำอัญชัน มีสารแอนโธไซยานินและฟีนอลิกทั้งหมดน้อยกว่าอาลัวที่มีการเสริมแป้งข้าวหอมนิลและสารสกัดน้ำอัญชันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ขนมหิ้นผทองแป้งข้าวหอมนิลเสริมผงอัลมอนต์ที่พัฒนามีค่าพลังงานและคาร์โบไฮเดรตลดลง ทำให้เป็นการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของขนมไทยดั้งเดิมในด้านประโยชน์และคุณค่าทางสารอาหารที่เพิ่มขึ้น

สรุป

ผลิตภัณฑ์ขนมหิ้นผทองแป้งข้าวหอมนิลเสริมผงอัลมอนต์ที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงสุด คือ การทดแทนแป้งข้าวเจ้าด้วยแป้งข้าวหอมนิลที่ร้อยละ 20 และเสริมผงอัลมอนต์ที่ร้อยละ 20 โดยผลิตภัณฑ์ขนมหิ้นผทองที่ได้มีลักษณะเป็นก้อนสีม่วงดำ ปั่นคล้ายหิ้นผทองคำเปลวด้านบน เมื่อทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมนิลทำให้สีของผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น รวมถึงการใช้ผงอัลมอนต์ที่มีปริมาณไขมันสูงทำให้เมื่อนวดผสมขนมหิ้นผทองจึงมีสีเข้มขึ้น มีลักษณะเงามันคล้ายหิ้น สามารถปั้นเป็นก้อนได้ดี มีความนิ่มและความยืดหยุ่น ไม่เสียรูปทรงง่าย เนื้อสัมผัสไม่หยาบหรือสากลิ้นจากเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวหอมนิลหรือผงอัลมอนต์ เมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบคุณลักษณะทุกด้านอยู่ในระดับชอบปานกลางและชอบมาก ผลิตภัณฑ์มีสารแอนโธไซยานินเพิ่มจากผลิตภัณฑ์เดิม รวมถึงอัลมอนต์เป็นอาหารฟังก์ชันแบบหนึ่งจึงทำให้มีโยอาหารและโปรตีนสูงขึ้น การพัฒนาขนมหิ้นผทองแป้งข้าวหอมนิลเสริมผงอัลมอนต์จึงเป็นการประยุกต์และเพิ่มทางเลือกในการใช้ประโยชน์จากพืชจำพวกเมล็ด และเพื่อเป็นการสืบสานตำรับและวิธีการทำขนมไทยร่วมสมัยให้คงอยู่ต่อไป

ข้อเสนอแนะ

ควรศึกษาอายุการเก็บรักษาและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์เพิ่มเติม เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตและจัดจำหน่ายต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาการจัดการอาหาร สาขาเทคโนโลยีและวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมที่ได้อนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับการดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- ธิดารัตน์ เปรมประสพโชค, ปภาวรินทร์ คิงวิ, และปณัฐชา ชื่นจิต. (2557). ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องสีนิตต่อคุณภาพด้านกายภาพและประสาทสัมผัสของเค้กแครอทงาดำ. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 52, 4-7 กุมภาพันธ์ 2557 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- ธีรณัฐ ฉายศิริโชติ, และณัฏยา เมฆรวี. (2561). การใช้แป้งข้าวสีนิตทดแทนแป้งสาลีในส่วนเปลือกของขนมเปียะกุหลาบ. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร, 12(1), 27-39.
- บุญยกฤต รัตนพันธุ์, วชิระ สงฆ์ตง, เอนก หาลี่, และพิมพ์ชนก พริกบุญจันทร์. (2560). การพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้ข้าวหอมนิล. การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 2. กาญจนบุรี: มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี, 233-239.
- เปลี่ยน ภาสกรวงศ์. (2554). ตำราแม่ครัวหัวป่าก์ เล่ม 1-5. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: ต้นฉบับ.
- ผาณิต รุจิรพิสิฐ, วิชชุดา สังข์แก้ว, และเสาวนีย์ เอี้ยวสกุลรัตน์. (2555). รายงานวิจัยคุณค่าทางโภชนาการของข้าว 9 สายพันธุ์และการผลิตข้าวผสมเพื่อสุขภาพ (โครงการข้าว 1 ไร่ 1 แสน). กรุงเทพฯ: สาขาวิชาการจัดการธุรกิจอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.
- ภูษิษฐ์ สว่างสุข. (2558). อาหารไทยในวันฉัตรมงคลข้าวงานวิจัยแห่งชาติ. รายงานวิจัยภาควิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- ลัดดาวัลย์ มั่งคั่ง. (2560). การพัฒนาขนมหินฟองทองด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งข้าวเจ้าบางส่วน. วิทยานิพนธ์คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์.
- วรารัตน์ สานนท์, และดวงกมล แสงธีรกิจ. (2563). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมอาลาวีแป้งข้าวหอมนิลเสริมสารสกัดน้ำอัญชัน. วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 15(3), 37-51.
- ศรีสมร คงพันธุ์. (2562). ขนมหวานขนมไทย. กรุงเทพฯ: ส.ส.ส.ส.
- ศศิธร อุดชาชน, และศักดิ์สิทธิ์ จันทน์ไทย. (2558). การหาปริมาณแอนโทไซยานินในน้ำเฝ้าโดยสเปกโตรฟลูออโรโฟโตเมทรี. วารสารวิจัย มข. (บศ.), 15(2), 39-47.
- AOAC. (1990). Official methods of analysis of the Association Of Analytical Chemistry. (15th ed.). Washington, D.C.: .A.O.A.C.

- Giusti, M.M., & Wrolstad, R.E. (2001). Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy. **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Kavitha C. C., & Indira G. (2016). Quantitative estimation of total phenolic, flavonoids, tannin and chlorophyll content of leaves of *Strobilanthes Kunthina*, (Neelakurinji). **Journal of Medicinal Plants Studies**, 4(4), 282-286.
- Thiranusornkij, L., Thamnarathip, P., Chandrachai, A., Kuakpetoon, D., & Adisakwattana S. (2018). Physicochemical Properties of Hom Nil (*Oryza sativa*) Rice Flour as Gluten Free Ingredient in Bread. **Foods**, 7(10), 159.
- Pasqualone, A., Laddomada, B., Spina, A., Todaro, A., Guzmàn C., Summo, C., Mita, G., & Giannone, V. (2018). Almond by-products: Extraction and characterization of phenolic compounds and evaluation of their potential use in composite dough with wheat flour. **LWT - Food Science and Technology**, 89, 299–306.
- Stoin, D., Jianu, C., Misca, C., Bujanca, G., & Radulescu, L. (2018). **Effect of Almond flour on Nutritional, Sensory and Bakery Characteristics of Gluten-free Muffins**. Conference: 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference-SGEM 2018, 3-6 December 2018 (pp.129-134). Bulgaria: SGEM world science.
- Sompong, R., Siebenhandl-Ehn, S., Linsberger-Martin, G., & Berthofer, E. (2011). Physicochemical and antioxidative properties of red and black rice varieties from Thailand, China and Srilanka. **Food Chemistry**, 124(1), 132-140.
- U.S. department of agriculture. (2022). **Food Data Central- Almond**. สืบค้นจาก <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/2346393/nutrients>.

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดของโรคโควิด-19 ของผู้สูงอายุในอำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี

อัสฎาวุฒิ โยธาสภาพ^{1*}

Received : January 30, 2023

Revised : September 28, 2023

Accepted : October 6, 2023

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงพรรณนาแบบภาพตัดขวาง มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดของโรคโควิด-19 และ 2) วิเคราะห์หาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดของโรคโควิด-19 ของผู้สูงอายุ กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้สูงอายุในเขตอำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี จำนวน 270 คน โดยคัดเลือกตัวอย่างโดยใช้การสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามในช่วงเดือน สิงหาคม ถึง ตุลาคม 2565 และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา สถิติสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน และสถิติการทดสอบไคสแควร์ ผลการศึกษา พบว่า ผู้สูงอายุมีพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดของโรคโควิด -19 อยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 2.86, S.D = 0.22) ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดของโรคโควิด -19 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ เพศ (p = 0.001) อายุ (r = -0.130, p = 0.033) รายได้ (r = 0.171, p = 0.005) โรคเบาหวาน (p = 0.001) ความรู้เกี่ยวกับโรค โควิด -19 (r = 0.810, p = 0.0019) ทักษะติดต่อการป้องกันโรคโควิด -19 (r = 0.215, p = 0.001) การรับรู้โอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคโควิด -19 (r = 0.434, p = 0.001) การรับรู้ประโยชน์ในการป้องกันโรคโควิด -19 (r = 0.214, p = 0.001) การเข้าถึงแหล่งทรัพยากรด้านสุขภาพ (r = 0.214, p = 0.001) การได้รับคำแนะนำจากบุคลากรสาธารณสุข (r = 0.310, p = 0.001) การได้รับการกระตุ้นเตือนจากสมาชิกในครอบครัว (r = 0.411, p = 0.001) ผลการศึกษานี้สามารถประยุกต์ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมพฤติกรรมการป้องกัน การติดเชื้อโควิด -19 และส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุที่อาศัยใต้สถานการณ์การระบาดของโรคโควิด -19

คำสำคัญ: ผู้สูงอายุ พฤติกรรมการป้องกันตนเอง โรคโควิด -19

¹อาจารย์ประจำหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรบัณฑิต สาขาสาธารณสุขศาสตร์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ อีเมล: aussadawut.yo@vru.ac.th

*ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: aussadawut.yo@vru.ac.th

FACTORS ASSOCIATED WITH COVID-19 PREVENTIVE BEHAVIOR DURING THE COVID-19 PANDEMIC SITUATION AMONG THE ELDERLY IN MUEANG DISTRICT, PATHUMTHANI PROVINCE

Aussadawut Yothasupap^{1*}

Abstract

This study was a cross-sectional descriptive study aiming 1) to investigate COVID-19 preventive behavior and 2) to explore the factors associated with COVID-19 preventive behavior among the elderly during the COVID-19 pandemic in Mueang District, Pathum Thani Province. The study included 270 elderly participants selected through a stratified random sampling technique. Data were collected using a questionnaire between August and October 2022 and analyzed using descriptive statistics, Pearson's product-moment correlation coefficient, and the Chi-square test. The results revealed that the majority of the elderly participants exhibited good levels of COVID-19 preventive behavior ($\bar{X}$ = 2.86, S.D. = 0.22). Factors significantly associated with COVID-19 preventive behavior included gender (p = 0.001, r = -0.130, p = 0.033), income (r = 0.171, p = 0.005), diabetes mellitus (p = 0.001), knowledge about COVID-19 (r = 0.434, p = 0.001), attitudes toward COVID-19 prevention (r = 0.215, p = 0.001), perceived risk of COVID-19 (r = 0.434, p = 0.001), perceived benefits of COVID-19 prevention (r = 0.214, p = 0.001), access to healthcare sources (r = 0.214, p = 0.001), receiving information from healthcare providers (r = 0.310, p = 0.001), and receiving prompts from family members (r = 0.411, p = 0.001). These findings have practical implications for the development of intervention programs aimed at promoting COVID-19 preventive behavior and improving the quality of life of elderly individuals during the COVID-19 pandemic.

Keywords: Elderly, Preventive behavior, COVID-19

¹ Lecturer of Department of Public Health, Faculty of Public Health, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, e-mail: aussadawut.yo@vru.ac.th

*Corresponding Author, e-mail: aussadawut.yo@vru.ac.th

บทนำ

สถานการณ์การระบาดของโรคโควิด -19 นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2563 นับเป็นวิกฤติของโลก เนื่องจากมีการระบาดใหญ่แผ่กว้าง (Pandemic) โรคโควิด -19 ถูกพบครั้งแรก ในอู่ฮั่น มณฑลหูเป่ย์ ประเทศจีน โดยพบหลักฐาน การแพร่จากคนสู่คน ต่อมาจำนวนผู้ป่วยเพิ่ม มากขึ้นในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2563 และได้พบผู้ป่วย ยืนยันในหลายประเทศทั่วโลก องค์การอนามัยโลกได้ประกาศให้โรคโควิด -19 เป็นการระบาดใหญ่ (Pandemic) ที่มีจำนวนผู้ป่วย และผู้เสียชีวิต เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมากอย่างรวดเร็ว อัตราการ เสียชีวิตจากโรคประมาณร้อยละ 4.60 ปัญหาการระบาดของเชื้อไวรัสโควิด -19 พบว่า คนไทยทั่วประเทศติดตามรับรู้ข้อมูลข่าวสารและมาตรการ ป้องกันฯ อย่างใกล้ชิด มีทัศนคติต่อข้อมูลเหล่านั้นดี และยินดีปฏิบัติตามคำแนะนำของรัฐ เช่น การไม่มี กิจกรรมร่วมกันหรือไม่สังสรรค์ร่วมกัน การไม่สัมผัสมือ การล้างมือก่อนกินข้าวทุกครั้ง การอยู่บ้าน เป็นต้น นั้นหมายถึง คนไทยส่วนใหญ่ตอบสนองต่อมาตรการของรัฐดี ยินดีร่วมมือปฏิบัติตามคำแนะนำ จึงทำให้ มาตรการที่ฝ่ายสาธารณสุขแนะนำให้งดเว้นหลายข้อได้รับความร่วมมือไม่มากนัก งานวิจัยพบอีกว่าร้อยละ 89 ของกิจกรรมร่วมกัน หรือสังสรรค์กันของคนเหล่านี้ เกิดขึ้นภายในบ้านหรือครัวเรือน ถ้ารัฐจะหยุดยั้งการแพร่ ระบาดให้สำเร็จ จะต้องเพิ่มระดับการควบคุมจากระดับบุคคลต่อบุคคล ต้องมีมาตรการหลากหลายให้เหมาะสม กับพื้นที่และพฤติกรรมของครัวเรือน เสนอแนะว่าควรยกจากระดับปัจเจกบุคคล ควบคุมไปกับการดูแลเป็น ครัวเรือน (ธานี ชัยวัฒน์ และคณะ, 2563) ผู้สูงอายุมีอัตราป่วยตายสูงถึง 7 เท่า ของประชาชนกลุ่มอื่น ๆ และมี โอกาสเสียชีวิตมากกว่าคนทั่วไป เนื่องด้วยสภาพร่างกายไม่แข็งแรงภูมิคุ้มกันลดลงตามวัย และยังถ้าผู้สูงอายุมิ ไรโรคประจำตัวด้วย เช่น โรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง โรคปอดเรื้อรัง โรคไตเรื้อรัง โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคมะเร็ง เป็นต้น เนื่องจากโรคดังกล่าวมีโอกาสเกิดภาวะแทรกซ้อนต่าง ๆ ได้ ผลที่ตามมาทำให้ภูมิคุ้มกันใน ร่างกายลดลงและถ้าได้รับเชื้อไวรัสโควิด -19 ด้วยแล้วจะทำให้อาการของโรคมีความรุนแรงมากขึ้น

จากสถานการณ์ทั่วโลก ข้อมูลวันที่ 30 กันยายน พ.ศ. 2565 พบว่า ทั่วโลกมีผู้ป่วยติดเชื้อสะสม จำนวน 622 ล้านราย จำนวนผู้เสียชีวิตสะสม 6.5 ล้านราย (คิดเป็นร้อยละ 1.05 ของจำนวนผู้ติดเชื้อ) โดยพบประเทศ สหรัฐอเมริกามีผู้ติดเชื้อรายใหม่ 31,516 ราย และยอดผู้เสียชีวิตอันดับ 1 ของโลก จำนวน 1,084,282 ราย ส่วนประเทศไทยมียอดผู้ติดเชื้อสะสมอยู่ที่อันดับ 29 และยอดผู้เสียชีวิตอยู่ที่อันดับ 32 ของโลก ซึ่งพบจำนวนผู้ ติดเชื้อสะสม 4,681,309 ราย เสียชีวิตรวม 32,764 ราย (กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข, 2565)โดย สถานการณ์การระบาดของโรค COVID -19 ในประเทศไทยระลอกมกราคม 2565 พบการแพร่ระบาดไวรัสโคโร นา 2019 สายพันธุ์โอมิครอน ที่สามารถแพร่กระจายได้เร็ว และมีโอกาสทำใหติดเชื้อง่าย ซึ่งพบผู้ติดเชื้อสาย พันธุ์โอมิครอนกระจายไปตามพื้นที่ต่าง ๆ ทั่วประเทศ ทำให้จำนวนผู้ป่วยยืนยันติดเชื้อรายใหม่มีแนวโน้มสูงขึ้น อย่างต่อเนื่อง ประกอบกับนโยบายปรับรูปแบบการรักษาโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 เป็นการรักษาแบบผู้ป่วย นอก ร่วมกับการแยกกักตัวที่บ้าน (เจอ แจก จบ) เพื่อให้ผู้ป่วยเข้าถึงการรักษาได้ครอบคลุม จังหวัดปทุมธานี จัด ว่าเป็นพื้นที่ควบคุมสูงสุด โดยจังหวัดปทุมธานี พบผู้ป่วยรายใหม่เฉลี่ยวันละ 178 รายต่อวัน ผู้ป่วยสะสม 1,589 ราย (ข้อมูล วันที่ 9 - 15 มกราคม 2565) และเพิ่มขึ้นเฉลี่ยวันละ 241 รายต่อวัน ผู้ป่วยสะสม 3,279 ราย (ข้อมูล วันที่ 16 - 22 มกราคม 2565) (กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข, 2565) การระบาดและความ รุนแรงของโรคติดเชื้อมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องอย่างน้อยสามปัจจัย คือ ตัวเชื้อโรค พฤติกรรมและภูมิคุ้มกันของ ประชาชน และระบบของสังคมและมาตรการด้านต่าง ๆ (คำนวน อึ้งชูศักดิ์ และสมศักดิ์ อรรถศิลป์, 2563) ดังนั้น พฤติกรรมการป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโควิด -19 คือ การเข้าถึงทรัพยากร และบริการ สาธารณสุข การสื่อสารนโยบาย การได้รับการสนับสนุนจากครอบครัว/ชุมชน ในสถานการณ์ที่มีการแพร่ระบาดของ โรคติดเชื้อไวรัสโควิด -19 จึงเป็นปัจจัยที่สำคัญ โดยจังหวัดปทุมธานีเป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูง และมีโอกาสที่

จะเกิดการระบาด ในขณะที่มีมาตรการและการดำเนินงานควบคุมและยับยั้งการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา -19 ได้มีการทบทวนการศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา -19 พบมีการศึกษาพฤติกรรมและปัจจัยที่ส่งผลพฤติกรรมป้องกันการติดเชื้อไวรัสโคโรนา -19 แต่ยังไม่พบว่ามีการศึกษาในผู้สูงอายุซึ่งเป็นกลุ่มเสี่ยงสูงที่มีอาการรุนแรง จึงจำเป็นที่จะต้องศึกษาพฤติกรรมป้องกัน และปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา -19 ของผู้สูงอายุ ในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี จากข้อมูลดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาพฤติกรรมป้องกันตนเองจากโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา -19 เพื่อนำผลการศึกษาไปเป็นข้อมูลพื้นฐานทำให้เข้าใจถึงพฤติกรรมป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา -19 ของผู้สูงอายุในจังหวัดปทุมธานี

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา -19 ของผู้สูงอายุในอำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี
2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา -19 ของผู้สูงอายุในอำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง (Cross – Sectional Descriptive Study) เก็บรวบรวมข้อมูลช่วงเวลาเดือน สิงหาคม – ตุลาคม 2565

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ผู้สูงอายุ ที่อาศัยอยู่ในอำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี จำนวน 1,338 คน

กลุ่มตัวอย่าง ดำเนินการคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรการหาขนาดตัวอย่างของ W.G. Cochran โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และระดับค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 5 (กัลยา วาณิชยบัญชา, 2549) ได้ขนาดตัวอย่าง จำนวน 263 คน ทั้งนี้เพื่อทดแทนการสูญเสียของกลุ่มตัวอย่างที่อาจเกิดขึ้น (Dropped out) ผู้วิจัยจึงเพิ่มกลุ่มตัวอย่างอีกร้อยละ 5 ดังนั้นจึงกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา จำนวน 270 คน ซึ่งสูตรในการคำนวณที่ใช้ในการศึกษานี้ คือ

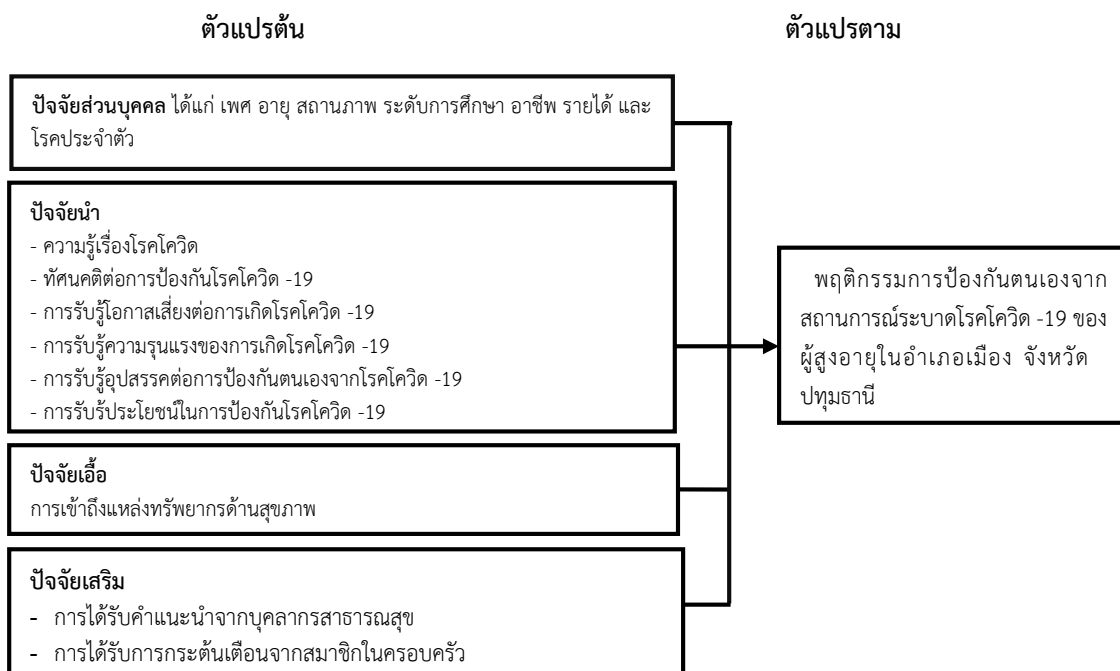
$$n = \frac{P(1 - P)}{\frac{e^2}{Z^2} + \frac{P(1 - P)}{N}} \quad \text{แทนค่า} \quad = \frac{0.78(1 - 0.78)}{\frac{0.05^2}{1.96^2} + \frac{0.78(1 - 0.78)}{1338}}$$

$$n = 263$$

การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแต่ละหมู่บ้านมาศึกษาโดยใช้ การสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (multistage Random Sampling) ซึ่งประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ดังนี้ 1) สุ่มแบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified Random Sampling) โดยจำแนกประชากรออกเป็นกลุ่มตามตำบลที่อาศัย จำนวน 14 ตำบล และสุ่มตัวอย่างตามสัดส่วน (proportion allocation) 2) สุ่มแบบบังเอิญ (Accidental random sampling) ตามจำนวนกลุ่มตัวอย่างในแต่ละตำบล

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยได้นำเอาทฤษฎี PRECEDE Model มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนากอบแนวคิดการวิจัยคือ ปัจจัยนำ ปัจจัยเอื้อ ปัจจัยเสริม ดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 11 ส่วน ประกอบด้วย ส่วนที่ 1 ปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ และโรคประจำตัว

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามความรู้เรื่องโรคโควิด -19 เป็นแบบให้เลือกตอบ ใช่ / ไม่ใช่ จำนวน 10 ข้อ โดยมีเกณฑ์ให้คะแนน ดังนี้ ตอบถูก ให้ 1 คะแนน ตอบผิด ให้ 0 คะแนน โดยใช้เกณฑ์แบ่งอันตรายภาคชั้น (Class interval) อิงกลุ่มของ Bloom (1975) การแปลผลคะแนน 3 ระดับ คือ ความรู้อยู่ในระดับมาก ได้คะแนนร้อยละ 80 ขึ้นไป (ช่วงคะแนน 8-10 คะแนน) ความรู้อยู่ในระดับปานกลาง ได้คะแนนร้อยละ 60 - 79.99 ขึ้นไป (ช่วงคะแนน 6-7 คะแนน) และความรู้อยู่ในระดับต่ำ ได้คะแนนต่ำกว่า 60 (ช่วงคะแนน 0-5 คะแนน)

ส่วนที่ 3 แบบประเมินทัศนคติต่อการป้องกันโรคโควิด -19 จำนวน 10 ข้อ ลักษณะของแบบประเมินเป็นเชิงบวกทุกข้อ เป็นแบบมาตรประเมินรวมค่ามีมาตรวัด 5 ระดับ ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ไม่เห็นด้วย ไม่แน่ใจ เห็นด้วย และเห็นด้วยอย่างยิ่ง โดยการให้คะแนน 1 - 5 ตามลำดับ เกณฑ์ในการประเมินระดับทัศนคติต่อโรคโควิด -19 ใช้เกณฑ์แบ่งอันตรายภาคชั้น (Class interval) อิงกลุ่มของ Best (1970) ดังนี้

$$\text{อันตรายภาคชั้น} = \frac{\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด}}{\text{จำนวนชั้นที่ต้องการ}} = \frac{5-1}{3} = 1.33$$

การแปลผลนำคะแนนที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยรายข้อใช้หลักการแปล ดังนี้ (Best, 1970) คะแนนระหว่าง 1.00 – 2.33 หมายถึง ทักษะอยู่ในระดับไม่ดี คะแนนระหว่าง 2.34 – 3.67 หมายถึง ทักษะอยู่ในระดับปานกลาง คะแนนระหว่าง 3.68 – 5.00 หมายถึง ทักษะอยู่ในระดับดี

ส่วนที่ 4 - 7 แบบสอบถามการรับรู้โอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคโควิด -19 จำนวน 5 ข้อ การรับรู้ความรุนแรงของการเกิดโรคโควิด-19 จำนวน 5 ข้อ การรับรู้อุปสรรคต่อการป้องกันตนเองจากโรคโควิด-19 จำนวน 5 ข้อ และการรับรู้ประโยชน์ในการป้องกันโรคโควิด -19 จำนวน 5 ข้อ รวมทั้งหมด 20 ข้อ คำถามเชิงบวกทั้งหมดคำตอบเป็นมาตรฐานค่า 5 ระดับ ดังนี้ น้อยที่สุด น้อย ปานกลาง มาก และมากที่สุด โดยการให้คะแนน 1- 5 ตามลำดับเกณฑ์ในการประเมินระดับการรับรู้ ใช้เกณฑ์แบ่งอัตรภาคชั้น (Class interval) ینگกลุ่มของ Best (1970) ซึ่งผู้วิจัยใช้สูตรการหาอัตรภาคชั้น ดังนี้

$$\text{อัตรภาคชั้น} = \frac{\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด}}{\text{จำนวนชั้นที่ต้องการ}} = \frac{5-1}{3} = 1.33$$

การแปลผลนำคะแนนที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยรายข้อใช้หลักการแปล ดังนี้ (Best, 1970) คะแนนระหว่าง 1.00 – 2.33 หมายถึง การรับรู้อยู่ในระดับน้อย คะแนนระหว่าง 2.34 – 3.66 หมายถึง การรับรู้อยู่ในระดับปานกลาง คะแนนระหว่าง 3.67 – 5.00 หมายถึง การรับรู้อยู่ในระดับมาก

ส่วนที่ 8 – 10 แบบสอบถามการเข้าถึงแหล่งทรัพยากรด้านสุขภาพ จำนวน 5 ข้อ การได้รับคำแนะนำจากบุคลากรสาธารณสุข จำนวน 5 ข้อ และการได้รับการกระตุ้นเตือนจากสมาชิกในครอบครัว จำนวน 5 ข้อ รวมทั้งหมด 15 ข้อ เป็นข้อคำถามทั้งเชิงบวกทั้งหมด แบ่งเป็นมาตรฐานค่า 5 ระดับ ดังนี้ น้อยที่สุด น้อย ปานกลาง มาก และมากที่สุด โดยการให้คะแนน 1- 5 ตามลำดับ เกณฑ์ในการประเมินระดับการเข้าถึง ใช้เกณฑ์แบ่งอัตรภาคชั้น (Class interval) ینگกลุ่มของ Best (1970) ซึ่งผู้วิจัยใช้สูตรการหาอัตรภาคชั้น ดังนี้

$$\text{อัตรภาคชั้น} = \frac{\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด}}{\text{จำนวนชั้นที่ต้องการ}} = \frac{5-1}{3} = 1.33$$

การแปลผลนำคะแนนที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยรายข้อใช้หลักการแปล ดังนี้ (Best,1970) คะแนนระหว่าง 1.00 – 2.33 หมายถึง การเข้าถึงอยู่ในระดับน้อย คะแนนระหว่าง 2.34 – 3.66 หมายถึง การเข้าถึงอยู่ในระดับปานกลาง คะแนนระหว่าง 3.67 – 5.00 หมายถึง การเข้าถึงอยู่ในระดับมาก

ส่วนที่ 11 แบบสอบถามพฤติกรรมในการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดโรคโควิด -19 จำนวน 20 ข้อ ลักษณะของแบบสอบถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) มี 3 ระดับ ดังนี้

ระดับการปฏิบัติ	พฤติกรรมทางบวก	พฤติกรรมทางลบ
ประจำ	3	1
บางครั้ง	2	2
ไม่เคยปฏิบัติ	1	3

เกณฑ์ในการประเมินระดับพฤติกรรมในการป้องกัน ใช้เกณฑ์แบ่งอัตรภาคชั้น (Class interval) ینگกลุ่มของ Best (1970) ดังนี้

$$\text{อัตรภาคชั้น} = \frac{\text{คะแนนเฉลี่ยสูงสุด} - \text{คะแนนเฉลี่ยต่ำสุด}}{\text{จำนวนชั้นที่ต้องการ}} = \frac{3-1}{3} = 0.67$$

การแปลผลนำคะแนนที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยรายข้อใช้หลักการแปล ดังนี้ (Best, 1970) คะแนนระหว่าง 1.00 – 1.67 หมายถึง พฤติกรรมอยู่ในระดับไม่ดี คะแนนระหว่าง 1.68 – 2.35 หมายถึง พฤติกรรมอยู่ในระดับปานกลาง คะแนนระหว่าง 2.36 – 3.00 หมายถึง พฤติกรรมอยู่ในระดับดี

การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

1. นำแบบสอบถามไปตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of item objective congruence: IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่านและนำแบบสอบถามที่ปรับปรุงผู้ทรงคุณวุฒิทั้งนี้ มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.80 – 1.00

2. การทดสอบความเชื่อมั่น (Reliability) ผู้ศึกษาได้นำแบบสอบถามไปทดสอบ (Try-out) กับกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างที่จะศึกษา แต่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่เป็นเป้าหมายจำนวน 30 คน ในอำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี โดยหาค่าความเที่ยงของเครื่องมือใช้สูตรวิธีการหา Alpha Coefficient (Cronbach, 1970) ทั้งนี้แบบสอบถามทั้งฉบับมีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.91

การพิทักษ์สิทธิกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยนี้ผู้วิจัยได้คำนึงถึงหลักจริยธรรมการวิจัยใน มนุษย์โดยได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการพิจารณา จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ หมายเลขโครงการ 0006/2565 และผู้วิจัยได้ชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ต่อกลุ่มตัวอย่าง โดยกลุ่มตัวอย่างมีสิทธิที่จะตอบรับหรือปฏิเสธในการเข้าร่วม หากกลุ่มตัวอย่างต้องการออกจากกลุ่มวิจัยสามารถกระทำได้ตลอดเวลาโดยไม่มีผลกระทบใดต่อกลุ่มตัวอย่าง การเก็บรวบรวมข้อมูลจะไม่ระบุชื่อหรือที่อยู่ของกลุ่มตัวอย่าง โดยจะนำเสนอในภาพรวมและจะถือเป็นความลับ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ และโรคประจำตัว ความรู้เรื่องโรคโควิด -19 ทศนคติต่อการป้องกันโรคโควิด -19 การรับรู้โอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคโควิด-19 การรับรู้ความรุนแรงของการเกิดโรคโควิด -19 การรับรู้อุปสรรคต่อการป้องกันตนเองจากโรคโควิด-19 การรับรู้ประโยชน์ในการป้องกันโรคโควิด -19 การเข้าถึงแหล่งทรัพยากรด้านสุขภาพ การได้รับคำแนะนำจากบุคลากรสาธารณสุข การได้รับการกระตุ้นเตือนจากสมาชิกในครอบครัว และพฤติกรรมในการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดโรคโควิด -19 โดยใช้วิธีวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. วิเคราะห์ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมในการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดโรคโควิด-19

1) วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล (อายุ รายได้) ปัจจัยนำ ปัจจัยเอื้อ และปัจจัยเสริม กับพฤติกรรมในการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดโรคโควิด -19 ใช้การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Product Moment correlation)

2) วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ สถานภาพ อาชีพ ระดับการศึกษา และโรคประจำตัว กับพฤติกรรมในการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดโรคโควิด -19 โดยใช้ Chi-square

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

ปัจจัยส่วนบุคคลของผู้สูงอายุ ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงคิดเป็นร้อยละ 60.4 อายุเฉลี่ย 65.3 ปี สถานภาพสมรส คิดเป็นร้อยละ 48.2 ระดับการศึกษาอยู่ในระดับประถมศึกษาคิดเป็นร้อยละ 40.0 ไม่ได้ทำงาน/อยู่บ้าน เฉย ๆ 36.7 และมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 6684.4 บาท ดังตารางที่ 1

ปัจจัยนำ ผู้สูงอายุ มีความรู้เกี่ยวกับโรคโควิด -19 การรับรู้โอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคโควิด-19 การรับรู้ความรุนแรงของการเกิดโรคโควิด -19 การรับรู้ประโยชน์ในการป้องกันโรคโควิด -19 อยู่ในระดับมาก ทศนคติต่อการป้องกันโรคโควิด -19 อยู่ในระดับดี และการรับรู้อุปสรรคต่อการป้องกันโรคโควิด -19 อยู่ในระดับปานกลาง ปัจจัยเอื้อ การเข้าถึงแหล่งทรัพยากรด้านสุขภาพ อยู่ในระดับมาก ปัจจัยเสริม การได้รับคำแนะนำจากบุคลากรสาธารณสุข และการได้รับการกระตุ้นเตือนจากสมาชิกในครอบครัว อยู่ในระดับมาก

พฤติกรรมการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดโรคโควิด -19 อยู่ในระดับดี เมื่อพิจารณารายชื่อพบว่าข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด 3 อันดับแรก คือ ใส่หน้ากากอนามัยเป็นประจำ ไม่ใช้ของใช้ร่วมกับผู้อื่น เช่น ผ้าเช็ดมือ แก้วน้ำ และหากอยู่ในที่ที่มีคนแออัดจะใส่หน้ากากอนามัย ข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด 3 อันดับแรก คือ หลีกเลี่ยงหน้ากากอนามัยที่ใช้แล้ว ทำความสะอาดมือด้วยแอลกอฮอล์เจล หรือน้ำและสบู่ทันที ใช้ช้อนกลางในการรับประทานอาหาร และ เมื่อเจ็บป่วยมีไข้ ไอ จาม มีน้ำมูก เจ็บคอ ท่านไปพบแพทย์ทันที ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล (n=270)

ปัจจัยส่วนบุคคล	จำนวน	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	107	39.6
หญิง	163	60.4
สถานภาพ		
โสด	37	13.7
สมรส	130	48.2
สมรสแยกกันอยู่	40	14.8
หม้าย	47	17.4
หย่าร้าง	16	5.9
ระดับการศึกษา		
ไม่ได้ศึกษา	64	23.7
ประถมศึกษา	108	40.0
มัธยมศึกษา/เทียบเท่า	53	19.6
อนุปริญญาตรี/ปวสหรือเทียบเท่า	38	14.1
ปริญญาตรี	7	2.6
อาชีพ		
เกษตรกร	35	13.0
รับจ้างทั่วไป	81	30.0
ค้าขาย	55	20.4
ไม่ได้ทำงาน/อยู่บ้านเฉย ๆ	99	36.6
อายุ (ปี) mean = 65.3, S.D. = 4.94, min = 60, max = 96		
รายได้ (บาท/เดือน) mean = 6684.4, S.D. = 6776.1, min = 0, max = 32000		

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามปัจจัยที่ศึกษา

ปัจจัยที่ศึกษา	$\bar{X}$	SD	แปล
ปัจจัยนำ			
ความรู้เกี่ยวกับโรคโควิด-19	7.83	1.36	มาก
ทัศนคติต่อการป้องกันโรคโควิด-19	3.97	0.60	ดี
การรับรู้โอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคโควิด-19	4.37	0.52	มาก
การรับรู้ความรุนแรงของการเกิดโรคโควิด-19	4.03	0.69	มาก
การรับรู้อุปสรรคต่อการป้องกันโรคโควิด-19	3.61	0.83	ปานกลาง
การรับรู้ประโยชน์ในการป้องกันโรคโควิด-19	4.05	0.66	มาก
ปัจจัยเอื้อ			
การเข้าถึงแหล่งทรัพยากรด้านสุขภาพ	4.19	0.69	มาก
ปัจจัยเสริม			
การได้รับคำแนะนำจากบุคลากรสาธารณสุข	4.18	0.67	มาก
การได้รับการกระตุ้นเตือนจากสมาชิกในครอบครัว	4.20	0.64	มาก
พฤติกรรมการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดโรคโควิด-19	2.68	0.22	ดี

การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษากับพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดโรคโควิด-19 ของผู้สูงอายุในอำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี พบว่า

ปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ โรคประจำตัว (โรคเบาหวาน) ทดสอบความสัมพันธ์โดยใช้ Chi-square พบว่า เพศ และโรคประจำตัว (โรคเบาหวาน) มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดโรคโควิด -19 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 รายได้ และอายุใช้การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน พบว่า รายได้ ($r=-0.130$, $P\text{-value} = 0.005$) มีความสัมพันธ์ทางลบระดับต่ำกับพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดโรคโควิด -19 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($r=0.171$, $P\text{-value} = 0.005$) และอายุมีความสัมพันธ์ทางลบกับพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดโรคโควิด-19 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ปัจจัยนำ โดยใช้การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน พบว่า ความรู้เกี่ยวกับโรคโควิด-19 ($r=0.810$, $P\text{-value} = 0.019$) ทัศนคติต่อการป้องกันโรคโควิด -19 ($r=0.215$, $P\text{-value} < 0.001$) การรับรู้โอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคโควิด -19 ($r=0.434$, $P\text{-value} < 0.001$) การรับรู้ประโยชน์ในการป้องกันโรคโควิด-19 ($r=0.214$, $P\text{-value} < 0.001$) มีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดโรคโควิด-19 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ปัจจัยเอื้อ โดยใช้การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน พบว่า การเข้าถึงแหล่งทรัพยากรด้านสุขภาพ มีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดโรคโควิด -19 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($r=0.214$, $P\text{-value} < 0.001$)

ปัจจัยเสริม โดยใช้การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน พบว่า การได้รับคำแนะนำจากบุคลากรสาธารณสุข ($r=0.310$, $P\text{-value} < 0.001$) การได้รับการกระตุ้นเตือนจากสมาชิกในครอบครัว ($r=0.411$, $P\text{-value} < 0.001$) มีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดโรคโควิด-19 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ สถานภาพ ระดับการศึกษา โรคประจำตัว (ความดันโลหิตสูง) การรับรู้ความรุนแรงของการเกิดโรคโควิด -19 การรับรู้อุปสรรคต่อการป้องกันโรคโควิด -19 ไม่มีความสัมพันธ์ทางกับพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดโรคโควิด -19 ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดโรคโควิด-19 ของผู้สูงอายุในอำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี

ปัจจัย	Test Value	p-value
ปัจจัยส่วนบุคคล		
เพศ	14.21 ^a	<0.001**
อายุ	-0.130 ^b	0.033*
สถานภาพ	2.695 ^a	0.101
รายได้	0.171 ^b	0.005**
ระดับการศึกษา	1.018 ^a	0.907
โรคประจำตัว (โรคเบาหวาน)	9.695 ^a	<0.001**
โรคประจำตัว (ความดันโลหิตสูง)	0.374 ^a	0.541
ปัจจัยนำ		
ความรู้เกี่ยวกับโรคโควิด-19	0.810 ^b	0.019**
ทัศนคติต่อการป้องกันโรคโควิด-19	0.215 ^b	<0.001**
การรับรู้โอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคโควิด-19	0.434 ^b	<0.001**
การรับรู้ความรุนแรงของการเกิดโรคโควิด-19	0.092 ^b	0.130
การรับรู้อุปสรรคต่อการป้องกันโรคโควิด-19	-0.076 ^b	0.216
การรับรู้ประโยชน์ในการป้องกันโรคโควิด-19	0.214 ^b	<0.001**
ปัจจัยเอื้อ		
การเข้าถึงแหล่งทรัพยากรด้านสุขภาพ	0.214 ^b	<0.001**
ปัจจัยเสริม		
การได้รับคำแนะนำจากบุคลากรสาธารณสุข	0.310 ^b	<0.001**
การได้รับการกระตุ้นเตือนจากสมาชิกในครอบครัว	0.411 ^b	<0.001**

หมายเหตุ a=Chi-square (χ^2) b= Pearson's product-moment correlation coefficient (r)

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อภิปรายผล

1. พฤติกรรมการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดโรคโควิด -19 อยู่ในระดับดี โดยพบว่า ผู้สูงอายุใส่หน้ากากอนามัยหากอยู่ในที่ที่มีคนแออัด ล้างมือด้วยเจลแอลกอฮอล์เมื่อต้องออกไปที่สาธารณะ และงดเดินทางไปยังพื้นที่เสี่ยงโรคระบาด สอดคล้องการศึกษาของ จันทน์ เจริญศรี (2563) ที่พบว่า ประชาชนจะมีความตระหนักในเรื่องการดูแลสุขภาพ การป้องกันเชื้อไวรัสเพิ่มขึ้น จนนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม ลดการมีปฏิสัมพันธ์ทางกายกับบุคคล และให้ความสำคัญกับการรักษาสุขอนามัยที่มีอยู่ เป็นต้น สอดคล้องกับการศึกษาของ ศุภตานนท์ ขอบประดิษฐ์ (2563) กล่าวถึงประชาชนจำเป็นต้องมีการปรับตัว มีการปรับตัวโดยการสวมหน้ากากอนามัยเพื่อไม่ให้รับเชื้อโควิด-19 โดยเห็นว่าวิธีดังกล่าวช่วยลดโอกาสการระบาดของโรคโควิด-19 ได้

2. ปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่

เพศ มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดของโรคโควิด-19 โดยพบว่า ผู้สูงอายุที่มีพฤติกรรมการป้องกันตนเองอยู่ในระดับดีส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (62.8%) ทั้งนี้เนื่องจากเพศหญิงมีความตระหนักเกี่ยวกับมาตรการป้องกัน มีความใส่ใจและให้ความสำคัญเรื่องสุขภาพมากกว่าเพศชาย ทำให้มีพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากโควิด-19 ดีกว่าเพศชาย ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงจึงส่งผลให้ผลการศึกษาที่พบว่าเพศหญิงมีพฤติกรรมการป้องกันตนเองที่ดีกว่าเพศชาย สอดคล้องกับการศึกษาของ จุฬารัตน ใจแสน (2564) ที่พบว่า เพศหญิงมีพฤติกรรมการป้องกันที่ดีต่อโรคโควิด-19 มากกว่าเพศชาย และยังสามารถสอดคล้องกับการศึกษาของ ปิยะนันท์ เรือนคำ และคณะ (2565) เพศมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการป้องกันโรคโควิด -19 โดยเพศหญิงมีสัดส่วนของพฤติกรรมการป้องกันที่ดีต่อโรคโควิด-19 มากกว่าเพศชาย

อายุ มีความสัมพันธ์ทางลบกับพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดของโรคโควิด -19 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($r=-0.130$, $P\text{-value} = 0.005$) นั่นแปลว่า เมื่ออายุเพิ่มขึ้น พฤติกรรมการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดของโรคโควิด -19 ก็จะลดลง ซึ่งสอดคล้อง ดรัญชนก พันธุ์สุมา และพงษ์สิทธิ์ บุญรักษา (2564) ที่พบว่า อายุมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการป้องกันโควิด-19 โดยกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุ < 40 ปี ส่วนใหญ่จะมีพฤติกรรมการป้องกันโควิด-19 อยู่ในระดับดี และกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุ > 40 ปีส่วนใหญ่มีพฤติกรรมการป้องกันโควิด-19 อยู่ในระดับ ปานกลาง - น้อย

รายได้ มีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดของโรคโควิด -19 นั่นแปลว่าเมื่อรายได้เพิ่มมากขึ้นพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดของโรคโควิด-19 ก็จะดีขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ ดรัญชนก พันธุ์สุมา และพงษ์สิทธิ์ บุญรักษา (2564) พบว่า ปัจจัยส่วนบุคคลประกอบด้วย อายุ ระดับการศึกษา รายได้ มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการป้องกันโรคโควิด-19 และสามารถสอดคล้องกับการศึกษาของ Chen (2563) ที่พบว่า รายได้มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมการป้องกันโควิด -19 แต่ก็มีการศึกษาที่พบว่า รายได้ไม่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการป้องกันโรคโควิด-19 ปิยะนันท์ เรือนคำ และคณะ (2565) ที่พบว่า รายได้ไม่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการป้องกันโรคโควิด-19

โรคประจำตัว (โรคเบาหวาน) มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดของโรคโควิด -19 ทั้งนี้เนื่องจาก ผู้สูงอายุที่มีโรคประจำตัว จะมีการดูแลตัวเองที่เคร่งครัดทั้งด้านการรับประทานอาหาร การป้องกันโรคแทรกซ้อน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Pender et al. (2011) ที่กล่าวว่า ผู้ที่มีสุขภาพดีไม่มีโรคประจำตัวมีความโน้มเอียงที่จะกระทำกิจกรรมที่จะเป็นการส่งเสริมสุขภาพที่ดีในขณะที่กลุ่มที่มีพฤติกรรมการดูแลตนเองในระดับปานกลาง มีสัดส่วนผู้สูงอายุที่มีโรคประจำตัวสูงกว่ากลุ่มที่ไม่มีโรคประจำตัว และสอดคล้องกับการศึกษาของ สุขประเสริฐ ทัฬสี (2564) ที่พบว่า การมีโรคประจำตัวมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้สูงอายุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. ปัจจัยนำ ได้แก่

ความรู้เกี่ยวกับโรคโควิด-19 มีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดของโรคโควิด-19 นั่นแปลว่าถ้าความรู้เพิ่มมากขึ้นพฤติกรรมการป้องกันตนเองก็จะดีขึ้นเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากผู้สูงอายุที่มีความรู้เกี่ยวกับการป้องกันโรคโควิด-19 ก็ส่งผลถึงการแสดงพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากโรคโควิด -19 สอดคล้องกับการศึกษาของ ธาณี กล่อมใจ และคณะ (2563) พบว่า ความรู้สามารถร่วมทำนายพฤติกรรมการป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 เนื่องจากความรู้เป็นปัจจัยที่เป็นพื้นฐานและก่อให้เกิดแรงจูงใจในการแสดงพฤติกรรมของบุคคลซึ่งระบุไว้ใน PRECEDE-PROCEED Model และยังสามารถสอดคล้องกับการศึกษาของ ปิยะนันท์ เรือนคำ และคณะ (2565) ความรู้เกี่ยวกับโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019

มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Zhong BL et al. (2563) พบว่า การเพิ่มความรู้เกี่ยวกับโควิด-19 ส่งผลต่อทัศนคติและ พฤติกรรมที่ดีในการป้องกันโควิด-19

ทัศนคติในการป้องกันโรคโควิด-19 มีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดของโรคโควิด-19 นั้นแปลว่าถ้าผู้สูงอายุมีทัศนคติที่ดีขึ้นพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดของโรคโควิด-19 ก็จะดีขึ้นเช่นกัน โดยพบว่า ผู้สูงอายุมีทัศนคติในการป้องกันโรคโควิด-19 อยู่ในระดับที่ดี เนื่องจากผู้สูงอายุส่วนใหญ่เห็นด้วยกับมาตรการการป้องกัน เช่น การใส่หน้ากากอนามัย ล้างมือ หลีกเลี่ยงชุมชนแออัด สามารถป้องกันการติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ได้ สอดคล้องกับการศึกษาของ ตรีชนก พันธุ์สุมา และพงษ์สิทธิ์ บุญรักษา (2564) ที่ พบว่า ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์พฤติกรรมการป้องกันโรคโควิด 19 คือ ความรู้เกี่ยวกับโควิด-19 และทัศนคติต่อการป้องกันโรคโควิด-19 และยังสอดคล้องกับการศึกษาของ ญัฐวรรณ คำแสน (2564) ที่พบว่า ระดับการศึกษาความรู้ และทัศนคติมีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรม การป้องกันตนเองจากการติดเชื้อไวรัสโควิด-19 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($r=.10, .18$, และ $.16$ ตามลำดับ)

การรับรู้โอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคโควิด-19 มีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดของโรคโควิด-19 นั้นแปลว่าถ้าผู้สูงอายุมีการรับรู้โอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคโควิด-19 ที่ดีขึ้น พฤติกรรมการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดของโรคโควิด-19 ก็จะดีขึ้น เนื่องจาก ภาครัฐมีแนวทางปฏิบัติ เพื่อการป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโควิด-19 สำหรับประชาชนทั่วไปและกลุ่มเสี่ยงของกรมควบคุมโรค โดยเน้นย้ำให้ กลุ่มประชาชน สวมใส่หน้ากากอนามัยหรือหน้ากากผ้าตลอดเวลาเมื่ออยู่นอกบ้าน (กรมควบคุมโรค, 2564) สอดคล้องกับการศึกษาของนงลักษณ์ โตบันลือภพ และคณะ (2563) ที่ได้ศึกษา การรับรู้ ทัศนคติ ต่อมาตรการ การเว้นระยะห่างทางสังคมและผลต่อการปฏิบัติตัวตามมาตรการสุขภาพจิตและคุณภาพชีวิตของประชาชน

การรับรู้ประโยชน์ในการป้องกันโรคโควิด-19 มีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดของโรคโควิด-19 นั้นแปลว่าถ้าผู้สูงอายุมีการรับรู้ประโยชน์ในการป้องกันโรคโควิด-19 ที่ดีขึ้นพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดของโรคโควิด-19 ก็จะดีขึ้นเช่นกัน โดยพบว่า ผู้สูงอายุรับรู้ จาก การสวมใส่หน้ากากอนามัย การหลีกเลี่ยงชุมชนแออัด การฉีดวัคซีนป้องกันโรคทำให้ลดความเสี่ยงต่อการ ติดเชื้อไวรัสโคโรนา-19 สอดคล้องกับการศึกษาของ นาริเมห์ แวปูเตะ และคณะ (2564) ที่พบว่า การรับรู้ ประโยชน์ของการปฏิบัติตัวในการป้องกันโรคไวรัสโคโรนา 2019 มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการป้องกันโรค ไวรัสโคโรนา 2019 ในระดับปานกลาง ($r = .546$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

การเข้าถึงแหล่งทรัพยากรด้านสุขภาพ มีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการป้องกันตนเองจาก สถานการณ์ระบาดของโรคโควิด-19 นั้นแปลว่าถ้าผู้สูงอายุสามารถเข้าถึงแหล่งทรัพยากรด้านสุขภาพมากขึ้น พฤติกรรมการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดของโรคโควิด-19 ก็จะดีขึ้นเช่นกัน อาจเนื่องจากรัฐบาลได้ออก มาตรการที่เป็นการสนับสนุนการป้องกันการติดเชื้อโควิด-19 มีการช่วยเหลือประชาชนในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการติดเชื้อโควิด-19 และรณรงค์ให้ประชาชนงดเดินทางไปพื้นที่เสี่ยง การสนับสนุนอุปกรณ์ป้องกันการติดเชื้อไวรัสโคโรนา-19 เป็นต้น สอดคล้องกับการศึกษาของ พรทิwa คงคุณ และคณะ (2564) พบว่า การสนับสนุนทางสังคมมีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการดำเนินชีวิตแบบวิถีใหม่ เพื่อการป้องกันโรคโควิด-19 โดยเป็นการสนับสนุน ด้านกำลังใจ ด้านข้อมูลข่าวสาร และด้านวัสดุอุปกรณ์ อยู่ใน ระดับมาก

การได้รับคำแนะนำจากบุคลากรสาธารณสุข มีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดของโรคโควิด-19 นั้นแปลว่าถ้าผู้สูงอายุ ได้รับคำแนะนำจากบุคลากรสาธารณสุขที่ดี พฤติกรรมการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดของโรคโควิด-19 ก็จะดีขึ้นเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจาก ผู้สูงอายุได้รับข้อมูลข่าวสารการป้องกันตนเองจากการติดเชื้อโควิด-19 จากสื่อ เช่น โทรทัศน์ สื่อออนไลน์ ฯลฯ เจ้าหน้าที่สาธารณสุขในพื้นที่ได้ให้คำแนะนำในการป้องกันตนเองจากโรคโควิด-19 สอดคล้องกับการศึกษาของ กิตติพร เนาว์สุวรรณ และคณะ (2564) พบว่า ความสำเร็จในการดำเนินงานควบคุมโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา-19 ในชุมชน คือ การได้รับการสนับสนุนทางสังคมเช่น กลุ่มบุคคลที่เป็นเครือข่ายทางสังคม ซึ่งอาจอยู่ในรูปของข้อมูล ข่าวสาร เงิน กำลังแรงงาน เป็นต้น

การได้รับการกระตุ้นเตือนจากสมาชิกในครอบครัว มีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดของโรคโควิด-19 นั้นแปลว่าถ้าผู้สูงอายุได้รับการกระตุ้นเตือนจากสมาชิกในครอบครัวมากขึ้น พฤติกรรมการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดของโรคโควิด-19 ก็จะดีขึ้นเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจาก ผู้สูงอายุได้รับการสนับสนุนจากคนในครอบครัวในการป้องกันตนเองจากโรคโควิด-19 ไม่ว่าจะเป็นการให้คำแนะนำ เรื่องการป้องกัน การออกกำลังกาย การรับประทานอาหาร การงดออกไปพื้นที่เสี่ยง และยังสนับสนุนให้กลุ่มตัวอย่างได้รับวัคซีนตามคำแนะนำของรัฐบาล ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ พรทิพา คงคุณ และคณะ (2564) พบว่า การสนับสนุนทางสังคมมีความสัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการดำเนินชีวิตแบบวิถีใหม่เพื่อการป้องกันโรคโควิด-19 โดยเป็นการสนับสนุน ด้านกำลังใจ ด้านข้อมูลข่าวสาร และด้านวัสดุอุปกรณ์ อยู่ในระดับมาก สานิตย์ หนูนิล (2564) ที่พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดำเนินงาน ด้านความรับผิดชอบต่อสังคมขององค์กร ในช่วงวิกฤตการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19

สรุป

ผู้สูงอายุ ส่วนใหญ่มีพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดของโรคโควิด-19 อยู่ในระดับดี ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดของโรคโควิด-19 ของผู้สูงอายุในอำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี ได้แก่ ปัจจัยส่วนบุคคล (เพศ อายุ โรคประจำตัว (โรคเบาหวาน) รายได้) ปัจจัยนำ (ความรู้เกี่ยวกับโรคโควิด-19 ทศนคติต่อการป้องกันโรคโควิด-19 การรับรู้โอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคโควิด-19 การรับรู้ประโยชน์ในการป้องกันโรคโควิด-19) ปัจจัยเอื้อ คือ การเข้าถึงแหล่งทรัพยากรด้านสุขภาพ และ ปัจจัยเสริม (การได้รับคำแนะนำจากบุคลากรสาธารณสุข การได้รับการกระตุ้นเตือนจากสมาชิกในครอบครัว) มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการป้องกันตนเองจากสถานการณ์ระบาดของโรคโควิด-19 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P\text{-value } 0.05$ ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า พฤติกรรมการป้องกันตนเองจากโรคโควิด-19 นั้น จะดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยดังผลการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้นโดยเฉพาะ การได้รับการสนับสนุนจากเจ้าหน้าที่สาธารณสุขและสมาชิกในครอบครัว ไม่ว่าจะเป็นการสนับสนุนให้ความรู้ ข้อมูลข่าวสาร ทรัพยากรต่าง ๆ ที่ส่งเสริมการป้องกันโรคโควิด-19 รวมถึงคำแนะนำในการป้องกันที่ถูกต้อง ซึ่งจะนำไปสู่การเกิดทัศนคติที่ดี เกิดการรับรู้ที่ดี ส่งผลให้แสดงพฤติกรรมที่ถูกต้อง

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

จากผลการศึกษานี้ทำให้ทราบถึงปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการป้องกันโควิด-19 ของผู้สูงอายุ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ ดังนี้

1) ด้านพฤติกรรมกรรมการป้องกันโควิด-19 เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดแนวทางส่งเสริมดูแลสุขภาพ ให้ผู้สูงอายุมีพฤติกรรมกรรมการป้องกันตนเองจากโรคโควิด-19 ได้ดียิ่งขึ้น

2) ด้านปัจจัยนำเข้า ปัจจัยเอื้อ และปัจจัยเสริม เพื่อเป็นข้อมูลเชิงประจักษ์สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ทั้งภาครัฐ เอกชน และภาคประชาชน ใช้ในการจัดรูปแบบส่งเสริมความรู้ ปรับเปลี่ยนทัศนคติ สร้างการรับรู้ในการป้องกันโรคโควิด-19 เช่น จัดกิจกรรมหรือโครงการให้ความรู้เรื่องการป้องกันโรคโควิด-19 ด้วยตนเอง กำหนดมาตรการการป้องกันโควิด-19 สร้างแกนนำเพื่อส่งเสริมการเข้าถึงแหล่งทรัพยากรด้านสุขภาพ สนับสนุนข้อมูลให้คำแนะนำบุคลากรสาธารณสุข และเป็นการกระตุ้นเตือนให้สมาชิกในครอบครัว เห็นถึงความสำคัญของการป้องกันโรคโควิด-19 เป็นต้น

2. ข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไป

1) ควรมีการศึกษาพฤติกรรมกรรมการป้องกันโรคติดเชื้อโควิด -19 ในกลุ่มผู้ป่วยโรคเรื้อรัง เพื่อให้ได้ผลการวิจัยที่ครอบคลุม ครบทุกกลุ่ม โดยเหตุที่เลือกกลุ่มผู้ป่วยโรคเรื้อรัง เนื่องจากเป็นกลุ่มเสี่ยงที่จะพบอาการรุนแรง และเสียชีวิตมากกว่าบุคคลทั่วไป

2) ควรมีการศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับเหตุผล แนวทางการป้องกัน ในกลุ่มผู้ป่วยโรคเรื้อรังที่เป็นโรคประจำตัวอยู่ โดยใช้รูปแบบการศึกษาวิจัยกึ่งทดลอง โดยมีกลุ่มควบคุม คือ กลุ่มคนปกติ และควรออกแบบการทดลองโดยใช้ทฤษฎีความรู้ทางสุขภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้ความอนุเคราะห์ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย และขอขอบพระคุณคุณผู้อำนวยการ เจ้าหน้าที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล และอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านอำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี ที่ได้อำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ศึกษาในระหว่างการศึกษาเก็บข้อมูล จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี พร้อมทั้งขอบพระคุณผู้สูงอายุ ในเขตพื้นที่รับผิดชอบในอำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาวิจัยครั้งนี้และได้ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. (2564). แนวทางปฏิบัติเพื่อการป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) หรือโควิด-19 สำหรับประชาชนทั่วไปและกลุ่มเสี่ยง. สืบค้นจาก <https://ddc.moph.go.th>.
- กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. (2565). สถานการณ์ผู้ป่วย COVID-19 ภายในประเทศ รายสัปดาห์. สืบค้นจาก <http://ddc.moph.go.th/covid19-dashboard/?dashboard=main>.
- กัลยา วานิชย์บัญชา. (2549). สถิติสำหรับงานวิจัย. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กิตติพร เนาว์สุวรรณ, นกษา สิงห์วีระธรรม, และพยางค์ เทพอักษร. (2564). ความสำเร็จในการดำเนินงานควบคุมโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ในชุมชนของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน(อสม.) ในประเทศไทย. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, 12(3), 195-212.
- คำนวน อึ้งชูศักดิ์ และสมศักดิ์ อรรถศิลป์. (2563). แนวโน้ม ผลกระทบ และการเตรียมรับมือการระบาดรอบที่สองของ COVID-19. วารสารวิชาการสาธารณสุข, 29(4), 765-8.
- จันทน์ เจริญศรี. (2563). บทวิเคราะห์ 7 New Normal ที่อาจได้เห็นในสังคมไทยในวันที่โควิด-19 หายไป. สืบค้นจาก <https://www.pptvhd36.com/news/ประเด็นร้อน/124543>.
- จุฑาวรรณ ใจแสน. (2564). พฤติกรรมการป้องกันโรค COVID-19 ของพนักงานสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. สืบค้นจาก <https://mmm.ru.ac.th/MMM/IS/sat16/6114060102.pdf>.

- ณัฐวรณ คำแสน. (2564). ความรู้ ทักษะ และพฤติกรรมในการป้องกันตนเองจากการติดเชื้อไวรัสโควิด-19 ของประชาชนในเขตอำเภออุ้มทอง จังหวัดสุพรรณบุรี. *วารสารวิทยาลัยพยาบาลพระจอมเกล้า จังหวัดเพชรบุรี*, 4(1), 33-48.
- ดร.ณชนก พันธุ์สุมา, และพงษ์สิทธิ์ บุญรักษา. (2564). ความรู้ ทักษะ และพฤติกรรมการป้องกันโควิด 19 ของประชาชนในตำบลปูลุใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา. *ศรีนครินทร์เวชสาร*, 36(5), 597-604 .
- ธานี กล่อมใจ, จรรยา แก้วใจบุญ, และทักษิภา ชัชรรัตน์. (2563). ความรู้ และพฤติกรรมของประชาชนเรื่องการป้องกันตนเองจากการ ติดเชื้อไวรัสโคโรนา สายพันธุ์ใหม่ 2019. *วารสารการพยาบาลการสาธารณสุขและการศึกษา*, 21(2), 29-39.
- ธานี ชัยวัฒน์ และคณะ. (2563). พฤติกรรมการใช้ชีวิตในครัวเรือนไทยมีผลต่อการแพร่ระบาดโควิด-19. สืบค้นจาก <https://businessto-day.co/covid-19/18/04/2020>.
- นงลักษณ์ โตบัณฑิตภพ, ธีรรัตน์ บุญคุณะ, บุศรินทร์ ผัดวง, และจิตติวีร์ เกียรติสุวรรณ. (2563). การรับรู้ ทักษะ และความรู้ต่อมาตรการการเว้นระยะห่างทางสังคมและผลต่อการปฏิบัติตามมาตรการ สุขภาพจิตและคุณภาพชีวิตของประชาชน ในจังหวัดลำปางในช่วงการระบาดของโรคโควิด-19. *วารสารวิชาการสุขภาพภาคเหนือ*, 8(1), 168-186.
- นาริมาห์ แวปูเตะ, คันธมาพันธ์ กาญจนภูมิ, และกัลยา ตันสกุล. (2564). พฤติกรรมการป้องกันโรคจากไวรัสโคโรนา 2019 ของนักศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา. *วารสารสภาการสาธารณสุขชุมชน*, 3(2), 31-39.
- ปิยะนันท์ เรือนคำ, สุนธรา คงศีล, สุขุม เจริญตน, และยุวณัฐ สัตยสมบูรณ์. (2565). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการป้องกัน โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ของประชากรผู้ใหญ่: กรณีศึกษาเขตจอมทอง กรุงเทพมหานคร. *วารสารวิชาการสาธารณสุข*, 31(2), S247-S259.
- พรทิศา คงคุณ, ระวี แก้วสุกใส, รังสฤษฎ์ แวดือราม, บุญยิ่ง ทองคุปต์, และมุฮัมมัดไฮด์ ชาและ. (2564). ความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้และการสนับสนุนทางสังคมกับพฤติกรรมการดำเนินชีวิตแบบวิถีใหม่เพื่อการป้องกันโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ของผู้จำหน่ายอาหาร จังหวัดนราธิวาส. *วารสารเครือข่ายวิทยาลัยพยาบาลและการสาธารณสุขภาคใต้*, 8(3), 133-146.
- ศุภตานนท์ ขอบประดิษฐ์. (2563). วิกฤตโควิด 19 ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงทางสังคม อย่างไร Covid 19 Crisis Affect Social Change. *วารสารชัยภูมิปริทรรศน์*, 3(2), 1-14.
- सानิตย์ หนูนิล. (2564). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดำเนินงานด้านความรับผิดชอบต่อสังคมขององค์กรในช่วงวิกฤตการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019: กรณี ศึกษาขององค์กรภาคอุตสาหกรรม ขนาดใหญ่ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล. *วารสารวิทยาการจัดการ*, 8(1), 17-37.
- สุขประเสริฐ ทับสี. (2564). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้สูงอายุ ในอำเภอแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรี. *วารสารวิทยาลัยพยาบาลพระจอมเกล้า จังหวัดเพชรบุรี*, 3(1), 14-30.
- Best, John, W. (1970). *Research in Education*. New Jersey: Prentice-Hill.
- Bloom, Benjamin, S.J. (ed). (1975). *Taxonomy of Education Objective, Hand Book 1: Cognitive Domain*. New York: David McKay.
- Cronbach, L. J. (1970). *Essentials of Psychological Test (5th ed.)*. New York: Harper Collins.
- Chen X., Chen H. (2020). Differences in preventive behaviors of COVID-19 between urban and rural residents: lessons learned from a cross-sectional study in China. *Int J Environ Res Public Health*, 17(12), 4437.
- Pender, N. J., Murdaugh, C.L., & Parsons, M. A. (2011). *Health promotion in nursing practice (6th ed.)*. Boston: Pearson.
- Zhong, BL., Luo, W., Li, HM., Zhang, QQ., Liu, XG., Li, WT., & Li, Y. (2020). Knowledge, attitudes, and practices towards COVID-19 among Chinese residents during the rapid rise period of the COVID-19 outbreak: a quick online cross-sectional survey. *Int J Biol Sci*, 16(10), 1745-1752.

การพัฒนาแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดเพื่อสร้างรายได้ให้ชุมชนท้องถิ่น และส่งเสริมแนวคิดขยะเหลือศูนย์

กิตติพันธ์ บุญโตสิตรสกุล¹ อธิธิ ผลิตศิริ² ปราโมทย์ วีรานุกุล³ กิตติพงษ์ สุวีโร^{4*}

Received : January 20, 2023

Revised : October 8, 2023

Accepted : October 10, 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดสำหรับใช้ในงานวัสดุตกแต่ง โดยทำการออกแบบส่วนผสมของเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดและกาวชนิดไอโซไซยานาต (pMDI) ที่แตกต่างกัน จำนวน 6 อัตราส่วน อัดขึ้นรูปเป็นแผ่นขึ้นไม้อัด ขนาด 20 x 20 ตารางเซนติเมตรหนา 6 มิลลิเมตร ใช้ความร้อน 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที ทดสอบคุณสมบัติตามมาตรฐาน มอก.876-2547 เรื่องแผ่นขึ้นไม้อัด ชนิดราบ จากผลการทดสอบพบว่า แผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้เป็นวัสดุตกแต่ง คือ แผ่นขึ้นไม้อัดที่ควบคุมความหนาแน่นประมาณ 600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ผสมกาวชนิดไอโซไซยานาต ร้อยละ 10 ใช้ขนาดเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดไซหนา 0.6 – 0.8 มิลลิเมตร แผ่นขึ้นไม้อัดเทียมดังกล่าวจะมีความหนาแน่นประมาณ 598.65 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความชื้นร้อยละ 4.35 การพองตัวตามความหนา ร้อยละ 5.85 ความต้านทานแรงดัด 6.55 เมกะพาสคัล โมดูลัสยืดหยุ่น 425.65 เมกะพาสคัล และความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า 0.36 เมกะพาสคัล

คำสำคัญ: แผ่นขึ้นไม้อัด วัสดุตกแต่ง เศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิด

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

อีเมล: kittiphan.b@rmutp.ac.th

² อาจารย์ ดร. คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

อีเมล: itthi.w@rmutsb.ac.th

³ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

อีเมล: pramot.w@rmutp.ac.th

⁴ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

อีเมล: kittipong.s@en.rmutt.ac.th

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: kittipong.s@en.rmutt.ac.th

DEVELOPMENT OF PARTICLEBOARD FROM THAI PLANGO (*Boueaburmanica Griff.*)
BRANCH WASTE FOR IMPROVING LOCAL COMMUNITY INCOME
AND PROMOTING ZERO WASTE CONCEPT

Kittiphan Boontositrakul¹ Itthi Plitsiri² Pramot Weeranukul³ Kittipong Suweero^{4*}

Abstract

This research aimed to develop particleboard from Thai plango (*Boueaburmanica Griff.*) branch waste for use as decorative materials. The ratio of Thai plango branch waste to polymeric Diphenyl Methane Diisocyanate (pMDI) was designed and varied in six different ratios, which differed in the amount of pMDI, density (600 kg/m^3), and bark thickness (0.6-0.8 mm). The particleboard samples were produced by casting them at a temperature of 150°C for 7 minutes, utilizing dimensions of $20 \times 20 \times 0.6 \text{ cm}^3$, and were subsequently tested in accordance with TIS 876-2004 (particleboard product standards). The results indicated that the optimal ratio for decorative work is a density of 600 kg/m^3 and a pMDI amount of 10%. The properties of the particleboard included a density of 598.65 kg/m^3 , moisture content of 4.35%, thickness swelling of 5.85%, bending strength of 6.55 MPa, elastic modulus of 425.65 MPa, and tensile strength perpendicular to the surface of 0.36 MPa.

Keywords: Particleboard, Decoration material, Thai plango branch waste

¹ Assistant Professor, Faculty of Industrial Education, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon,
e-mail: kittiphan.b@rmutp.ac.th

² Lecturer Dr., Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi,
e-mail: itthi.w@rmutsb.ac.th

³ Assistant Professor Dr., Faculty of Industrial Education, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon,
e-mail: pramot.w@rmutp.ac.th

⁴ Assistant Professor Dr., Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi,
e-mail: kittipong.s@en.rmutt.ac.th

* Corresponding author, e-mail: kittipong.s@en.rmutt.ac.th

บทนำ

แผ่นขึ้นไม้อัด หรือแผ่นไม้อัดเทียม (Particleboards) เป็นวัสดุที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์แทนที่แผ่นไม้จริงได้ เช่น แผ่นฝ้าเพดาน แผ่นกรุตกแต่งผนัง เฟอร์นิเจอร์ภายในอาคาร และของที่ระลึก เป็นต้น แผ่นขึ้นไม้อัดนี้มีแนวโน้มความต้องการและมีราคาที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากปัญหาการขาดแคลนทรัพยากรป่าไม้ การหาเศษไม้มาใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนไม้ที่ใช้ในอุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดจึงเป็นสิ่งสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำเศษไม้เหลือทิ้งที่มีปริมาณมากจากการตัดแต่งกิ่งหรือวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้งาน (พนุชศดี เย็นใจ และคณะ, 2559)

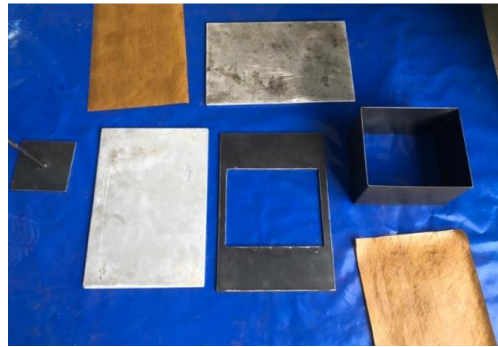
จากการสำรวจปริมาณเศษไม้เหลือทิ้งในพื้นที่จังหวัดนครนายก พบว่า เกษตรกรและวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดนครนายกมีเศษกิ่งไม้จากการดูแลตัดแต่งต้นมะยงชิดปริมาณมาก โดยมะยงชิดเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญของจังหวัดนครนายก และเป็นสินค้าทางการเกษตรที่ได้รับการขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (Geographical Indication) หรือ GI ซึ่งสร้างรายได้และความภาคภูมิใจให้แก่ชาวจังหวัดนครนายก ทั้งนี้พื้นที่เพาะปลูกมะยงชิด 1 ไร่ จะมีปริมาณเศษกิ่งไม้เหลือทิ้งหลังฤดูกาลเก็บเกี่ยวประมาณ ต้นละ 100 กิโลกรัมต่อปี หรือประมาณ 5 ต้นต่อไร่ต่อปี รวมเป็นปริมาณกิ่งไม้ต้นมะยงชิดในจังหวัดนครนายกประมาณ 40,000 ต้นต่อปี จากพื้นที่เพาะปลูกมะยงชิดมากกว่า 8,000 ไร่

เศษกิ่งไม้ที่ได้จากการดูแลตัดแต่งต้นมะยงชิด เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่เกษตรกรผู้เพาะปลูกต้องเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดค่อนข้างมาก เนื่องจากทางหน่วยงานราชการได้ขอความร่วมมือเกษตรกรให้ลดหรือห้ามการกำจัดวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรโดยการเผา เพราะจะส่งผลกระทบต่อมลพิษทางอากาศ จึงทำให้เกษตรกรต้องหาวิธีกำจัดโดยวิธีอื่น ๆ เช่น การทำปุ๋ย และการฝังกลบ (สมคณ เกียรติกิจ และคณะ, 2565) อย่างไรก็ตามการทำปุ๋ยหมักหรือการฝังกลบจะไม่สามารถกำจัดเศษกิ่งขนาดใหญ่ และอาจก่อให้เกิดปัญหาเชื้อราได้ง่ายโดยเฉพาะต้นมะยงชิด ทำให้เกษตรกรและวิสาหกิจชุมชนในพื้นที่มีความต้องการให้มีการนำเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเหล่านี้มาขึ้นรูปเป็นแผ่นขึ้นไม้อัด เพื่อใช้ในการทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น บรรจุภัณฑ์ กระดาษต้นไม้อัด เฟอร์นิเจอร์ ของใช้ และของที่ระลึก เป็นต้น นอกจากนี้เนื้อไม้มะยงชิดยังมีสีส้มสวยงามมีเอกลักษณ์แตกต่างจากไม้ชนิดอื่นอีกด้วย

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีการนำเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดมาพัฒนาเป็นแผ่นขึ้นไม้อัดสำหรับใช้ในงานวัสดุตกแต่งสำหรับสร้างมูลค่าเพิ่มให้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและส่งเสริมแนวคิดขยะเหลือศูนย์ (Zero waste) ซึ่งจะเป็นการช่วยสร้างอาชีพและรายได้ให้กับเกษตรกรและคนในชุมชน ลดต้นทุนในการทำเกษตรของเกษตรกร ลดการเผาสร้างมลพิษทางอากาศ ส่งเสริมการใช้วัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรทั้งในระยะสั้นและระยะยาว นอกจากนี้ยังสามารถเชื่อมโยงกับการท่องเที่ยวหรือภาคบริการอื่นในการสร้างความเข้มแข็งได้อีกด้วย



ภาพที่ 1 ตัวอย่างขยะเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดที่ต้องเผากำจัด



ภาพที่ 2 แบบหล่อ เหล็กกล่องช่วยจัดเรียงวัสดุ เหล็กกระทุ้ง และแผ่นเทพล่อน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดสำหรับใช้ในงานวัสดุตกแต่ง

วิธีดำเนินการวิจัย

ในส่วนวิธีการดำเนินการวิจัยของการพัฒนาแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดเพื่อสร้างรายได้ให้ชุมชนท้องถิ่นและส่งเสริมแนวคิดขยะเหลือศูนย์ สามารถแบ่งตามหัวข้อต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. วัสดุและอุปกรณ์

สำหรับวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการขึ้นรูปและทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิด ประกอบด้วย เศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิด จากการตัดแต่งกิ่งภายในสวนมะยงชิด ตำบลงละคร อำเภอเมืองนครนายก จังหวัดนครนายก กาวไม่มีสารฟอร์มัลดีไฮด์ ชนิด Polymeric Diphenyl Methane Diisocyanate (pMDI) หรือกาวไดไอโซไซยาเนต ถึงผสม กาวสีแบบกาวบน ปีมป์ลม กบไสไม้ไฟฟ้า ขนาด 3 นิ้ว เครื่องซังน้ำหนัก แบบหล่อ ขนาด 20 x 20 ตารางเซนติเมตร หนา 6 มิลลิเมตร เหล็กกล่องช่วยจัดเรียงวัสดุ เหล็กกระทุ้ง แผ่นเทพล่อน เครื่องขึ้นรูปแผ่นขึ้นไม้อัดด้วยความร้อนชนิดอัดราบ พร้อมท่อนเหล็กช่วยผ่อนแรง ขนาดความยาว 1 เมตร จำนวน 2 ท่อน เครื่องทดสอบแรงกด (Universal Testing Machine, UTM) ยี่ห้อ Hounsfield รุ่น 0288 และกล้องจุลทรรศน์ดิจิทัล ยี่ห้อ Inskam รุ่น 315



ภาพที่ 3 เครื่องขึ้นรูปแผ่นขึ้นไม้อัดด้วยความร้อนชนิดอัตราแบบใช้มือหมุน



ภาพที่ 4 ท่อนเหล็กช่วยผ่อนแรงความยาว 1 เมตรสำหรับเครื่องอัดขึ้นรูปแบบใช้มือหมุน

2. การออกแบบอัตราส่วนผสม

ออกแบบอัตราส่วนผสมโดยใช้เศษไม้มะยมชนิด 1 ส่วนโดยน้ำหนัก ต่อการ Polymeric Diphenyl Methane Diisocyanate (pMDI) หรือการไดไอโซไซยาเนต 0.08 ถึง 0.18 ส่วนโดยน้ำหนัก รวม 6 อัตราส่วน ซึ่งได้จากการทดลองผสมเศษไม้มะยมชนิดด้วยการไดไอโซไซยาเนตในปริมาณที่น้อยที่สุดที่สามารถอัดขึ้นรูปเป็นแผ่นขึ้นไม้อัดได้และเศษกิ่งไม้ไม่หลุดออกจากแผ่น แล้วจึงทยอยเพิ่มปริมาณการไดไอโซไซยาเนตให้มากขึ้นทำการอัดแผ่นไม้โดยควบคุมความหนาแน่นเบื้องต้นที่ 600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เนื่องจากกระบวนการอัดขึ้นรูปแผ่นขึ้นไม้อัดที่ใช้เป็นเครื่องแบบมือหมุนไม่สามารถอัดแผ่นไม้ให้มีความหนาแน่นเกินกว่า 600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรได้ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยมชนิด

อัตราส่วน	เศษกิ่งไม้ที่ผ่านการไส	การ pMDI	ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)
M-008	1	0.08	600
M-010	1	0.10	600
M-012	1	0.12	600
M-014	1	0.14	600
M-016	1	0.16	600
M-018	1	0.18	600

3. การขึ้นรูปชิ้นงานสำหรับนำไปทดสอบ

3.1 นำเศษกิ่งไม้ต้นมะยมชนิดมาไสด้วยกบไฟฟ้าให้ได้เศษไม้ที่มีความหนาแน่นระหว่าง 0.6 – 0.8 มิลลิเมตร และควบคุมความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก



ภาพที่ 5 ลักษณะเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดที่ใส่แล้ว



ภาพที่ 6 การฉีดพ่นกาวไดไอโซไซยานेटลงในเศษไม้

3.2 นำเศษกิ่งไม้ที่ใส่แล้วมาชั่งน้ำหนัก

3.3 ชั่งน้ำหนักกาวไดไอโซไซยานेट ซึ่งไม่มีสารฟอร์มาลดีไฮด์ตามอัตราส่วนที่ออกแบบ พร้อมทั้งเผื่อการสูญเสียของกาวจากการค้างอยู่ในภาชนะตวงชั่งและกาพ่นสี เท่ากับ 4 กรัมต่อการพ่นกาว 1 ครั้ง

3.4 นำเศษกิ่งไม้ที่ใส่และชั่งน้ำหนักแล้ว มาใส่ลงในเครื่องผสม แล้วฉีดพ่นกาวไดไอโซไซยานेट โดยใช้กาพ่นสีและปั๊มบลัม ลงในกระป๋องผสม โดยให้ทำการหมุนถึงขณะฉีดและเปิดฝาลังเพื่อกวนส่วนผสม ไม่น้อยกว่า 4 ครั้ง เพื่อให้กาวกระจายทั่วเศษไม้

3.5 นำเศษกิ่งไม้ที่ฉีดพ่นกาวแล้วไปอัดขึ้นรูป โดยเทส่วนผสมลงในแบบหล่อเหล็ก พร้อมบดอัดส่วนผสมเบื้องต้นให้แน่นอยู่ภายในแบบหล่อด้วยเหล็กกระทง แล้วประกบส่วนผสมด้วยแผ่นเทฟลอน และแผ่นอลูมิเนียมทั้ง 2 ด้าน



ภาพที่ 7 การบดอัดส่วนผสมเบื้องต้นให้แน่นอยู่ภายในแบบหล่อด้วยเหล็กกระทง



ภาพที่ 8 แผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดที่ผ่านการขึ้นรูปเรียบร้อยแล้ว

3.6 นำเศษกิ่งไม้ที่อยู่ในแบบหล่อและประกบแผ่นเทพล่อนและแผ่นอลูมิเนียมแล้ว ไปใส่ในเครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน ด้วยความร้อน 150 องศาเซลเซียส (พณชติ เียนใจ และคณะ, 2559) เป็นเวลา 7 นาที โดยใช้ความหนาแผ่น เท่ากับ 6 มิลลิเมตร

3.7 สวมถุงมือป้องกันความร้อนและนำแผ่นขึ้นไม้อัดที่ขึ้นรูปออกมาเพื่อถอดแบบ

3.8 นำแผ่นเหล็กและแผ่นเทพล่อนออกจากแผ่นขึ้นไม้อัดที่ขึ้นรูป รอให้อุณหภูมิลดลงจนสามารถถือด้วยมือเปล่า ได้แผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้สำหรับนำไปทดสอบหรือนำไปใช้งานต่อไป

4. การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นขึ้นไม้อัด

ทำการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก.876- 2547) และมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการใช้งาน ประกอบด้วย ลักษณะทั่วไป ความหนาแน่น ปริมาณความชื้น การพองตัวตามความหนา ความต้านทานแรงดัด (ภาพที่ 9) โมดูลัสยืดหยุ่น และความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (ภาพที่ 10) โดยใช้จำนวนตัวอย่าง เท่ากับ 5 ตัวอย่างต่ออัตราส่วนต่อการทดสอบ



ภาพที่ 9 การทดสอบความต้านทานแรงดัดของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิด



ภาพที่ 10 การทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิด

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

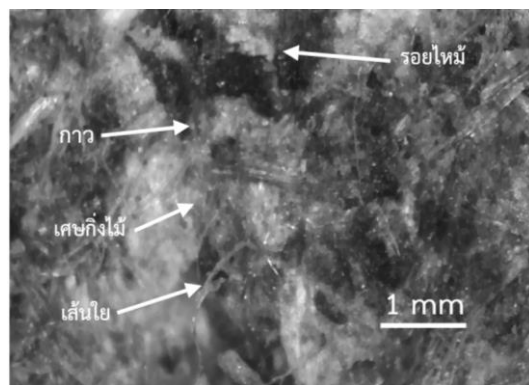
ผลการทดสอบแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัดราบ (มอก.876- 2547) และมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ลักษณะทั่วไปของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดที่ขึ้นรูปทั้ง 6 อัตราส่วน พบว่า แผ่นขึ้นไม้อัดทั้งหมดมีขอบที่ได้ฉากกับระนาบผิว และผิวหน้าจะมีเนื้อค่อนข้างเรียบตามที่มาตรฐาน มอก.876-2547 กำหนด (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) โดยผิวหน้าของแผ่นขึ้นไม้อัดจะมีสีค่อนข้างแดง และไม้ที่มีความสดมากกว่าจะมีเนื้อที่อ่อนกว่าไม้ที่แห้งหรือเก่ากว่าดังภาพที่ 11 นอกจากนี้หากต้องการให้เนื้อไม้มีสีสม่ำเสมอ ควรมีการสเปรย์สีออกเพื่อให้เหลือแต่เนื้อไม้ก่อนที่จะทำการไส เมื่อนำแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้

ต้นมะยงชิดที่อัดขึ้นรูปไปส่องดูพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์ดิจิทัลที่กำลังขยาย 40 เท่า (ภาพที่ 12) จะเห็นว่า การอัดขึ้นรูปด้วยความร้อนอาจสร้างให้เกิดรอยไหม้ขนาดเล็กสีดำได้ ส่วนเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดที่ใส่และทำการอัด ด้วยกาวยูรีเทนไฮยาเนตจะมีการยึดพื้นผิวที่ค่อนข้างเรียบและแน่น แต่จะมีเส้นใยเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดที่แตกออกจากเศษกิ่งไม้ที่ใส่ปะปนอยู่บริเวณผิวบ้าง



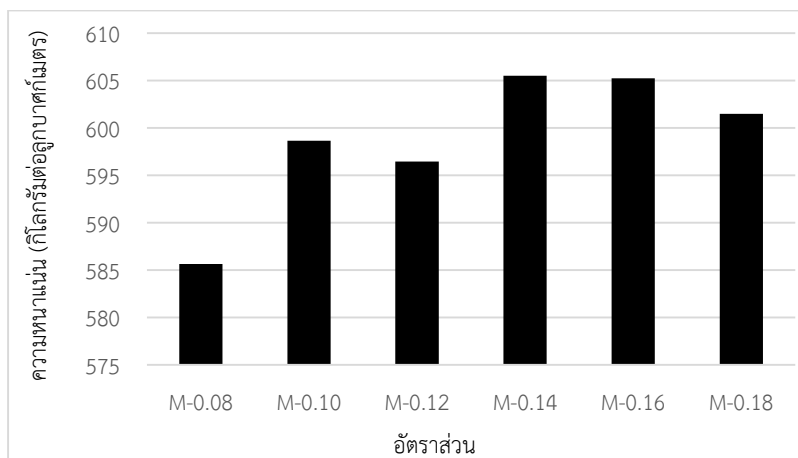
ภาพที่ 11 ผิวหน้าของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิด



ภาพที่ 12 ภาพแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดจากกล้องจุลทรรศน์ดิจิทัลที่กำลังขยาย 40 เท่า

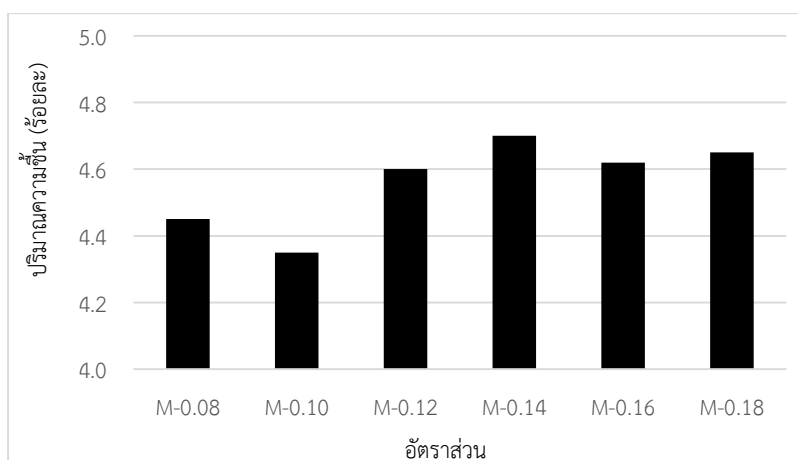
2. ผลการทดสอบความหนาแน่นของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดที่ขึ้นรูปทั้ง 6 อัตราส่วนใน ภาพที่ 13 พบว่า แผ่นขึ้นไม้อัดทั้งหมดมีค่าความหนาแน่นใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 585.65 ถึง 605.50 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ทั้งนี้เป็นผลมาจากกระบวนการอัดขึ้นรูปแผ่นขึ้นไม้อัดที่ใช้เป็นเครื่องแบบมือหมุน ทำให้ไม่สามารถอัดแผ่นไม้ได้แน่นหรือมีความหนาแน่นเกินกว่า 600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เหมือนกับเครื่องอัดแผ่น แบบไฮดรอลิกได้ แม้ว่าจะมีการใช้ท่อนเหล็กความยาว 1 เมตร ในการช่วยผ่อนแรงแล้ว แต่หากพิจารณาจาก แนวโน้มของความหนาแน่นทั้ง 6 อัตราส่วน จะเห็นว่า อัตราส่วนที่มีการผสมกาวในปริมาณมากจะมีแนวโน้ม

ความหนาแน่นใกล้เคียงกับที่ออกแบบไว้ที่ 600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มากกว่าอัตราส่วนที่ผสมกาวในปริมาณที่น้อยกว่า อย่างไรก็ตามความหนาแน่นที่ได้จะยังคงมีค่าอยู่ในช่วงที่มาตรฐาน มอก.876-2547 กำหนด คือ มีค่าระหว่างร้อยละ 400 ถึง 900 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547)



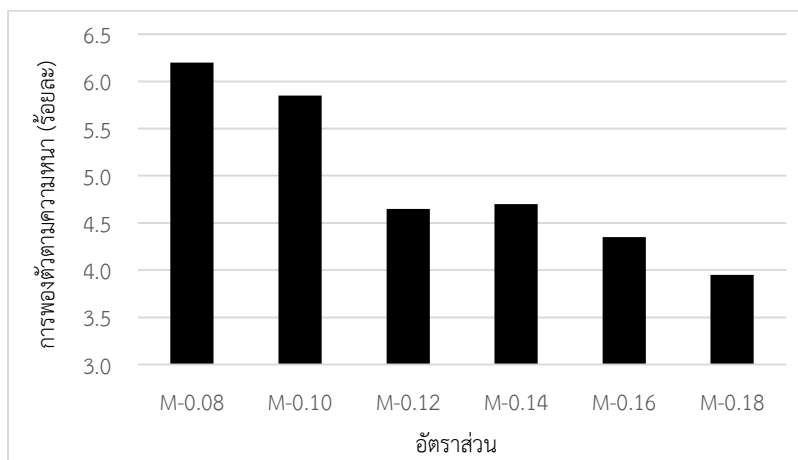
ภาพที่ 13 ความหนาแน่นของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดอัตราส่วนต่าง ๆ

3. ผลการทดสอบปริมาณความชื้นของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดที่ขึ้นรูปทั้ง 6 อัตราส่วนพบว่า แผ่นขึ้นไม้อัดทั้งหมดมีปริมาณความชื้นใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 4.35 - 4.70 (ภาพที่ 14) ซึ่งเป็นปริมาณความชื้นของแผ่นขึ้นไม้อัดที่อยู่ในช่วงตามที่มาตรฐาน มอก.876-2547 กำหนด คือมีค่าระหว่างร้อยละ 4 - 13 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547)

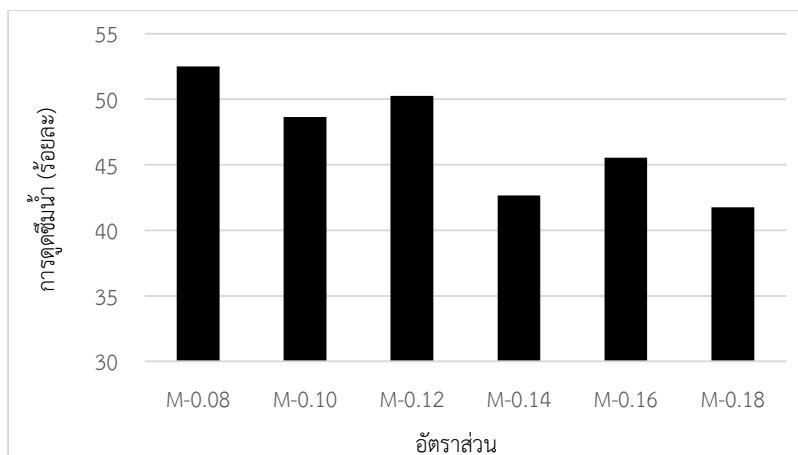


ภาพที่ 14 ปริมาณความชื้นของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดอัตราส่วนต่าง ๆ

4. ผลการทดสอบการพองตัวตามความหนาของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดที่ขึ้นรูปทั้ง 6 อัตราส่วน พบว่า แผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดที่ใช้กาวมากที่สุด (ร้อยละ 18) เป็นแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งต้นมะยงชิดที่มีค่าการพองตัวต่ำที่สุด และแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดที่ใช้กาวน้อยที่สุด (ร้อยละ 8) เป็นแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งต้นมะยงชิดที่มีค่าการพองตัวสูงที่สุดดังภาพที่ 15 ทำให้เห็นได้ว่าการเพิ่มปริมาณกาวมีผลต่อการลดลงของการพองตัวตามความหนาอย่างชัดเจน (พนุชศดี เย็นใจ และคณะ, 2559) เมื่อเปรียบเทียบค่าการพองตัวทั้งหมดกับมาตรฐาน มอก.876-2547 ซึ่งกำหนดให้ต้องมีค่าไม่เกินร้อยละ 12 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) พบว่า แผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดทั้งหมดมีการพองตัวตามความหนาผ่านตามที่มาตรฐาน มอก.876-2547 กำหนด เมื่อนำแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดทั้งหมดไปทดสอบค่าการดูดซึมน้ำในภาพที่ 16 พบว่า การพองตัวตามความหนาเป็นคุณสมบัติที่มีแนวโน้มเช่นเดียวกับการดูดซึมน้ำ โดยแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดที่มีปริมาณกาวมากก็จะมี การดูดซึมน้ำต่ำเช่นเดียวกับการพองตัวตามความหนา ส่วนแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดที่มีปริมาณกาวน้อยก็จะมี การดูดซึมน้ำสูงต่ำเช่นเดียวกับการพองตัวตามความหนา (ปราโมทย์ วีรานุกุล และคณะ, 2561; Clad, 1983) ทั้งนี้ค่าการดูดซึมน้ำที่ได้อาจมีความคลาดเคลื่อนบ้างเล็กน้อย เนื่องจากวัสดุที่นำมาขึ้นรูปเป็นวัสดุธรรมชาติ จึงอาจทำให้การดูดซึมน้ำมีความแตกต่างกันในแต่ละแผ่น แต่จากภาพรวมของผลการทดสอบดังกล่าว สามารถแสดงให้เห็นแนวโน้มของปริมาณกาวที่มากขึ้นจะมีผลช่วยลดการพองตัวและดูดซึมน้ำได้อย่างชัดเจน



ภาพที่ 15 การพองตัวตามความหนาของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดอัตราส่วนต่าง ๆ

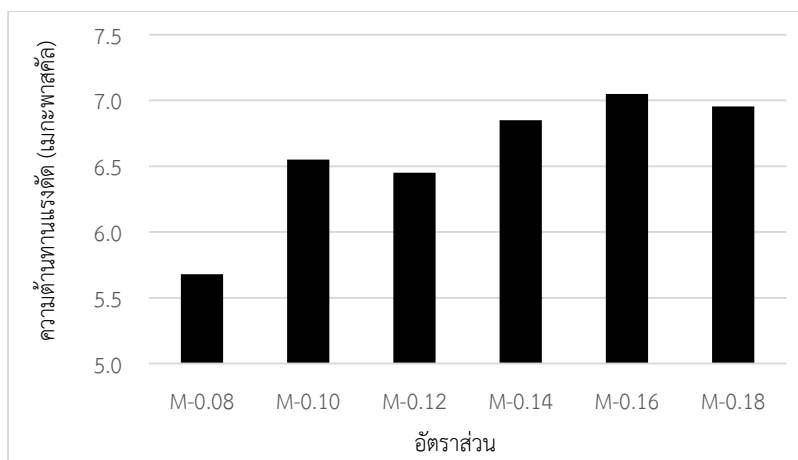


ภาพที่ 16 การดูดซึมน้ำของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดอัตราส่วนต่าง ๆ

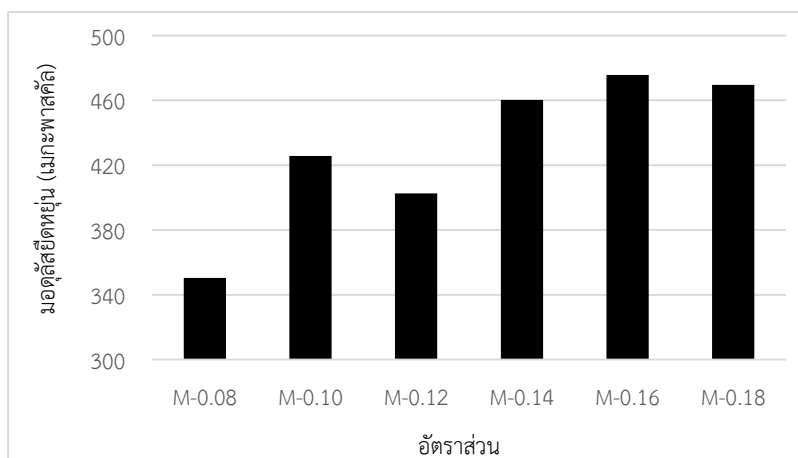
5. ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิด พบว่า ปริมาณกาวยาโซไซยาเนตที่เพิ่มขึ้นสำหรับใช้ในการอัดขึ้นรูปด้วยความร้อนมีผลต่อแนวโน้มของความต้านทานแรงดัดของแผ่นขึ้นไม้อัดที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดที่มีค่าความต้านทานแรงดัดสูงสุดคือแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดที่มีปริมาณกาวยอละ 18 (M-18) ส่วนแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดที่มีค่าความต้านทานแรงดัดต่ำที่สุดคือ แผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดที่มีปริมาณกาวยอละ 8 (M-08) ดังภาพที่ 17 เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก.876-2547 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) พบว่าแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดทั้งหมดมีค่าความต้านทานแรงดัดต่ำกว่ามาตรฐาน ซึ่งกำหนดให้ค่าไม่น้อยกว่า 14 เมกะปาสคาล ทั้งนี้หากพิจารณาจากลักษณะการเสียหายของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดที่ทำการทดสอบความต้านทานแรงดัดจะเห็นได้ว่าตัวแผ่นขึ้นไม้อัดมีลักษณะหลุดลุ่ยค่อนข้างมาก แสดงว่าแผ่นขึ้นไม้อัดทั้งหมดมีเนื้อที่ไม่แน่นเพียงพอจะรับความต้านทานแรงดัดได้ (Warmbier et al., 2013; Bledzki and Gassan, 1999)

6. ผลการทดสอบคุณสมบัติด้านมอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดที่ขึ้นรูปแล้วทั้ง 6 อัตราส่วน พบว่า มอดูลัสยืดหยุ่นเป็นคุณสมบัติที่มีความสัมพันธ์กับค่าความต้านทานแรงดัด (Rosenfeld et al., 2022) และปริมาณกาวยาโซไซยาเนต โดยแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดอัตราส่วนที่มีความต้านทานแรงดัด และปริมาณกาวยาที่สูงกว่ามีแนวโน้มที่จะมีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นสูงด้วยเช่นกัน ดังภาพที่ 18 เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก.876-2547 กำหนดให้มอดูลัสยืดหยุ่นมีค่าไม่น้อยกว่า 1,950 เมกะปาสคาล (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) ที่ความหนา 3 – 6 มิลลิเมตร พบว่า แผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งต้นมะยงชิดทั้งหมดมีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นที่ต่ำกว่ามาตรฐาน

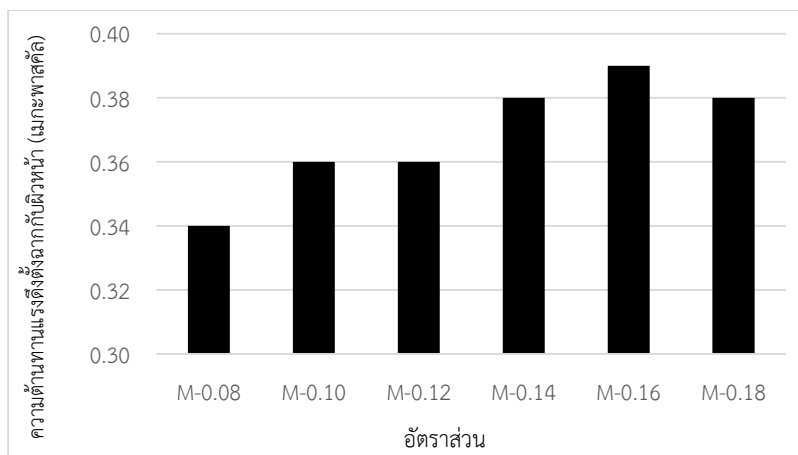
7. ในส่วนของผลการทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดที่ขึ้นรูปแล้วทั้ง 6 อัตราส่วน พบว่า แผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดที่มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าสูงที่สุดจะเป็นแผ่นขึ้นไม้อัดที่มีปริมาณกากค่อนข้างมาก และแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดที่มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าต่ำที่สุดจะเป็นแผ่นขึ้นไม้อัดที่มีปริมาณกากน้อย (ภาพที่ 19) เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก.876-2547 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) ซึ่งกำหนดให้แผ่นขึ้นไม้อัดต้องมีความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าสูงกว่า 0.4 เมกะพาสคัล และความยืดหยุ่นของผิวหน้าต้องสูงกว่า 0.8 เมกะพาสคัล จะเห็นว่าแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดทั้งหมดต่ำกว่ามาตรฐานกำหนด โดยน่าจะเป็นผลมาจากเนื้อของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดที่ไม่แน่นเท่าที่ควร



ภาพที่ 17 ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดอัตราส่วนต่าง ๆ



ภาพที่ 18 มอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดอัตราส่วนต่าง ๆ



ภาพที่ 19 ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดอัตราส่วนต่าง ๆ

สรุป

จากผลการพัฒนาแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดเพื่อสร้างรายได้ให้ชุมชนท้องถิ่นและส่งเสริมแนวคิดขยะเหลือศูนย์ สามารถสรุปผลการดำเนินงานได้ดังนี้

1. จากการศึกษาการรวมวิธีการผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิด เมื่อนำเศษกิ่งไม้จากต้นมะยงชิดมาผสมกับกาวไอโซไซยานต และอัดขึ้นรูปให้มีความหนา 6 มิลลิเมตร โดยใช้ความร้อน 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที สามารถอัดขึ้นรูปเป็นแผ่นขึ้นไม้อัดที่มีความแข็งแรงเหมาะสมสำหรับการใช้งานเป็นวัสดุตกแต่ง หรือสินค้าที่ระลึกได้

2. ผลการทดสอบสมบัติของแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิด ทั้ง 6 อัตราส่วน สามารถสรุปได้ว่า แผ่นขึ้นไม้อัดทั้งหมดมีความหนาแน่น ปริมาณความชื้น และการพองตัวตามความหนาผ่านตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.876-2547 กำหนด แต่ยังคงมีความต้านทานแรงดัด โมดูลัสยืดหยุ่น และความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าที่ต่ำกว่ามาตรฐาน ซึ่งจากการทดสอบสามารถสรุปปัจจัยที่ทำให้แผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดมีความต้านทานแรงดัด โมดูลัสยืดหยุ่น และความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าที่ต่ำกว่ามาตรฐานเป็นผลมาจากความหนาแน่นของแผ่นขึ้นไม้อัดที่ยังไม่แน่นเพียงพอ

3. เมื่อนำผลการทดสอบมาพิจารณาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิด สามารถสรุปได้ว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดคือ แผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดที่ผสมกาวร้อยละ 10 (อัตราส่วน M-10) เนื่องจากอัตราส่วนดังกล่าวใช้ปริมาณกาวที่ไม่มากจนเกินไป แต่ยังคงมีผลการทดสอบความหนาแน่น ปริมาณความชื้น และการพองตัวตามความหนาที่ผ่านตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.876-2547 กำหนด แม้ว่าค่าความต้านทานแรงดัด และ

ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้ายังต่ำกว่ามาตรฐานแต่ก็เพียงพอต่อการนำไปใช้เป็นวัสดุตกแต่งได้ หรืออาจมีการพัฒนาต่อยอดเป็นสินค้าของที่ระลึก หรือผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ได้

4. ผลการวิจัยดังกล่าวจะช่วยสร้างรายได้ให้ชุมชนท้องถิ่น และส่งเสริมแนวคิดขยะเหลือศูนย์ได้ หากมีการนำผลการวิจัยไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนได้สำเร็จ โดยจะเป็นการลดต้นทุนการกำจัดวัสดุเหลือทิ้งไปพร้อม ๆ กับการสร้างรายได้จากการนำวัสดุเหลือทิ้งดังกล่าวมาผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อสร้างอาชีพและรายได้ใหม่ให้แก่เกษตรกรหรือชุมชนท้องถิ่นโดยเฉพาะในช่วงที่ไม่มีผลผลิตมะยงชิดในการจำหน่าย

ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาต่อไป ควรมีการพัฒนาแผ่นขึ้นไม้อัดเทียมจากเศษกิ่งไม้ต้นมะยงชิดเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เพิ่มเติม เพื่อช่วยในการนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ได้หลากหลาย รวมทั้งควรมีการพัฒนาคุณสมบัติด้านความแข็งแรงให้ผ่านมาตรฐาน มอก.846-2547 ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณแผ่นดินมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ประจำปี 2565 ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- ปราโมทย์ วีรานุกูล, กิตติพงษ์ สุวีโร, และอิทธิ วีรานุกูล. (2561). ผลิตภัณฑ์แผ่นฝ้าเพดานผสมขุยมะพร้าวที่มีสมบัติความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชชมงคลธัญบุรี, 16(2), 129-138.
- พูนขุติ เย็นใจ, ทรงกลด จารุสมบัติ, และธีระ วิณิน. (2559). การผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดจากเศษเหลือทิ้งของไม้เสม็ดขาว. วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 11(2), 131-140.
- สมคน เกียรติก่อ, ศุภลักษณ์ ใจเรือง, และวิวัฒน์ คลังวิจิตร. (2565). การศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นซีเมนต์บอร์ดผสมเส้นใยพืช เพื่อใช้เป็นวัสดุก่อสร้างผนังอาคาร. วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 17(3), 113-125.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.). (2547). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องแผ่นขึ้นไม้อัดชนิดราบ (มอก.876-2547), กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

- Bledzki, A.K., & Gassan, J. (1999). Composites Reinforced with Cellulose based Fibers. **Progress in Polymer Science**, 24, 221-274.
- Clad, W. (1983). Developments and problems in adhesives used for particle board manufacture. **International Journal Adhesion Adhesives**, 3(3), 127-131.
- Rosenfeld, C., Sailer-Kronlachner, W., Konnerth, J., Sol-Rindler, P., Pellis, A., Rosenau, T., Potthast, A., & HerwijnenMays, H.W.G. (2022). Hydroxymethylfurfural: A key to increased reactivity and performance of fructose-based adhesives for particle boards Hydroxymethylfurfural: A key to increased reactivity and performance of fructose-based adhesives for particle boards. **Industrial Crops & Products**, 187(115536), 1-12.
- Warmbier, K., Wilczynski, A., & Danecki, L. (2013). Effects of density and resin content on mechanical properties of particleboards with the core layer made from willow *Salix viminalis*. **Forestry and Wood Technology**, 84, 284-287.

การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์จำนวนนักศึกษาแรกเข้า คณะครุศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

คชินทร์ โกกนุทากรณ์^{1*}

Received : February 3, 2023

Revised : October 9, 2023

Accepted : October 16, 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ จำนวนนักศึกษาแรกเข้า คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ตั้งแต่ปีการศึกษา 2540 ถึง ปีการศึกษา 2565 จำนวน 26 ค่า ผู้วิจัยแบ่งข้อมูลออกเป็นสองชุด โดยชุดที่ 1 จำนวน 20 ค่า เริ่มตั้งแต่ ปีการศึกษา 2540 ถึง ปีการศึกษา 2559 สำหรับเปรียบเทียบหาตัวแบบพยากรณ์ โดยงานวิจัยนี้ใช้วิธีการพยากรณ์ คือ วิธีบอกซ์-เจนกินส์ วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์ และวิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลที่มีแนวโน้มแบบแฉก ข้อมูลชุดที่ 2 ตั้งแต่ปีการศึกษา 2560 ถึง ปีการศึกษา 2565 จำนวน 6 ค่า สำหรับการเปรียบเทียบหาวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้เกณฑ์ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) และค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ที่ต่ำที่สุด ผลการวิจัยพบว่าภายใต้ เกณฑ์ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAPE) วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลที่มีแนวโน้มแบบแฉกเป็นวิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ขณะที่ภายใต้เกณฑ์ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) วิธีบอกซ์-เจนกินส์ **ARIMA (0,1,0)** เป็นวิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด อย่างไรก็ตาม ค่าพยากรณ์ของทั้งสองวิธี มีความน่าเชื่อถือ เนื่องจากไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: การพยากรณ์ นักศึกษาแรกเข้า วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลที่มีแนวโน้มแบบแฉก
วิธีบอกซ์-เจนกินส์ วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์

¹ รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์ อีเมล: kachin@vru.ac.th

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: kachin@vru.ac.th

A COMPARISON OF THE FORECASTING FOR NUMBER OF FIRST-YEAR STUDENTS
THE FACULTY OF EDUCATION VALAYA ALONGKORN RAJABHAT UNIVERSITY
UNDER THE ROYAL PATRONAGE

Kachin Kokanotapron ^{1*}

Abstract

The purpose of this research was to study and compare forecasting methods for the number of first-year students at the Faculty of Education, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, during the academic years 1997 to 2022, encompassing 26 values which were used and separated into 2 sets. The first set contained 20 values from the academic years 1997 to 2016 for the purpose of comparing and searching for forecasting models. The forecasting methods included Box-Jenkins, Holt's exponential smoothing method, and the Damped trend exponential smoothing method. The second set consisted of 6 values from the academic years 2017 to 2022, used for comparison and determination of the most suitable forecasting method using the criteria of the lowest root mean squared error (RMSE) and mean absolute percentage error (MAPE). The results indicated that under the mean absolute percentage error (MAPE), the Damped trend exponential smoothing method was the most accurate. Meanwhile, for the root mean square error, the Box-Jenkins method with ARIMA (0,1,0) exhibited the best performance. Moreover, the forecast values from both methods were deemed reliable, and no statistically significant difference was observed between them.

Keywords: Forecasting, First-year students, Damped trend exponential smoothing method, Box-Jenkins method, Holt's exponential smoothing method

¹ Associate professor of Program in Applied Mathematics, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, e-mail: kachin@vru.ac.th

* Corresponding author, e-mail: kachin@vru.ac.th

บทนำ

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ได้เปิดทำการสอนตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2489 โดยเปิดสอนในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาการศึกษา (ป.กศ.) พ.ศ. 2513 เปิดสอนหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาการศึกษาชั้นสูง (ป.กศ.สูง) พ.ศ. 2514 เปิดสอนหลักสูตรประกาศนียบัตรครูประถมสามัญ (ป.ป.) พ.ศ. 2515 ย้ายนักเรียนฝึกหัดครูทั้งหมดมาเรียนที่ วิทยาลัยครูเพชรบุรีวิทยาลงกรณ์ ปทุมธานี พ.ศ. 2518 วิทยาลัยครูทั่วประเทศได้รับการยกฐานะตามพระราชบัญญัติ วิทยาลัยครู พ.ศ. 2518 ทำให้วิทยาลัยครู สอนได้ถึงระดับปริญญาตรี พ.ศ. 2521 เปิดหลักสูตรปริญญาตรี 2 ปี (หลังอนุปริญญา) เป็นรุ่นแรก พ.ศ. 2522 มีโครงการฝึกอบรมครูและบุคลากรทางการศึกษา ประจำการ (อคป.) ในหลักสูตร ป.กศ.ชั้นสูง และหลักสูตร ปริญญาตรี พ.ศ. 2523 หยุดรับนักเรียน ป.กศ. แต่เปิดรับในหลักสูตรปริญญาตรี 4 ปี ขึ้นเป็นครั้งแรก พ.ศ. 2528 หยุดรับนักศึกษา ป.กศ. ชั้นสูง ตามนโยบายไม่ต้องการผลิตครูผู้ต่ำกว่าปริญญาตรี พ.ศ. 2529 เริ่มโครงการจัดการศึกษาสำหรับบุคลากรประจำการ (กศ.บป.) เปิดหลักสูตรระดับปริญญาตรี 2 ปี (หลัง อนุปริญญา) พ.ศ. 2530 เริ่มโครงการครุทายาท ที่ต้องการผู้เรียนเก่ง มีความประพฤติดีและศรัทธาใน อาชีพครู มาเป็นครูตามความต้องการของสำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2543 เป็นต้นมา คณะครุศาสตร์ได้ดำเนินการบริหารโปรแกรมวิชานักศึกษาสายครูทั้งหมดทุกโปรแกรมวิชา (คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2562) ในปีการศึกษา 2562 ได้มีการปรับหลักสูตรจาก ครุศาสตรบัณฑิต 5 ปี (คบ.5 ปี) เป็นหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต (คบ. 4 ปี) ซึ่งมีนักศึกษาให้ความสนใจเข้าศึกษาครบทุกสาขาวิชาที่เปิด (คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2562) ผู้วิจัยได้ศึกษาวิธีการพยากรณ์ จากงานวิจัยเรื่อง ตัวแบบพยากรณ์จำนวนนักศึกษาใหม่ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ (คชินทร์ โกกนุทาภรณ์, 2563) และงานวิจัยเรื่อง การพยากรณ์จำนวนผู้สมัครเข้าศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาวิชาการจัดการงานก่อสร้างโดยวิธีอาริมา (สุภัทธีรา วรรณอาจ, ยุทธนา สันแสนดี และศรัณยู พรหมสร, 2560)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษา และเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์จำนวนนักศึกษาแรกเข้า คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ โดยใช้วิธีการพยากรณ์ คือ วิธีบอกซ์-เจนกินส์ วิธีปรับ ให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์ และวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลที่มีแนวโน้มแบบแฉก เพื่อให้เห็นว่าในปีการศึกษาต่อ ๆ ไปจะมีนักศึกษาเพิ่มขึ้น หรือลดลง ซึ่งเป็นแนวทางให้คณะครุศาสตร์ เตรียมแผนในการรับสมัครนักศึกษา อาจารย์ และเตรียมความพร้อมในการจัดตั้งงบประมาณสำหรับการจัดการเรียนการสอน ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์จำนวนนักศึกษาแรกเข้า คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

วิธีดำเนินการวิจัย

การสร้างตัวแบบพยากรณ์จำนวนนักศึกษาแรกเข้า คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ โดยข้อมูลจาก สำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์. (สำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2540 - 2566) จำนวน 26 ค่า ตั้งแต่ ปีการศึกษา 2540 ถึงปีการศึกษา 2565 ผู้วิจัยแบ่งข้อมูลออกเป็นสองชุด โดยชุดที่ 1 จำนวน 20 ค่า เริ่มตั้งแต่ ปีการศึกษา 2540 ถึง ปีการศึกษา 2559 สำหรับเปรียบเทียบหาตัวแบบพยากรณ์ โดยงานวิจัยนี้ใช้วิธีการพยากรณ์ คือ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ วิธีปรับให้เรียบแบบเอ็กโปแนนเชียลแบบง่ายวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์ และวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลที่มีแนวโน้มแบบแดม ข้อมูลชุดที่ 2 จำนวน 6 ค่า โดยเริ่มตั้งแต่ ปีการศึกษา 2560 ถึง ปีการศึกษา 2565 สำหรับการเปรียบเทียบหาวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้เกณฑ์ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ($RMSE$) และค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย ($MAPE$) ที่ต่ำที่สุด

1. ศึกษาลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา

การศึกษาลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาเป็นการพิจารณาในเบื้องต้นว่าอนุกรมเวลามีการเปลี่ยนแปลง ในลักษณะใด มีส่วนประกอบของอนุกรมเวลาใดบ้าง (แนวโน้ม ฤดูกาล วัฏจักร หรือ เหตุการณ์ที่ผิดปกติ) โดยพิจารณาจากแผนภาพการกระจายของอนุกรมเวลาเทียบกับเวลา เพื่อความเหมาะสมของการเลือกใช้วิธีการทางสถิติสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป (Bowerman & O'Connell, 1993)

2. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิธีการสร้างตัวแบบพยากรณ์ในการวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษา 3 วิธี ได้แก่ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์ และวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลที่มีแนวโน้มแบบแดม ดังแสดงรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 การพยากรณ์โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins Method)

สำหรับการพยากรณ์ระยะสั้น วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์เป็นวิธีการพยากรณ์ที่มีความถูกต้องสูงกว่าวิธีอื่น ๆ (ทรงศิริ แต่สมบัติ, 2549) เนื่องจากการกำหนดตัวแบบโดยตรวจสอบคุณสมบัติฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง (Autocorrelation Function: ACF) และฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน (Partial autocorrelation Function: PACF) ซึ่งพิจารณาภายใต้อนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารี (Stationary time

series) หรืออนุกรมเวลาที่มีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนคงที่ โดยกรณีที่อนุกรมเวลาไม่เป็นสเตชันนารี ต้องแปลงอนุกรมเวลาให้เป็น สเตชันนารีก่อนที่จะกำหนดตัวแบบ เช่นการแปลงข้อมูลด้วยการหาผลต่างหรือผลต่างฤดูกาล (Difference or seasonal difference) การแปลงข้อมูลด้วยลอการิทึมสามัญหรือลอการิทึมธรรมชาติ (Logarithm or natural logarithm) การแปลงข้อมูลด้วยเลขยกกำลัง เช่น ยกกำลัง 0.5 (Square root transformation) หรือยกกำลัง 2 (Square transformation) เป็นต้น ตัวแบบทั่วไปของวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ คือ Seasonal autoregressive Integrated Moving Average: SARIMA(p,d,q)(P,D,Q)_s แสดงดังสมการ (Box et al., 1994) และขั้นตอนการสร้างตัวแบบพยากรณ์ (Bowerman & O'Connell, 1993)

$$\phi_p(B)\Phi_P(B^s)(1-B)^d(1-B^s)^D Y_t = \delta + \theta_q(B)\Theta_Q(B^s)\varepsilon_t \quad (1)$$

เมื่อ Y_t แทนอนุกรมเวลา ณ เวลา t , ε_t แทนอนุกรมเวลาของความคลาดเคลื่อนที่มีการแจกแจงปกติ และเป็นอิสระกัน ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ และความแปรปรวนคงที่ทุกช่วงเวลา

$\delta = \mu\phi_p(B)\Phi_P(B^s)$ แทนค่าคงที่ โดยที่ μ แทนค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารี

$\phi_p(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p$ แทนตัวดำเนินการสหสัมพันธ์ในตัวเองแบบ p ไม่มีฤดูกาลอันดับที่ p (Non-Seasonal autoregressive operator of order p : AR(p))

$\Phi_P(B^s) = 1 - \phi_1 B^s - \phi_2 B^{2s} - \dots - \phi_P B^{Ps}$ แทนตัวดำเนินการสหสัมพันธ์ในตัวเองแบบมีฤดูกาลอันดับที่ P (Seasonal autoregressive operator of order p : SAR(P))

$\theta_q(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q$ แทนตัวแบบดำเนินการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบไม่มีฤดูกาลอันดับที่ q (Non-Seasonal moving average operator of order q : MA(q))

$\Theta_Q(B^s) = 1 - \theta_1 B^s - \theta_2 B^{2s} - \dots - \theta_Q B^{Qs}$ แทนตัวแบบดำเนินการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบมีฤดูกาลอันดับ Q (Seasonal moving average operator of order Q : SMA(Q))

เมื่อ t แทนช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง n โดยที่ n แทนจำนวนข้อมูลในอนุกรมเวลาชุดที่ 1

s แทน จำนวนฤดูกาล d และ D แทนลำดับที่ของการหาผลต่างและผลต่างฤดูกาล ตามลำดับ

B แทน ตัวดำเนินการถอยหลัง (Backward operator) โดยที่ $B^s Y_t = Y_{t-s}$

2.2 การพยากรณ์โดยวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลด้วยวิธีของโฮลต์ (Holt's exponential smoothing method)

การทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลด้วยวิธีของโฮลต์ มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเป็นเส้นตรงและไม่มีส่วนประกอบของความผันแปรตามฤดูกาล มีค่าคงที่การทำให้เรียบ 2 ตัว คือ

ค่าคงที่การปรับเรียบของค่าระดับ (Level: α) และค่าคงที่การปรับเรียบของค่าความชัน (Trend: γ) ตัวแบบเขียนได้ ดังสมการที่ (2) และตัวแบบพยากรณ์เขียนได้ดังสมการที่ (3) (มุกดา แม้นมินทร์, 2549)

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \varepsilon_t \quad (2)$$

$$\hat{Y}_{t+m} = a_t + b_t(m) \quad (3)$$

เมื่อ Y_t แทน อนุกรมเวลา ณ เวลา t , β_0 และ β_1 แทน พารามิเตอร์ของตัวแบบแสดงระยะตัดแกน และความชันของแนวโน้ม ตามลำดับ ε_t แทน อนุกรมเวลาของความคลาดเคลื่อนที่มีการแจกแจงปกติและเป็นอิสระกัน ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์และความแปรปรวนคงที่ทุกช่วงเวลา $\hat{Y}_{t+m}$ แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t+m$ โดยที่ m แทนจำนวนช่วงเวลาที่ต้องการพยากรณ์ไปข้างหน้า a_t และ b_t แทน ค่าประมาณ ณ เวลา t ของ พารามิเตอร์ β_0 และ β_1 ตามลำดับ โดยที่ $a_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(a_{t-1} + b_{t-1})$, $b_t = \gamma(a_t - a_{t-1}) + (1 - \gamma)b_{t-1}$, α และ γ แทน ค่าคงที่การทำให้เรียบ โดยที่ $0 < \alpha < 1$ และ $0 < \gamma < 1$, t แทน ช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง n โดยที่ n แทนจำนวนข้อมูลในอนุกรมเวลาชุดที่ 1

2.3 การสร้างตัวแบบพยากรณ์โดยวิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลที่มีแนวโน้มแบบแดม (Damped trend exponential smoothing method)

การทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลที่มีแนวโน้มแบบแดม มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาที่ไม่มีส่วนประกอบของความผันแปรตามฤดูกาล และมีอัตราการเพิ่มขึ้น (หรือลดลง) เปลี่ยนแปลงช้ากว่าการเพิ่มขึ้น(หรือลดลง) ของแนวโน้มที่เป็นเส้นตรง มีค่าคงที่การทำให้เรียบ 3 ตัว คือ ค่าคงที่การปรับเรียบของค่าระดับ (α) ค่าคงที่การปรับเรียบของค่าความชัน (γ) และค่าคงที่การปรับเรียบของค่าความชันแบบแดม (Damped Trend) (ϕ) ตัวแบบพยากรณ์เขียนได้ดังสมการที่ (4) (IBM Corporation, 2014)

$$\hat{Y}_{t+m} = a_t + b_t \sum_{i=1}^m \phi^i \quad (4)$$

เมื่อ $\hat{Y}_{t+m}$ แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t+m$ โดยที่ m แทน จำนวนช่วงเวลาที่ต้องการพยากรณ์ ไปข้างหน้า a_t และ b_t แทน ค่าประมาณ ณ เวลา t ของ พารามิเตอร์ β_0 และ β_1 ตามลำดับ โดยที่ $a_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(a_{t-1} + \phi b_{t-1})$, $b_t = \gamma(a_t - a_{t-1}) + (1 - \gamma)\phi b_{t-1}$, α , γ และ ϕ แทน

ค่าคงที่การทำให้เรียบโดยที่ $0 < \alpha < 1, 0 < \gamma < 1$ และ $0 < \phi < 1, t$ แทน ช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง n , n แทน จำนวนข้อมูลในอนุกรมเวลาชุดที่ 1

3. การเปรียบเทียบความเหมาะสมของการพยากรณ์

การวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาเปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลาจำนวนนักศึกษาแรกเข้า คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ โดยการเปรียบเทียบค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ($RMSE$) และค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย ($MAPE$) ที่ต่ำที่สุด จากวิธีการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี ตัวแบบพยากรณ์ที่มีค่า $RMSE$ และ $MAPE$ ต่ำที่สุด จัดเป็นตัวแบบที่มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้มากที่สุด เนื่องจากให้ค่าพยากรณ์ที่มีความแตกต่างกับข้อมูลจริงน้อยที่สุด เกณฑ์ $RMSE$ และ $MAPE$ ดังสมการที่ (5) (สมเกียรติ เกตุเอี่ยม, 2548) ดังนี้

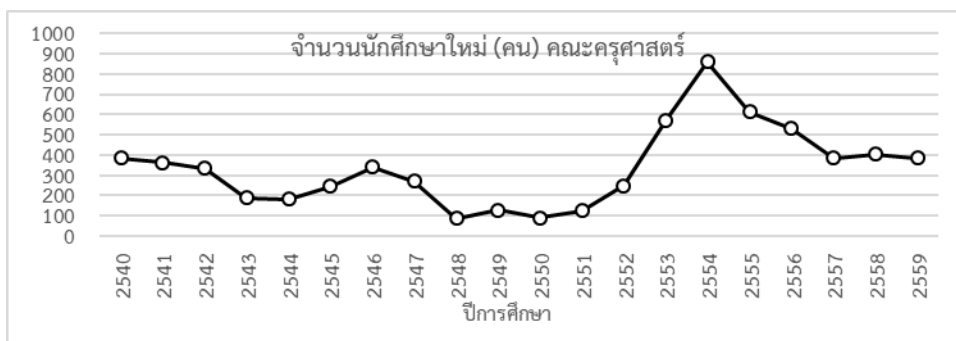
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |Y_t - \hat{Y}_t|} \text{ และ } MAPE = \frac{100}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right| \quad (5)$$

เมื่อ Y_t แทน ค่าของข้อมูลจริง ณ เวลา $t, \hat{Y}_t$ แทน ค่าพยากรณ์ ณ เวลา t, n แทน จำนวนข้อมูล

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการศึกษาลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา

จากการพิจารณาลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาจำนวนนักศึกษาแรกเข้า คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ตั้งแต่ปีการศึกษา 2540 ถึงปีการศึกษา 2559 โดยพิจารณาจากแผนภาพการกระจาย ดังภาพที่ 1 พบว่า อนุกรมเวลาไม่มีแนวโน้มและส่วนประกอบของฤดูกาล

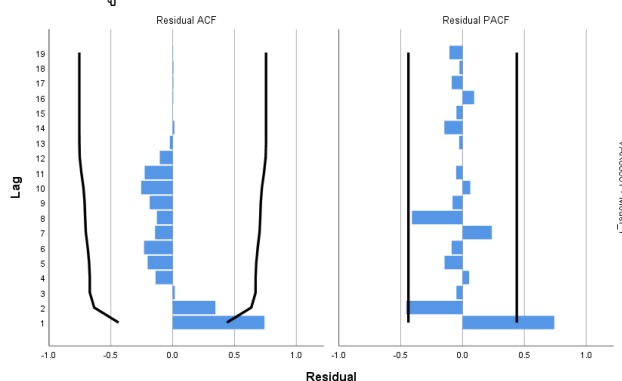


ภาพที่ 1 ลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาจำนวนนักศึกษาแรกเข้า คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ตั้งแต่ปีการศึกษา 2540 ถึงปีการศึกษา 2559

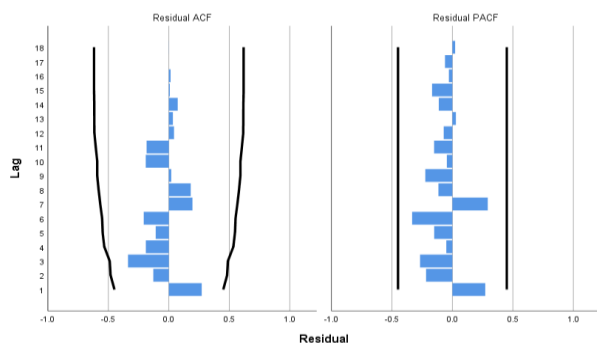
โดยการตรวจสอบแนวโน้มด้วยวิธีการทดสอบเครื่องหมาย กำหนดสมมติฐานหลักและรองดังนี้ H_0 : อนุกรมเวลาไม่มีแนวโน้ม กับ H_1 : อนุกรมเวลามีแนวโน้มขึ้นหรือลง เมื่อจำนวนเครื่องหมายของผลต่างที่เป็นบวก คือ $V = 10$ ค่าตัวทดสอบสถิติ คือ $Z = -0.63$ เมื่อ $\mu_V = 11.5, \sigma = 2.40$ ที่ระดับนัยสำคัญ .05 มีช่วงวิกฤติ $CR: |Z| \geq Z_{\alpha/2} = 1.96$ พบว่า $-Z_{\alpha/2} < Z < Z_{\alpha/2}$ จึงยอมรับ H_0 สรุปได้ว่า อนุกรมเวลาไม่มีส่วนประกอบของแนวโน้ม

ผลการพยากรณ์โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

พิจารณารูป ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาจำนวนนักศึกษาแรกเข้า คณะครุศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ดังภาพที่ 2 พบว่าอนุกรมเวลาไม่คงที่ เนื่องจากมีส่วนประกอบของแนวโน้ม ดังนั้นจึงแปลงข้อมูลด้วยการหาผลต่างอันดับที่ 1 ($d = 1$) ได้กราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาที่แปลงข้อมูลแล้วแสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 2 กราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลา



ภาพที่ 3 กราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลา เมื่อหาผลต่างอันดับที่ 1

จากภาพที่ 3 อนุกรมเวลา มีลักษณะคงที่ จึงสามารถกำหนดตัวแบบพยากรณ์ที่เป็นไปได้ พร้อมกับประมาณค่าพารามิเตอร์ โดยกำหนดรูปแบบเริ่มต้น คือ ตัวแบบ $ARIMA(1,1,1)$ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าประมาณพารามิเตอร์ ค่า BIC และค่าสถิติ Ljung-Box Q ของตัวแบบ $ARIMA(p,d,q)$

ค่าประมาณพารามิเตอร์		ตัวแบบ $ARIMA(p,d,q)$			
		$ARIMA(1,1,1)$	$ARIMA(1,1,0)$	$ARIMA(0,1,1)$	$ARIMA(0,1,0)$
ค่าคงที่	ค่าประมาณ	-2.64165	-0.79465	-1.0258642804	-0.0526315872
	p-value	0.94617	0.98560	0.98057	0.99875
AR(1)	ค่าประมาณ	-0.62207	0.25907		
	p-value	0.45417	0.28274		
MA(1)	ค่าประมาณ	-0.86219		-0.2935058852	
	p-value	0.28634		0.22849	
BIC		10.44101	10.23116	10.21451	10.09575
Ljung-Box Q (ณ lag 18)		11.61521	11.44745	10.99916	13.90717
p-value		0.77002	0.83238	0.85661	0.73512

จากตารางที่ 1 ตัวแบบพยากรณ์ $ARIMA(0,1,0)$ ที่มีค่า BIC ต่ำที่สุด BIC = 10.09575) และมีค่าสถิติ Ljung-Box Q ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 (Ljung-Box Q ณ lag 18 = 13.91, p-value = 0.74) ค่า RMSE = 144.08 และค่า MAPE = 38.47 เมื่อตรวจสอบคุณลักษณะของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 พบว่า ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (Kolmogorov-Smirnov Z = 0.125, p-value = 0.2) มีการเคลื่อนไหวเป็นอิสระกัน (Runs Test: Z=-0.935, p-value = 0.350) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ศูนย์ (t = -0.002, p-value = 0.999) และมีความแปรปรวนคงที่ทุกช่วงเวลา (Levene Statistic = 0.033, p-value = 0.859) ดังนั้นวิธีการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ $ARIMA(0,1,0)$ มีความเหมาะสม ซึ่งตัวแบบพยากรณ์แสดงดังสมการที่ (6)

$$\hat{Y}_t = -0.0526315872 + Y_{t-1} \quad (6)$$

เมื่อ $\hat{Y}_t$ แทนค่าพยากรณ์ ณ เวลา t และ Y_{t-1} แทน อนุกรมเวลา ณ เวลา $t-1$

ผลการพยากรณ์โดยวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลด้วยวิธีของโฮลต์

จากการสร้างตัวแบบโดยวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลด้วยวิธีของโฮลต์ พบว่า BIC มีค่าเท่ากับ 10.25 และมีค่าสถิติ Ljung-Box Q ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 (Ljung-Box Q ณ lag 18 = 14.25, p-value = 0.58) ค่า RMSE = 144.77 และค่า MAPE = 37.81 เมื่อตรวจสอบคุณลักษณะของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 พบว่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (Kolmogorov-Smirnov Z = 0.137, p-value = 0.2) มีการเคลื่อนไหวเป็นอิสระกัน (Runs Test: Z=-0.230, p-value = 0.818) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ (t = -0.395, p-value = 0.697) และมีความแปรปรวนคงที่ทุกช่วงเวลา (Levene Statistic = 0.163, p-value = 0.691) ดังนั้นวิธีการพยากรณ์ด้วยวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลด้วยวิธีของโฮลต์ มีความเหมาะสม ซึ่งตัวแบบพยากรณ์แสดงดังสมการที่ (7)

$$\hat{Y}_{t+m} = 383.999991126376 - 21.6020619095031(m) \quad (7)$$

เมื่อ $\hat{Y}_{t+m}$ คือค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t + m$ โดยที่ $m = 1$ แทนปีการศึกษา 2560

α และ γ มีค่าเท่ากับ 0.999994466953889 และ 0.000912562966121013 ตามลำดับ

ผลการพยากรณ์โดยวิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลที่มีแนวโน้มแบบแตร

จากการสร้างตัวแบบโดยวิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลที่มีแนวโน้มแบบแตร พบว่า BIC มีค่าเท่ากับ 10.37 และมีค่าสถิติ Ljung-Box Q ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 (Ljung-Box Q ณ lag 18 = 11.47, p-value = 0.72) ค่า RMSE = 142.71 และค่า MAPE = 38.65 เมื่อตรวจสอบคุณลักษณะของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 พบว่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (Kolmogorov-Smirnov Z = 0.125, p-value = 0.2) มีการเคลื่อนไหวเป็นอิสระกัน (Runs Test: Z=-0.230, p-value = 0.818) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ (t = -0.017, p-value = 0.987) และมีความแปรปรวนคงที่ทุกช่วงเวลา (Levene Statistic = 1.393, p-value = 0.253) ดังนั้นวิธีการพยากรณ์ด้วยวิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลที่มีแนวโน้มแบบแตร มีความเหมาะสม ซึ่งตัวแบบพยากรณ์แสดงดังสมการที่ (8)

$$\hat{Y}_{t+m} = 384.000137794253 - 19.9993836676216 \sum_{i=1}^m (0.299370863936018)^i \quad (8)$$

เมื่อ $\hat{Y}_{t+m}$ คือค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t + m$ โดยที่ $m = 1$ แทนปีการศึกษา 2560

α , γ และ ϕ มีค่าเท่ากับ 0.999994635707155, 0.999994465765096 และ 0.299370863936018

ตามลำดับ

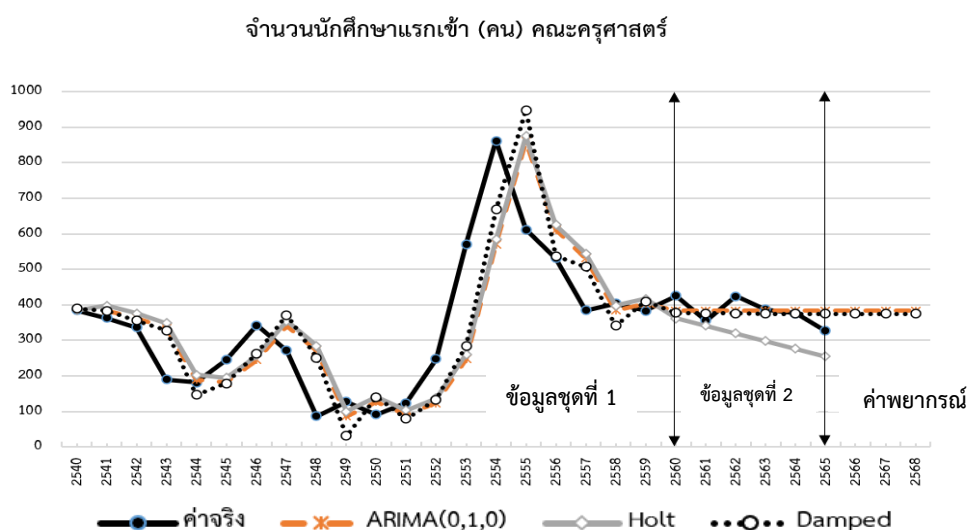
ผลการเปรียบเทียบหาวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุด

จากการใช้ตัวแบบพยากรณ์โดยวิธีบอกซ์-เจนกินส์ วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลด้วยวิธีของโฮลต์ และวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลที่มีแนวโน้มแบบแดม สำหรับการพยากรณ์ข้อมูลชุดที่ 2 คือ อนุกรมเวลาจำนวนนักศึกษาแรกเข้า คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ตั้งแต่ปีการศึกษา 2560 ถึง ปีการศึกษา 2565 จำนวน 6 ค่า *MAPE* และค่า *RMSE* แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าจริงและค่าพยากรณ์ จำนวนนักศึกษาแรกเข้า คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ (คน) ตั้งแต่ปีการศึกษา 2560 ถึง ปีการศึกษา 2565 ค่า *MAPE* และค่า *RMSE*

ปีการศึกษา	ค่าจริง	ค่าพยากรณ์โดยวิธี		
		<i>ARIMA(0, 1, 0)</i>	Holt	Damped Trend
2560	425	384	362	378
2561	356	384	341	376
2562	424	384	319	376
2563	387	384	298	376
2564	376	384	276	375
2565	327	384	254	375
MAPE		7.87	19.27	<u>7.67</u>
RMSE		<u>35.07</u>	80.00	35.19

จากตารางที่ 2 พบว่าภายใต้เกณฑ์ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (*MAPE*) วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลที่มีแนวโน้มแบบแดม (Damped Trend) เป็นวิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุดขณะที่ภายใต้เกณฑ์ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (*RMSE*) วิธีบอกซ์-เจนกินส์ เป็นวิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด



ภาพที่ 4 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา จำนวนนักศึกษาแรกเข้า คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ตั้งแต่ปีการศึกษา 2540 ถึง 2568

จากผลการวิจัย พบว่าจำนวนนักศึกษาแรกเข้า คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในปีการศึกษา 2566 ถึงปีการศึกษา 2568 ดังภาพที่ 4 จำนวนนักศึกษาแรกเข้ามีแนวโน้มคงที่ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า จากการประชุม ส.ค.ศ. โดย รศ.ดร.มนตรี แย้มกสิกร ประธานสมาคมบดีคณะครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์แห่งประเทศไทย เปิดเผยว่าที่ประชุมได้เสนอให้สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) ตั้งทีมจัดทำแผนพัฒนา คณะครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์ เพื่อยกระดับคุณภาพคณะครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์ ทั้งในด้านคณาจารย์สิ่งอำนวยความสะดวก สื่อห้องเรียน จำนวนนักศึกษาต่อห้องที่จำกัด ไม่เกินห้องละ 30 คน (เดลินิวส์, 2557) และเป็นไปตามประกาศคุรุสภา เรื่อง การรับรองปริญญาและประกาศนียบัตรทางการศึกษาเพื่อประกอบวิชาชีพ พ.ศ. 2557 ตอนที่ 2 มาตรฐานการผลิตข้อ 2.2 จำนวนนิสิต นักศึกษา รับนิสิต นักศึกษาตามแผนการรับที่กำหนดไว้ในหลักสูตร และแผนความต้องการกำลังคนในวิชาชีพในระยะยาวโดยมีอัตราส่วนคณาจารย์ต่อนิสิต นักศึกษา 1 : 30 และหนึ่งห้องเรียน มีนิสิต นักศึกษา ไม่เกิน 30 คน (ประกาศคุรุสภา เรื่อง การรับรองปริญญาและประกาศนียบัตรทางการศึกษาเพื่อประกอบวิชาชีพ พ.ศ. 2557,2557) จึงทำให้จำนวนนักศึกษาแรกเข้า คณะครุศาสตร์ ค่อนข้างคงที่ทุกปีการศึกษา

สรุป

การวิจัยครั้งนี้ได้นำเสนอวิธีการสร้างและเลือกตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลาจำนวนนักศึกษาแรกเข้าคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ โดยใช้ข้อมูลจากสำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ (สำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2540 - 2566). โดยผลการวิจัยพบว่าภายใต้เกณฑ์ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (*MAPE*) วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลที่มีแนวโน้มแบบดัม (Damped trend) เป็นวิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด โดยวิธีการพยากรณ์มีความผิดพลาดในการพยากรณ์ร้อยละ 7.67 ($MAPE=7.67$) ขณะที่ภายใต้เกณฑ์ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (*RMSE*) วิธีบอกซ์-เจนกินส์ เป็นวิธีการพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุดมีความผิดพลาดจากการพยากรณ์ 36 คน ($RMSE=35.07$) อย่างไรก็ตาม ค่าพยากรณ์ของทั้งสองวิธีมีความน่าเชื่อถือ เนื่องจากไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} = 0.962$) เมื่อใช้วิธีการพยากรณ์นี้พยากรณ์

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งนี้

จากการวิจัยในครั้งนี้ผลการพยากรณ์จำนวนนักศึกษาแรกเข้า คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ มีแนวโน้มคงที่ ตั้งแต่ปีการศึกษา 2562 ถึง 2568 เนื่องจากการกำหนดจำนวนนักศึกษาแรกเข้า และจำนวนหลักสูตรที่คงเดิม จึงเห็นว่าถ้าต้องการเพิ่มจำนวนนักศึกษา คณะครุศาสตร์ให้มากขึ้นควรพัฒนาหลักสูตรใหม่ ๆ และเป็นที่สนใจของตลาดแรงงาน

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

การวิจัยในครั้งต่อไป ควรเพิ่มวิธีการพยากรณ์เช่น วิธีการเคลื่อนที่เฉลี่ยอย่างง่ายวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย และปัจจัยอัตราการเกิดของประชากร เพื่อให้ครอบคลุม และความแม่นยำในการพยากรณ์และ ควรปรับปรุงตัวแบบพยากรณ์เมื่อมีการรับนักศึกษาแรกเข้าในปีการศึกษา ต่อไปเพื่อให้ได้ตัวแบบพยากรณ์ที่มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- คชินทร์ โกขุนทดภรณ์. (2563). ตัวแบบพยากรณ์จำนวนนักศึกษาใหม่ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์. *วารสารศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 12(1), 7- 12.
- คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2562). *ประวัติคณะ*. สืบค้นจาก http://edu.vru.ac.th/main/?page_id=40.
- เดลินิวส์. (2557). *ส.ค.ศ.ท.จีลดจำนวนผลิตบัณฑิตครู*. สืบค้นจาก <https://www.dailynews.co.th/education/213488>.
- ทรงศิริ แท้สมบัติ. (2549). *การพยากรณ์เชิงปริมาณ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ประกาศศุภสภา เรื่อง การรับรองปริญญาและประกาศนียบัตรทางการศึกษาเพื่อการประกอบวิชาชีพ พ.ศ. 2557 (2557, 14 มีนาคม). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่ม 131 (ตอนพิเศษ 46 ง), หน้า 16-19.
- มุกดา แม้นมิตร. (2549). *อนุกรมเวลาและการพยากรณ์*. กรุงเทพฯ : ประกายพรึก.
- สมเกียรติ เกตุเอี่ยม. (2548). *เทคนิคการพยากรณ์,พิมพ์ครั้งที่ 2*. สงขลา: มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- สำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2540 - 2566). *ข้อมูลพื้นฐาน/ข้อมูลนักศึกษา พ.ศ. 2540 ถึง พ.ศ. 2566*. สืบค้นจาก http://acad.vru.ac.th/about_acad/ac_StudentActive.php.
- สุภัทธีรา วรอาจ, ยุทธนา สันแสนดี, และศรัณยู พรหมศรี. (2560). *การพยากรณ์จำนวนผู้สมัครเข้าศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาวิชาการจัดการงานก่อสร้างโดยวิธีอาร์มา*. งานประชุมระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีรัตนโกสินทร์ ครั้งที่ 2, 20-21 มิถุนายน 2560 ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ นครปฐม: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์.
- Bowerman, BL. & O'Connell, R.T. (1993). *Forecasting and Time Series: An Applied Approach*. 3rd Ed. New Jersey: Prentice Hall.
- Box, G. E. P., Jenkins, G.M., & Reinsel, G. C. (1994). *Time series analysis: Forecasting and control(3rded)*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- IBM Corporation. (2018). *IBM SPSS Statistics Information Center*. Retrieved from <http://publib.boulder.ibm.com/infocenter/spsstat/v20r0m0/index.jsp?>

การผลิตขนมขบเคี้ยวเสริมผงแคลเซียมเสริมกระดูกปลาแซลมอนโดยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน

ภาพิมล ประจพจน์¹ ลลิตา ปานแก้ว^{2*} รังสิตา จันทร์หอม³

Received : January 12, 2023

Revised : October 12, 2023

Accepted : October 16, 2023

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผงกระดูกปลาแซลมอน และศึกษาองค์ประกอบทางเคมี คุณลักษณะทางเคมี-กายภาพ และทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวที่เสริมผงกระดูกปลาแซลมอน จากการศึกษาพบว่าผงกระดูกปลาแซลมอนที่ได้ 100 กรัม มีปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 1.58 พลังงานทั้งหมดเท่ากับ 371.08 กิโลแคลอรี ไขมันทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 28.64 โปรตีนเท่ากับร้อยละ 26.75 แคลเซียมเท่ากับ 16,684 มิลลิกรัม และโซเดียมเท่ากับ 241.99 มิลลิกรัม เมื่อนำไปเสริมลงในสูตรขนมขบเคี้ยวสูตรมาตรฐานที่ได้ร้อยละ 10, 20 และ 30 พบว่าสูตรที่เติมผงกระดูกปลาแซลมอนร้อยละ 10 มีคะแนนประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบจำนวน 50 คน สูงที่สุดในทุกด้านและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยประกอบไปด้วยแป้งข้าวโพดบดหยาบร้อยละ 57.69 แป้งข้าวเจ้าร้อยละ 34.61 น้ำตาลทรายร้อยละ 3.8 น้ำมันพืชร้อยละ 2.89 แคลเซียมคาร์บอเนตร้อยละ 0.96 และผงกระดูกปลาแซลมอนร้อยละ 10 ผลการศึกษาคุณลักษณะทางเคมี-กายภาพพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 6.67 ± 0.01 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) เท่ากับ 0.48 ค่าสี L^* เท่ากับ 82.51 ± 0.60 ค่า a^* 2.90 ± 0.61 และ b^* เท่ากับ 31.03 ± 1.48 คุณลักษณะเนื้อสัมผัสค่าความแข็ง เท่ากับ 1484 ± 20.51 กรัม และค่าความกรอบเท่ากับ 1395 ± 2.83 กรัม องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเสริมผงกระดูกปลาแซลมอนที่ได้ 100 กรัม ได้แก่ ปริมาณความชื้นร้อยละ 6.97 พลังงานทั้งหมด 383.23 กิโลแคลอรี โปรตีนร้อยละ 7.75 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 74.04 แคลเซียม 1,830 มิลลิกรัม และโซเดียม 25.60 มิลลิกรัม

คำสำคัญ: ขนมขบเคี้ยว ขยะอาหาร แคลเซียม ผงกระดูกปลาแซลมอน

¹ อาจารย์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ อีเมล: papimon.p@mail.mutk.ac.th

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
อีเมล: lalita.p@mail.mutk.ac.th

³ อาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ อีเมล: rangsita.c@nsru.ac.th

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: lalita.p@mail.mutk.ac.th

PRODUCTION CALCIUM-SUPPLEMENTED SNACK FROM SALMON FISHBONE POWDER THROUGH EXTRUSION PROCESS

Papimon Prachongpun¹ Lalita Pankaew^{2*} Rangsit Chunchom³

Abstract

The objective of this research was to analyze the chemical composition of salmon bone powder and investigate the chemical-physical characteristics and sensory attributes of a snack enriched with salmon bone powder. The results revealed that 100g of salmon bone powder had a moisture content of 1.58%, total energy of 371.08 kcal, total fat content of 28.64%, protein content of 26.75%, calcium content of 16,684 mg, and sodium content of 241.99 mg. When added to standard snack recipes at 10%, 20%, and 30%, it was observed that the formulation containing 10% salmon bone powder received the highest sensory evaluation scores from 50 participants in all aspects. This formulation was statistically different from the other formulations ($p \leq 0.05$) and comprised 57.69% corn grits, 34.61% rice flour, 3.85% sugar, 2.89% vegetable oil, 0.96% calcium carbonate, and 10% salmon bone powder. The results of the study on chemical and physical characteristics indicated that the pH value was 6.67 ± 0.01 , water activity was 0.48 ± 0.01 , L^* color value was 82.51 ± 0.60 , a^* value was 2.90 ± 0.61 , and b^* value was 31.03 ± 1.48 . Texture characteristics revealed a hardness value of 1484 ± 20.51 g force and a crispness value of 1395 ± 2.83 g force. Additionally, the chemical composition of 100 g of the salmon bone powder-supplemented snack product was as follows: moisture content of 6.97%, total energy of 383.23 kcal, protein content of 7.75%, carbohydrates content of 74.04%, calcium content of 1,830 mg, ash content of 5.01%, and sodium content of 25.60 mg.

Keywords: Snack, Food waste, Calcium, Salmon bone powder

¹ Lecturer, Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Krungthep,
e-mail: papimon.p@mail.rmutk.ac.th

² Assistant Professor, Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Krungthep,
e-mail: lalita.p@mail.rmutk.ac.th

³ Lecturer, Faculty of Science and Technology, Nakhon Sawan Rajabhat University,
e-mail: rangsit.c@nsru.ac.th

* Corresponding author, e-mail: lalita.p@mail.rmutk.ac.th

บทนำ

สถานการณ์อาหารโลกในภาพรวมยังมีประชากรในบางประเทศขาดแคลนอาหารประมาณ 800 ล้านคน หรือกระทั่งอดตายอยู่ในบางภูมิภาคของโลก แต่ก็ยังพบว่า ในทุก ๆ ปีในแต่ละประเทศมีอาหารที่ถูกทิ้ง (Food waste) หรืออาหารถูกปล่อยให้เน่าเสียไปอย่างเปล่าประโยชน์ประมาณ 1 ใน 3 ของอาหารที่ผลิตขึ้น ซึ่งในแต่ละปีมีอาหารในกลุ่มนี้มากถึง 1,300 ล้านตัน และปัญหาขยะอาหารเหล่านี้เริ่มส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในประเทศไทยซึ่งมีปริมาณขยะมูลฝอยเพิ่มขึ้นทุกปี มีรายงานว่ามีปริมาณขยะมูลฝอยกว่า 26.77 ล้านตัน ซึ่งในปริมาณนี้มีขยะอาหารมากถึง 64% เฉพาะในกรุงเทพฯ มีปริมาณขยะมูลฝอย 9,000 ตัน/วัน ในจำนวนนี้มีขยะอาหารมากถึง 50% อีกทั้งการกำจัดขยะด้วยวิธีฝังกลบที่ไม่ถูกต้องของประเทศที่มากขึ้น 2,024 แห่ง จากที่มีทั้งหมด 2,490 แห่ง จึงก่อปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมจากการปนเปื้อนมลพิษจากขยะสู่ดิน แหล่งน้ำ ทั้งบนดินและใต้ดินเป็นแหล่งเพาะพันธุ์สัตว์พาหะนำโรคและส่งผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนจากก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจากกองขยะมูลฝอย กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมมีโครงการผลักดันให้การจัดการขยะมูลฝอยเป็นวาระแห่งชาติ และปรับเปลี่ยนพฤติกรรมเรื่องขยะจากเดิมที่เน้นการกำจัดทิ้งมากที่สุด มาเป็นเน้นเรื่องการลดสร้างขยะตั้งแต่ต้นทาง (โพส্তুเคย, 2559)

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการแปรรูปปลาแชลมอนที่จำหน่ายในประเทศไทยก็เป็นอีกหนึ่งอุตสาหกรรมที่มีขยะจากอาหารเหลือทิ้งจากการแปรรูปปลาเป็นจำนวนมาก ซึ่งจะถูกนำเข้าสู่กระบวนการกำจัดขยะและเป็นการสร้างภาระค่าใช้จ่ายในการบวกรจัดการให้กับอุตสาหกรรมการแปรรูปเพิ่มขึ้น โดยปกติโรงงานอุตสาหกรรมจะนำปลาส่วนที่เหลือทิ้งจากการแปรรูปปลา ได้แก่ หัว ไล่ และกระดูกปลาแชลมอนนั้นนำไปแปรรูปเป็นอาหารสัตว์หรือทิ้งเป็นขยะอาหาร โดยเฉพาะกระดูกปลาแชลมอนซึ่งเป็นแหล่งของแคลเซียมที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย (พรรณทิพย์ สุวรรณสาครกุล และสิริรัตน์ จงฤทธิพร, 2555) จึงทำให้มีการศึกษาแคลเซียมและการใช้ประโยชน์จากกระดูกปลาแชลมอน ได้แก่ Marian et al. (2010) ศึกษาการดูดซึมแคลเซียมจากปลาแชลมอนและปลาค็อดในกลุ่มชายสุขภาพดี และ Toppe et al. (2007) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีปริมาณแร่ธาตุ และกรดอะมิโนและไขมันในกระดูกจากปลาชนิดต่าง ๆ สำหรับขนมขบเคี้ยวเป็นผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปประเภทขนมหรือของทานเล่นที่ได้รับความนิยมในการบริโภค ดังข้อมูลในปี 2564 ตลาดขนมขบเคี้ยวได้เติบโต 7.1% จากปี 2563 และมีมูลค่าตลาดรวม 45,338 ล้านบาท (ศูนย์วิจัยวิจัยเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร, 2564) ส่วนประกอบหลักจากแป้ง ธัญพืช หรือเนื้อสัตว์ มาทำการแปรรูป และปรุงรสผ่านกระบวนการทอดหรืออบให้มีความกรอบ สามารถเก็บรักษาไว้บริโภคได้นาน โดยมากมักมีรสเค็มและหวาน (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2555) แต่จากส่วนประกอบต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวนี้ส่งผลให้มีพลังงานสูง แต่คุณค่าทางโภชนาการอื่น ๆ ต่ำ (นิภาพร กุลธนา และคณะ, 2561) ปัจจุบันมีการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ เพื่อเพิ่มประโยชน์และคุณค่าทางโภชนาการ เช่น Alex et al. (2009)

ศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและคุณค่าทางโภชนาการของขนมขบเคี้ยวจากแป้งถั่ว (*Phaseolus vulgaris* L.) ด้วยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน Han et al. (2018) ศึกษาผลของใยอาหารชนิดต่าง ๆ ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวโพดอบกรอบ นอกจากนี้ Sangnark et al. (2015) ศึกษาปริมาณความชื้น อุณหภูมิ และความเร็วต่อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าวหอมนิล เป็นต้น

จากข้อมูลดังกล่าวหากนำกระดุกปลาแซลมอนซึ่งเป็นเศษเหลือจากการแปรรูปมาเป็นส่วนประกอบในการผลิตขนมขบเคี้ยวเพื่อเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวต่อสุขภาพมากขึ้นได้ และยังเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับอุตสาหกรรมอาหารกลุ่มผู้ผลิตปลาแซลมอน และลดเศษเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตปลาแซลมอน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผงกระดุกปลาแซลมอน
2. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี คุณลักษณะทางเคมี-กายภาพ และทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวที่เสริมผงกระดุกปลาแซลมอน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมผงกระดุกปลาแซลมอน

การเตรียมผงก้างปลาแซลมอนดัดแปลงจากพรหมทิพย์ สุวรรณสาครกุล และสิริรัตน์ จงฤทธิพร (2555) นำก้างปลา (ก้างกลาง) ชูดเนื้อ ไขมัน ต้มในน้ำเดือด 100 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที จากนั้นนำส่วนก้างปลาที่ได้ไปต้มภายใต้ความดัน 121 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง พักให้เย็นจากนั้นนำมาตัดเป็นท่อนขนาดท่อนละ 1 นิ้ว และนำไปอบแห้งที่ 70 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที นำก้างปลาที่ผ่านการอบมาปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นอาหารแห้งจนละเอียด ร่อนผ่านตะแกรง 100 เมช วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า ใยอาหาร แร่ธาตุ ได้แก่ โซเดียมและแคลเซียม (Association of Official Analytical Chemists, 2019) พลังงานจากสารอาหาร คาร์โบไฮเดรต (Sullivan & Carpenter, 1993)

2. การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวสูตรมาตรฐาน

รวบรวมสูตรขนมขบเคี้ยวจากกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน 3 สูตร (ตารางที่ 1) และทำผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวตามสูตรด้วยเครื่องอัดรีดชนิดสกรูคู่ (CT Twin-Screw Extruder) รุ่น ZE 25 (ยี่ห้อ Bernstorff, ประเทศสวิสเซอร์แลนด์) จากนั้นทำการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Points Hedonic Scale) โดยมีค่าคะแนนดังนี้ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = เฉย ๆ

6 = ชอบเล็กน้อย 7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก และ 9 = ชอบมากที่สุด ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมที่สุดนำมาใช้ในการพัฒนาขนมขบเคี้ยวเสริมแคลเซียมจากผงกระดูกปลาแซลมอน

ตารางที่ 1 ปริมาณวัตถุดิบของขนมขบเคี้ยวจากกระบวนการเอกซ์ทรูชันสูตรมาตรฐาน

วัตถุดิบ	ปริมาณ (%)		
	สูตร 1*	สูตร 2*	สูตร 3**
แป้งข้าวโพดบดหยาบ	59.90	46.10	57.69
แป้งข้าวเจ้า	20.00	46.10	34.61
น้ำตาลทราย	3.90	3.90	3.85
น้ำมันพืช	2.93	2.93	2.89
แคลเซียมคาร์บอเนต	0.87	0.97	0.96
แป้งมันฝรั่ง	12.43	0	0

หมายเหตุ *สูตร 1 และ 2 ดัดแปลงจากจากอรรถวรรณ คงพันธุ์, และคณะ (2552)

**สูตร 3 ดัดแปลงจากปฐมพงศ์ สมัครงการ (2557)

3. ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของผงกระดูกปลาแซลมอนในการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว โดยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน

การใช้ผงกระดูกปลาแซลมอนที่ร้อยละ 10 20 และ 30 ของปริมาณแป้งจากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสในข้อ 2 โดยนำส่วนผสมทั้งหมดผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องผสมอาหาร จากนั้นนำส่วนผสมทั้งหมดเทใส่เครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ นำเข้าตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที มีปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ 0.48 ซึ่งไม่เกินตามเกณฑ์ของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวทั่วไปที่ต้องมีปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่า 0.6 (Chittapalo & Songsanandr, 2014) เก็บใส่ภาชนะบรรจุคือถุงออลูมิเนียมฟอยล์ ซิปล็อกที่มีลักษณะทึบ และทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Points Hedonic Scale) ต่อไป

4. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี คุณลักษณะทางเคมี-กายภาพของขนมขบเคี้ยวเสริมแคลเซียมจากผงกระดูกปลาแซลมอน

4.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เกลือ อาหาร แร่ธาตุ ได้แก่ โซเดียมและแคลเซียม พลังงานจากสารอาหาร และคาร์โบไฮเดรต (Association of Official Analytical Chemists, 2019)

4.2 วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ทำการชั่งตัวอย่าง 5 กรัม เติมน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร กวนผสมด้วยแท่งแก้วคนสารเป็นเวลา 3 นาที ด้วยเครื่องวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง รุ่น SI Analytics Lab 845 (ยี่ห้อ a xylem, ประเทศเยอรมนี)

4.3 วิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (L^* , a^* , และ b^*) รุ่น Ultra Scan PRO (ยี่ห้อ Hunter Lab, ประเทศเยอรมนี)

4.4 วิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ด้วยเครื่องวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ รุ่น LabMaster-aw “Neo” (ยี่ห้อ Novasina, ประเทศสวิตเซอร์แลนด์)

4.5 วิเคราะห์เนื้อสัมผัสทำการวิเคราะห์คุณลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบ (Crispness) สภาวะการทดสอบมีดังนี้ หัวprobe P/0.25s Pre-test speed 1 mm/s Test speed 1 mm/s Post-test speed 10 mm/s Distance 3 mm และความแข็ง (Hardness) สภาวะการทดสอบมีดังนี้ หัว probe P/3PB Pre-test speed 1 mm/s Test speed 1 mm/s Post-test speed 10 mm/s Distance 3 mm การใช้หัววัดที่ลักษณะแตกต่างกันในแต่ละคุณลักษณะเพื่อเป็นการเลียนแบบการเคี้ยวของมนุษย์ต่อผลิตภัณฑ์อาหาร วิเคราะห์เนื้อสัมผัส

5. วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) สำหรับลักษณะการทดสอบทางเคมี-กายภาพ และวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (Randomized Completely Block Design, RCBD) สำหรับการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan New Multiple Range's Test (DMRT) และ Paired samples t-Test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผงกระดุกปลาแชลมอน

เมื่อนำผงกระดุกปลาแชลมอนมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น พลังงานทั้งหมด โปรตีน ไขมัน เถ้า ใยอาหาร แร่ธาตุ ได้แก่ โซเดียมและแคลเซียม พลังงานจากสารอาหาร และคาร์โบไฮเดรต พบว่า ผงกระดุกปลาแชลมอน 100 กรัม มีปริมาณความชื้น ไขมันทั้งหมด โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เถ้า ร้อยละ 1.58, 28.64, 26.75, 1.58 และ 41.45 ตามลำดับ นอกจากนั้นยังมีใยอาหารเท่ากับ 8.5 กรัม แคลเซียม และโซเดียมเท่ากับ 16,684 และ 241.99 มิลลิกรัม พลังงานทั้งหมดเท่ากับ 371.08 กิโลแคลอรี จากผลการวิจัยพบว่า ผงกระดุกปลาแชลมอนมีปริมาณโปรตีน ไขมัน และแคลเซียมที่สูงซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Liaset & Espe (2002) ที่ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของชิ้นส่วนต่าง ๆ ของปลาแชลมอน ซึ่งจากงานวิจัยพบว่ากระดุกปลาแชลมอนที่ 100 กรัม มีปริมาณแคลเซียมประมาณ 16,700 มิลลิกรัม อีกทั้งปริมาณโปรตีนและไขมันที่พบก็มีปริมาณใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Toppe et al. (2007) พบว่ากระดุกปลาแชลมอน มีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 29.2% และมีปริมาณไขมันเท่ากับ 38.28%

2. ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวสูตรมาตรฐาน

ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวสูตรมาตรฐานจากกระบวนการเอกซ์ทรูชันสูตรมาตรฐาน 3 สูตร ด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า สูตรที่ 3 มีคะแนนคุณลักษณะในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม แตกต่างกับสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยขนมขบเคี้ยวจากกระบวนการเอกซ์ทรูชัน สูตรมาตรฐานสูตรที่ 3 ได้รับคะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสสูงกว่าสูตรที่ 1 และ 2 ในทุกด้าน โดยเฉพาะคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านเนื้อสัมผัส ซึ่งสูตรที่ 3 มีความเนื้อสัมผัสที่มีลักษณะกรอบ ซึ่งเกิดจากการพองตัวของตัวของขนมของสูตรที่ 3 นั้นพองตัวมากกว่าสูตรอื่น โดยการพองตัวเกิดขึ้นจากองค์ประกอบที่เป็นแป้งเกิดเจลลิตินในเซชัน แป้งสุกและหลอมเหลวที่บริเวณหลังหนาแปลน เมื่อความดันในเครื่องเพิ่มสูงขึ้น และแป้งที่หลอมเหลวถูกดันผ่านหนาแปลนสู่ความดันบรรยากาศที่ต่ำกว่า ทำให้น้ำในอาหารเกิดการระเหยตัวอย่างรวดเร็วและดันเนื้ออาหารให้พองออกเกิดโครงสร้างเป็นรูพรุน ผลิตภัณฑ์จึงมีการพองตัวขึ้น (จุฬาลักษณ์ จารุณขุ และคณะ, 2554) ดังนั้นจึงนำขนมขบเคี้ยวจากกระบวนการเอกซ์ทรูชันสูตรมาตรฐานสูตรที่ 3 มาศึกษาคุณลักษณะทางเคมีและกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี เพื่อนำไปกำหนดปริมาณส่วนประกอบหลักสำหรับการผลิตขนมขบเคี้ยวเสริมแคลเซียมจากผงกระดุกปลาแชลมอนต่อไป

ตารางที่ 2 ผลคะแนนประเมินผลคะแนนประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวจากกระบวนการเอกซ์ทรูชันสูตรมาตรฐาน

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3
สี	7.10±1.28 ^b	7.04±1.26 ^b	7.52±1.29 ^a
กลิ่น	6.42±1.27 ^b	6.60±1.37 ^b	7.20±1.19 ^a
รสชาติ	6.32±1.46 ^b	6.46±1.52 ^b	7.62±1.27 ^a
เนื้อสัมผัส	6.40±1.47 ^c	6.80±1.41 ^b	8.14±0.99 ^a
ความชอบโดยรวม	6.54±1.35 ^b	6.82±1.11 ^b	7.92±0.96 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกันหมายถึงค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3. ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเสริมแคลเซียมจากผงกระดูกปลาแชลมอนของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว

เมื่อประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างขนมขบเคี้ยวเสริมแคลเซียมจากผงกระดูกปลาแชลมอน ร้อยละ 10 20 และ 30 ของปริมาณแป้ง พบว่า สูตรร้อยละ 10 มีคะแนนคุณลักษณะในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมแตกต่างกับสูตรร้อยละ 20 และร้อยละ 30 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 3 เนื่องจากเมื่อใส่ผงกระดูกปลาแชลมอนเพิ่มขึ้นส่งผลให้สีของขนมขบเคี้ยวลักษณะเข้มขึ้น การพองตัวของขนมลดลง เนื่องจากการเพิ่มกระดูกปลาแชลมอนทำให้ปริมาณไขมันในสูตรเพิ่มสูงขึ้น จึงไปลดความหนืดของโดทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีการพองตัวลดลง (สุภาจิต ชูกลิ่น, 2563) ขนมจึงมีลักษณะแข็งมากขึ้น ไม่พองเหมือนสูตรควบคุมและสูตรที่ใส่ผงกระดูกปลาแชลมอนร้อยละ 10 จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกระดูกปลาแชลมอนมีปริมาณไขมันสูงถึงร้อยละ 28.64 ทำให้ขนมขบเคี้ยวจากกระบวนการเอกซ์ทรูชันสูตรเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาแชลมอนร้อยละ 10 ที่มีคะแนนด้านเนื้อสัมผัสสูงที่สุดไม่แตกต่างกับสูตรมาตรฐาน จึงคัดเลือกสูตรเสริมแคลเซียมจากกระดูกปลาแชลมอนร้อยละ 10 มาศึกษาเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมี คุณลักษณะทางเคมีและกายภาพกับสูตรมาตรฐานต่อไป

ตารางที่ 3 ผลคะแนนประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวเสริมแคลเซียมจากผงกระดูกปลาแซลมอน ร้อยละ 10 20 และ 30 ของปริมาณแบ่ง

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	ปริมาณการเสริมผงกระดูกปลาแซลมอน (ร้อยละ)			
	control	10	20	30
สี	7.20±1.12 ^b	7.74±1.02 ^a	6.94±1.15 ^b	6.88±1.33 ^b
กลิ่น	6.84±1.20 ^b	7.32±1.49 ^a	6.44±1.28 ^b	6.12±1.18 ^c
รสชาติ	7.04±1.27 ^a	7.38±1.48 ^a	6.42±1.24 ^b	6.06±1.20 ^b
เนื้อสัมผัส	7.38±1.08 ^a	7.80±1.10 ^a	6.82±1.17 ^b	6.26±1.45 ^c
ความชอบโดยรวม	7.20±1.10 ^b	7.78±1.21 ^a	6.56±1.21 ^c	6.10±1.40 ^d

หมายเหตุ ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกันหมายถึงค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4. ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี คุณลักษณะทางเคมี-กายภาพขนมขบเคี้ยวจากกระบวนการเอกซ์ทรูชันสูตรมาตรฐานสูตรที่ 3 และขนมขบเคี้ยวเสริมแคลเซียมจากผงกระดูกปลาร้อยละ 10

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของขนมขบเคี้ยวจากกระบวนการเอกซ์ทรูชันสูตรมาตรฐานสูตรที่ 3 และขนมขบเคี้ยวเสริมแคลเซียมจากผงกระดูกปลาร้อยละ 10 พบว่า จากการเติมผงกระดูกปลาแซลมอนร้อยละ 10 ลงไปทำให้ปริมาณความชื้นลดลงจากร้อยละ 7.20 เป็นร้อยละ 6.97 พลังงานและปริมาณน้ำตาลทั้งหมดลดลงเล็กน้อย ในขณะที่ไขมัน โปรตีน โยอาหารเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนที่เพิ่มขึ้นในปริมาณสูง ได้แก่ ปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 1.38 เป็น ร้อยละ 5.01 ปริมาณแคลเซียมเพิ่มขึ้นจาก 416.11 มิลลิกรัม เป็น 1,830 มิลลิกรัม และปริมาณโซเดียมเพิ่มขึ้นจาก 4.67 มิลลิกรัมเป็น 25.60 มิลลิกรัม ดังแสดงในตารางที่ 4 เนื่องจากผงกระดูกปลาแซลมอนมีปริมาณเถ้า และแคลเซียมในปริมาณสูง (Liaset & Espe, 2002)

ตารางที่ 4 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของขนมขบเคี้ยวสูตรมาตรฐานและสูตรเสริมแคลเซียมจากผงกระดูกปลาแซลมอน ร้อยละ 10

องค์ประกอบทางเคมี	สูตรมาตรฐาน	สูตรเสริมแคลเซียมผงกระดูกปลาแซลมอน ร้อยละ 10
ความชื้น (%)	7.20 ^a	6.97 ^b
ไขมันทั้งหมด (%)	4.01 ^b	6.23 ^a
โปรตีน (%)	5.86 ^b	7.75 ^a
คาร์โบไฮเดรต (%)	81.55 ^a	74.04 ^b
ใยอาหาร (%)	0.93 ^b	1.63 ^a
เถ้า (%)	1.38 ^b	5.01 ^a
น้ำตาลทั้งหมด (กรัม) ^{ns}	4.62	4.17
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	416.11 ^b	1,830 ^a
โซเดียม (มิลลิกรัม)	4.67 ^b	25.60 ^a
พลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี)	385.73 ^a	383.23 ^b

หมายเหตุ ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกันหมายถึงค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

^{ns} หมายถึงค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05

จากผลการศึกษาคุณลักษณะทางเคมีและกายภาพของขนมขบเคี้ยวเสริมแคลเซียมจากผงกระดูกปลาแซลมอน ร้อยละ 10 พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ค่าสี และลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมขบเคี้ยวเสริมแคลเซียมจากผงกระดูกปลาแซลมอน ร้อยละ 10 ไม่แตกต่างกับสูตรมาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 5) โดยพบว่าค่า pH ของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นเล็กน้อยจาก 6.64 เป็น 6.67 ซึ่งก็ยังจัดเป็นอาหารประเภท Low acid food (ทิพาพร อยูวิทยา, 2536) โดยการทดลองค่า pH ของขนมขบเคี้ยวเสริมแคลเซียมจากผงกระดูกปลาแซลมอนร้อยละ 10 ที่จัดอยู่ในช่วงเป็นกลางจะมีรสชาติที่เป็นกลาง (Rahman, 1999) ในขณะที่ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) เพิ่มขึ้นเล็กน้อยจาก 0.43 เป็น 0.48 ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่า 0.60 ทำให้ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวสูตรมาตรฐานและสูตรเสริมแคลเซียมจากผงกระดูกปลาแซลมอน ร้อยละ 10 มีความปลอดภัยจากจุลินทรีย์ (นิธิยา รัตนพานนท์, 2551) ค่าสีของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ค่าความสว่าง (L^*) ขนมขบเคี้ยวจากกระบวนการเอกซทราชันสูตรมาตรฐานสูตรที่ 3 มีค่าเท่ากับ 82.12 เมื่อเติมผงกระดูกแคลเซียม ร้อยละ 10 มีค่า L^* เท่ากับ 82.51 ซึ่งมาแตกต่างกัน ส่วนค่าความเป็นสีแดง (a^*) เพิ่มขึ้นจาก 1.06 เป็นเท่ากับ 2.90

และมีค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เปลี่ยนจาก 26.88 เป็น 31.03 โดยการเติมผงกระดูกปลาแชลมอนทำให้ค่าความเป็นสีแดงและสีเหลืองเพิ่มขึ้นและเมื่อพิจารณาผลการศึกษาคูณลักษณะเนื้อสัมผัสของ 2 ผลิตภัณฑ์พบว่า ค่าความแข็ง (Hardness) ลดลง ในส่วนของค่าความกรอบเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น

ตารางที่ 5 ผลการศึกษาคูณลักษณะทางเคมีและกายภาพของขนมขบเคี้ยวสูตรมาตรฐานและสูตรเสริมแคลเซียมจากผงกระดูกปลาแชลมอน ร้อยละ 10

คุณลักษณะทางเคมีและกายภาพ	สูตรมาตรฐาน	สูตรเสริมแคลเซียมผงกระดูกปลาแชลมอน ร้อยละ 10
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ^{ns}	6.64±0.06	6.67±0.01
ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ^{ns}	0.43±0.01	0.48±0.01
ค่าสี		
L^* ^{ns}	82.12±0.99	82.51±0.60
a^* ^{ns}	1.06±0.44	2.90±0.61
b^* ^{ns}	26.88±1.56	31.03±1.48
ค่าลักษณะเนื้อสัมผัส (g force)		
Hardness ^{ns}	1,681±4.24	1,484±20.51
Crispness	1,359±22.00 ^b	1,395±2.83 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกันหมายถึงค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

^{ns} หมายถึงค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05

สรุป

จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเสริมแคลเซียมจากผงกระดูกปลาแชลมอน สามารถสรุปผลได้ดังนี้ ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า ผงกระดูกปลาแชลมอนที่ 100 กรัม มีปริมาณความชื้นเท่ากับ 1.58 เปอร์เซ็นต์ พลังงานทั้งหมดเท่ากับ 371.08 กิโลแคลอรี ไขมันทั้งหมดเท่ากับ 28.64 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนเท่ากับ 26.75 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 1.58 เปอร์เซ็นต์ โยอาหารเท่ากับ 8.5 กรัม แคลเซียมเท่ากับ 16,684 มิลลิกรัม เถ้าเท่ากับ 41.45 เปอร์เซ็นต์ และโซเดียมเท่ากับ 241.99 มิลลิกรัม

สูตรมาตรฐานของขนมขบเคี้ยวที่ได้จากการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภคจำนวน 50 คน พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยขนมขบเคี้ยวจากกระบวนการเอกซ์ทรูชันสูตรมาตรฐานสูตรที่ 3 ได้รับคะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสสูงกว่าสูตรที่ 1 และ 2 ซึ่งประกอบไปด้วยแป้งข้าวโพดบดหยาบ 57.69 % แป้งข้าวเจ้า 34.61 น้ำตาลทราย 3.85 น้ำมันพืช 2.89 และแคลเซียมคาร์บอเนต 0.96 โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 6.64 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (aw) เท่ากับ 0.43 ค่าสี ได้แก่ L^* , a^* และ b^* มีค่าเท่ากับ 82.12, 1.06 และ 26.88 ตามลำดับ ในขณะที่ค่าความแข็งเท่ากับ 1,681 g force และค่าความกรอบเท่ากับ 1,359 g force

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากงานวิจัยนี้คือขนมขบเคี้ยวเสริมแคลเซียมจากผงกระดูกปลาแซลมอนร้อยละ 10 โดยมีคะแนนประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสสูงสุดในทุกด้านและมีความแตกต่างกับสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และเมื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ดังนี้ ปริมาณความชื้นเท่ากับ 6.97 เปอร์เซ็นต์ พลังงานทั้งหมดเท่ากับ 383.23 กิโลแคลอรี พลังงานจากไขมัน 56.07 กิโลแคลอรี ไขมันทั้งหมดเท่ากับ 6.23 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนเท่ากับ 7.75 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 74.04 เปอร์เซ็นต์ โยอาหารเท่ากับ 1.63 กรัม น้ำตาลเท่ากับ 4.17 กรัม เกลือเท่ากับ 5.01 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียมเท่ากับ 1,830 มิลลิกรัม เกลือเท่ากับ 5.01 เปอร์เซ็นต์ และโซเดียมเท่ากับ 25.60 มิลลิกรัม

ข้อเสนอแนะ

ควรศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเสริมแคลเซียมจากผงกระดูกปลาแซลมอน และอาจทดลองปรับปรุงสูตรขนมขบเคี้ยวโดยการใช้วัตถุดิบชนิดอื่น เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการที่ดีขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องการผลิตขนมขบเคี้ยวเสริมผงแคลเซียมจากกระดูกปลาแซลมอนโดยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ปี พ.ศ. 2564

เอกสารอ้างอิง

จุฬาลักษณ์ จารุณข, นิพัทธ์ ลิ้มสงวน, วราภรณ์ ประเสริฐ, และพิสุทธิ บุตรสุวรรณ. (2554). **อิทธิพลของ**

สภาวะการผลิตแบบเอกซ์ทรูชันต่อปริมาณสารพิษเพื่อสุขภาพและคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวชนิดกรอบที่มีข้าวหักและถั่วลิสงเป็นองค์ประกอบหลัก. (รายงานผลการวิจัย).

กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทิพาพร อยู่วิทยา. (2536). สารานุกรมเกี่ยวกับอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดต่ำ. *อาหาร*, 23(1), 47-53.

นิธิยา รัตนานนท์. (2551). *เคมีอาหาร*. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

นิภาพร กุลณา, ปาริสุทธิ์ เณลิมชัยวัฒน์, นื่องนุช ศิริวงศ์, และวศะพร จันทร์พุด. (2561). คุณค่าทางโภชนาการ สมบัติทางกายภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวที่ได้รับผลจากอัตราส่วนของแป้งข้าวสาลีกับแป้งข้าวฟ่างดำที่แตกต่างกัน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 28(3), 419-428.

ปฐมพงศ์ สมักรการ. (2557). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากน้ำมันข้าวผงด้วยเทคโนโลยีเอกซทราซัน* (รายงานผลการวิจัย). นนทบุรี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

พรรณทิพย์ สุวรรณสาครกุล, และศิริรัตน์ จงฤทธิพร. (2555). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์เพิ่มมูลค่าจากเศษเหลือการแปรรูปปลาโມง* (รายงานผลการวิจัย). กรุงเทพฯ: กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

โพสท์ทูเดย์. (2559). *มลพิษจากอาหารเหลือ*. สืบค้นจาก <https://www.posttoday.com/life/healthy/464509>.

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. (2555). *บทวิเคราะห์เศรษฐกิจอุตสาหกรรมอาหาร: ขนมขบเคี้ยว*. สืบค้นจาก <https://www.kasikornresearch.com/th/analysis/k-econ/Pages/30534.aspx>.

ศูนย์วิจัยเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร. (2564). *ส่วนแบ่งตลาดอาหารในประเทศไทย ส่วนแบ่งขนมขบเคี้ยวในปี 2564*. สืบค้นจาก <https://fic.nfi.or.th/market-intelligence-detail.php?smid=362>.

สุภาจิต ชุกกลิ่น. (2563). *การพัฒนาขนมขบเคี้ยวจากข้าวไร้พื้นเมืองนครเสริมโปรตีนผงจิ้งหรีดด้วยเครื่องเอกซทราเตอร์สกรูคู่ผู้ผลิตภัทรทางการค้า* (รายงานผลการวิจัย). สงขลา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

อรรพรรณ คงพันธุ์, วัชรี้ คงรัตน์, และรัศมีพร จิระเดชประไพ. (2556). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจากกุ้งขาวแวนนาไมด้วยเครื่องเอกซทราเตอร์สกรูคู่* (รายงานผลการวิจัย). กรุงเทพฯ: กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

Alex, A., Anton, Gary, R., Fulcher & Susan, D., Arntfield. (2009). Physical and nutritional impact of fortification of corn starch-based extruded snacks with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flour: Effects of bean addition and extrusion cooking. *Food Chemistry* 113(4), 989-996.

- Association of Official Analytical Chemists. (2019). **Official Methods of Analysis of the Association of the Official Analysis Chemists**. (21sted.). Maryland: AOAC International.
- Chittapalo, T., & Songsanandr, P. (2014). Product development of black glutinous rice cracker with Panang flavor and its quality changes. **International Food Research Journal**, 21(5), 2025-2029.
- Han, Y.J., Tra Tran, T.T., & Man Le, V.V. (2018). Corn snack with high fiber content: Effects of different fiber types on the product quality. **LWT**, 96, 1-6.
- Liaset, B., Julshamn, K., & Espe, M. (2002). Chemical composition and theoretical nutritional evaluation of the produced fractions from enzymic hydrolysis of salmon frames with Protamex. **Process Biochemistry**, 38, 1747-1759.
- Marian, K., Malde, Susanne Bügel, Mette Kristensen, Ketil Malde, Ingvild, E. Graff & Jan I. Pedersen. (2010). Calcium from salmon and cod bone is wellabsorbed in young healthy men: a double-blinded randomised crossover design. **Nutrition & Metabolism**, 7, 61.
- Rahman, M.S. (1999). **Handbook of Food Preservation**. New York: CRC Press.
- Sangnark, A., Limroongreungrat, K., Yuenyongputtakal, W., Ruengdech, A. & Siripatrawan, U. (2015). Effect of Hom Nil rice flour moisture content, barrel temperature and screw speed of a single screw extruder on snack properties. **International Food Research Journal**, 22(5), 2155-2161.
- Sullivan, D.M. & Carpenter, D. E. (1993). **Methods of Analysis for Nutrition Labeling** (1st ed.). Oregon: AOAC International.
- Toppe, J., Sissel, A., Britt, H. & Aksnes, A. (2007). Chemical composition, mineral content and amino acid and lipid profiles in bones from various fish species. **Comparative Biochemistry and Physiology**, 146(3), 395–401.

การศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพ-เคมีของผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวโดยใช้เห็ดนางฟ้าทดแทนเนื้อปลา เพื่อเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระ

นิตยา ภูงาม¹ สุภารัตน์ สุการี² ศุภลักษณ์ เกตุตากแดด³ วีรเวทย์ อุทโธ⁴
เจนจิรา พากวาลัย⁵ ณัฏฐาณิลล ศรชรรูปราโมทย์⁶*

Received : January 12, 2023

Revised : October 20, 2023

Accepted : October 24, 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการทดแทนเห็ดนางฟ้าในผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากเนื้อปลาในอัตราส่วนร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 ตามลำดับ จากนั้นทำการคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมด้วยวิธีการวัดคุณภาพ ได้แก่ ทดสอบทางประสาทสัมผัสในคุณลักษณะด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ค่าสี (ค่าความสว่าง (L^*), ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*)) ค่าความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่า Acid value ของผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวทั้ง 4 สูตร พบว่า สูตรที่ได้คะแนนในการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด คือ ผงโรยข้าวสูตรทดแทนเห็ดนางฟ้า ร้อยละ 30 โดยได้คะแนนความชอบด้านสี กลิ่น และความชอบโดยรวม เท่ากับ 7.53 ± 0.15 , 8.21 ± 0.20 และ 7.83 ± 0.11 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์คุณภาพค่าสี พบว่า ค่า L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 28.68 ± 1.01 , 2.63 ± 1.09 และ 3.25 ± 1.05 มีค่าสูงกว่าสูตรทดแทนอื่น ๆ จากผลการวิเคราะห์คุณภาพพิจารณาจากการยอมรับของผู้บริโภค และค่าสีของผลิตภัณฑ์ได้คัดเลือกสูตรทดแทนเห็ดนางฟ้า ร้อยละ 30 มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อใย คาร์โบไฮเดรต สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (ร้อยละ ABTS) พบว่า ปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อใย เท่ากับ ร้อยละ 8.47 ± 0.23 , 2.88 ± 0.18 , 3.43 ± 0.21 และ 5.43 ± 0.21 ตามลำดับ และการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เท่ากับ 2079 ± 0.15 มิลลิกรัม และร้อยละ 60.11 ± 0.11 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ผงโรยข้าว สารต้านอนุมูลอิสระ เห็ดนางฟ้า

¹ อาจารย์ประจำสาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ อีเมล: nittaya.ph@rmuti.ac.th

² นักศึกษา สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ อีเมล: sudarat.sk@rmuti.ac.th

³ อาจารย์ประจำสาขาประมง คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ อีเมล: supalug.ka@rmuti.ac.th

⁴ อาจารย์ประจำสาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อีเมล: weerawate@gmail.com

⁵ อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และการจัดการเทคโนโลยีอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อีเมล: janejira_p@rmutt.ac.th

⁶ อาจารย์ประจำสาขาวิชาธุรกิจอาหารและโภชนาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก อีเมล: koonjip@gmail.com

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: koonjip@gmail.com

STUDY OF PHYSICAL-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF RICE SEASONING PRODUCTS MADE FROM FAIRY MUSHROOMS FOR ENHANCED ANTIOXIDANT CONTENT

Nittaya Phungam¹ Sudarat Sukari² Supalug Kattakdad³ Weerawate Utto⁴
Janejira Phakawan⁵ Natwalinkhol Settapramote^{6*}

Abstract

The research aimed to investigate the substitution of fairy mushroom powder in rice seasoning products made from fish fillets, using ratios of 0% , 10% , 20% , and 30% . The selection of the appropriate formula was based on physical- chemical quality measurements, including sensory evaluation in terms of color, odor, taste, texture, and overall liking. Other parameters assessed were color values (lightness (L*), redness (a*), and yellowness (b*)), moisture content, free water content, peroxide value, and acid value. The results revealed that the formula with the highest sensory acceptance score contained 30% fairy mushroom powder. It received the highest scores in color (7.53 ± 0.15), odor (8.21 ± 0.20), and overall liking (7.83 ± 0.11). The color attributes in terms of L* , a* , and b* were 28.68 ± 1.01 , 2.63 ± 1.09 , and 3.25 ± 1.05 , respectively, which were superior to the other formulas. The chemical composition analysis, including protein, fat, ash, and fiber, yielded values of 8.47 ± 0.23 , 2.88 ± 0.18 , 3.43 ± 0.21 , and 5.43 ± 0.21 , respectively. Furthermore, the study also analyzed the total phenolic content and antioxidant property (% ABTS), which were measured at 2079 ± 0.15 mg and $60.11 \pm 0.11\%$, respectively.

Keywords: Rice seasoning product, Antioxidant, Fairy mushroom

¹ Lecturer of Agro-Industry, Faculty of Agriculture and Technology, Rajamangala University of Technology Isan, Surin Campus, e-mail: nittaya.ph@rmuti.ac.th

² Student, Agro-Industry, Faculty of Agriculture and Technology, Rajamangala University of Technology Isan, Surin Campus, e-mail: sudarat.sk@rmuti.ac.th

³ Lecturer of Fisheries, Faculty of Agriculture and Technology, Rajamangala University of Technology Isan, Surin Campus, e-mail: supalug.ka@rmuti.ac.th

⁴ Lecturer of Agro-Industry, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, e-mail: weerawate@gmail.com

⁵ Lecturer of Food Science and Technology Management, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, e-mail: janejira_p@rmutt.ac.th

⁶ Lecturer of Food Business and Nutrition, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Tak, e-mail: koonjip@gmail.com

* Corresponding author, e-mail: koonjip@gmail.com

บทนำ

ผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าว หรือที่ชาวญี่ปุ่นเรียกกันว่า ฟุริคาเกะ (Furikake) เป็นอาหารที่ชาวญี่ปุ่นนิยม นำมารับประทานกับข้าวสวยร้อน ๆ เพื่อเพิ่มสีสัน และรสชาติให้กับมื้ออาหาร โดยฟุริคาเกะมีส่วนประกอบด้วย ส่วนผสมของปลาแห้ง เมล็ดงา สาหร่ายสับ น้ำตาล เกลือ และโมโนโซเดียมกลูตาเมต ส่วนผสมที่ใช้เพิ่มรสชาติอื่น ๆ เช่น คัทสึโอะบูชิ (ปลาแห้งที่ใช้ในการทำซูชิ) ปลาแซลมอนแห้ง ชิโอะ โช มิโอะ ผงผักและอื่น ๆ (นพรัตน์ มะเห และคณะ, 2561) และปรุงรสด้วยเครื่องปรุงรสเพื่อให้มีรสชาติที่กลมกล่อมมากยิ่งขึ้น ฟุริคาเกะ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางอาหารสูงที่ได้รับประโยชน์จากเนื้อปลา สาหร่าย และส่วนประกอบที่เติมลงไป ในผลิตภัณฑ์ ซึ่งลักษณะของฟุริคาเกะสีของผงโรยข้าวต้องมีสีที่ติดตามธรรมชาติของส่วนผสมต่าง ๆ มีกลิ่นหอม รสชาติดี ปราศจากสารอื่นที่ไม่พึงประสงค์ (สุริวรรณ ราชสม และคณะ, 2563) ปัจจุบันผู้ผลิตชาวญี่ปุ่น หลายรายนำเทคโนโลยีการทำแห้งแบบเยือกแข็งมาใช้ในการผลิตฟุริคาเกะ ซึ่งเทคโนโลยีนี้จะช่วยรักษาคุณภาพ ของฟุริคาเกะ และยังคงรสชาติที่อร่อย สำหรับเทคนิคการทำฟุริคาเกะอย่างง่าย สามารถทำได้โดยการเตรียม ส่วนผสมที่คัดสรรมาอย่างดีและเครื่องปรุงรสมาบดผสมรวมกันในเวลา เดียวกัน ซึ่งเรียกว่าฟุริคาเกสด (Fresh furikake) วิธีการผลิตแบบนี้เหมาะกับการผลิตจากส่วนผสม ที่มาจากทะเล เช่น ปลาซาร์ดีนแห้ง สาหร่ายวาคา เมะ สาหร่ายคอมบุ และปลาสับปรุงรส นอกจากนั้นการผลิตฟุริคาเกะมีการเติมส่วนผสมต่าง ๆ เพื่อแก้ปัญหา ด้านโภชนาการของคน เช่น เติม ปลาตัวเล็กบด เพื่อเสริมแคลเซียม หรือสารอาหารที่จำเป็นอื่น ๆ (Daisho (Thailand), 2023) ปัจจุบันคนไทยหันมาดูแลสุขภาพ และบริโภคอาหารจากพืชมากขึ้นโดยเฉพาะเห็ด ซึ่งเห็ด นางฟ้าเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ ๆ ได้แก่ โปรตีน ธาตุเหล็ก แคลเซียม ฟอสฟอรัส วิตามินต่าง ๆ เช่น วิตามิน B1 (Thiamin) วิตามิน B2 (Riboflavin) และวิตามิน B3 (Niacin) เห็ดยังมีสรรพคุณทางยา เช่น ป้องกันมะเร็งและเสริมสร้างการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน (Ferreira et al., 2010; Yuenyongbuddhakan & Limrungruangrat, 2015) รวมทั้งยังเป็นแหล่งของสาร Secondary metabolites หลายชนิดที่มีสมบัติ ในการเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ (DPPH Scavenging Activity) เช่น สารประกอบฟีนอลิก สาร Ergothioneine และแซคคาไรด์ เป็นต้น (กมลทิพย์ กรรไพบระ และคณะ, 2565) ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระ เป็นสารสำคัญต่อร่างกายมนุษย์ที่ช่วยชะลอการเกิดโรคต่าง ๆ เนื่องจากอนุมูลอิสระเกิดจากกระบวนการเมตา บอลิซึมในร่างกายมนุษย์ และเกิดจากสิ่งแวดล้อมที่เป็นพิษ เช่น คิววินเสียจากเขม่า เครื่องยนต์ คิววินบุหรี่ สารเคมี ต่าง ๆ รังสี UV และจากการรับประทานอาหารปิ้งย่างที่ไหม้เกรียม ส่งผลให้เกิดการสะสมของอนุมูลอิสระใน สิ่งมีชีวิตเพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดภาวะที่เรียกว่า Oxidative stress ที่ส่งผลกระทบต่อเซลล์ เช่น เซลล์ถูกทำลาย เกิดการเสื่อมของเซลล์ ซึ่งเป็นสาเหตุของการแก่ (Aging) และทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของดีเอ็นเอ ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และเยื่อหุ้มเซลล์ รุนแรงไปถึงการเกิดเป็นโรค เช่น โรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด โรคหลอดเลือดหัวใจ โรคมะเร็ง โรคเบาหวาน เป็นต้น มนุษย์สามารถป้องกันการทำลายจากอนุมูลอิสระเหล่านี้ ได้ (กุลยา ลิมรุ่งเรืองรัตน์ และวิษณณิ ยินยงพุทธกาล, 2559) โดยในร่างกายจะมีการสร้างเอนไซม์ในการกำจัด อนุมูลอิสระ เช่น Superoxide dismutase (SOD) และ Glutathione peroxidase (GPX) แต่การกำจัดอนุมูล อิสระด้วยเอนไซม์มักมีขีดจำกัด เช่น บางคนมีพันธุกรรมที่สามารถสร้างเอนไซม์ได้น้อย และเพิ่มความสามารถใน

การกำจัดอนุมูลอิสระได้โดยรับประทานอาหาร ผัก ผลไม้ที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น วิตามินซี วิตามินอี เบต้า-แคโรทีน และแอนโทไซยานินแต่ยังไม่เพียงพอ (จักรพงษ์ ไพบุลย์, 2542)

สารต้านอนุมูลอิสระ คือ โมเลกุลของสารที่สามารถจับตัวรับและสามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของโมเลกุลอื่น ๆ ได้ ปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนจากสารหนึ่งไปยังตัวออกซิไดซ์ (โอภา วัชรคุปต์, 2550) ปฏิกิริยาดังกล่าวสามารถให้ผลิตภัณฑ์เป็นอนุมูลอิสระ (Free radical) ซึ่งอนุมูลอิสระเหล่านี้จะเกิดปฏิกิริยาถูกโซ่และทำลายเซลล์ของร่างกาย สารต้านอนุมูลอิสระจะเข้ายุติปฏิกิริยาถูกโซ่เหล่านี้ด้วยการเข้าจับอนุมูลอิสระและยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยถูกออกซิไดซ์ ดังนั้น สารต้านอนุมูลอิสระจึงถือเป็นตัววิเศษ สารต้านอนุมูลอิสระเป็นกลุ่มของสารอาหารที่มีมากมายหลายชนิด (พรทิพย์ วิรัชวงศ์, 2547) โดยในเห็ดนางฟ้าจะพบสารต้านอนุมูลอิสระ คือ 2-thiol-L-histidine-betaine (Ergothioneine) ที่มีส่วนช่วยในการต้านอนุมูลอิสระได้ ทำหน้าที่ในการช่วยป้องกันการหืนของไขมันในผลิตภัณฑ์อาหารได้ด้วย (อรัญญ์ จินตสถาพร และคณะ, 2561) ในกระบวนการทำผงบรวยข้าวมีการนำเห็ดนางฟ้ามาผ่านกระบวนการทอดก่อนการนำไปอบแห้งไร้น้ำมัน ซึ่งการทอดอาจส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) ที่เกิดจากน้ำมันที่หลงเหลือจากการทำให้เกิดกลิ่นรสที่ผิดปกติ สูญเสียคุณค่าทางอาหาร และส่งผลต่อสุขภาพผู้บริโภค (สมหวัง เล็กจิริง และคณะ, 2563) ซึ่งจากรายงานสารต้านอนุมูลอิสระสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน และน้ำมันได้ สอดคล้องกับรายงานของ อรัญญ์ จินตสถาพร และคณะ (2561) นำสารสกัดเห็ดนางฟ้าที่มีความเข้มข้น ร้อยละ 0 25 50 75 และ 100 ในการเก็บรักษาเนื้อไก่แสดงให้เห็นว่าสารสกัดเห็ดนางฟ้ามีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระป้องกันการเกิดเหม็นหืนของเนื้อไก่ เช่นเดียวกับ Bao et al. (2008) กล่าวว่า สารต้านอนุมูลอิสระในเห็ด คือ 2-thiol-L-histidine-betaine (Ergothioneine) ซึ่งช่วยป้องกันการหืนของไขมันและป้องกันการเปลี่ยนสีและคงสภาพของเนื้อวัวและเนื้อปลาที่เก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำได้ ทั้งนี้ในการนำเห็ดนางฟ้ามาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงบรวยข้าวเพื่อช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับเห็ดนางฟ้าอีกด้วย จึงทำให้ผู้วิจัยสนใจนำเห็ดนางฟ้ามาศึกษาเพื่อพัฒนากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ผงบรวยข้าวเห็ดนางฟ้าเพื่อเป็นทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภค

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาผงบรวยข้าวที่ใช้เห็ดนางฟ้าทดแทนเนื้อปลา
2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพเคมี ของผลิตภัณฑ์ผงบรวยข้าวที่ใช้เห็ดนางฟ้าทดแทนเนื้อปลา

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วิธีการผลิตผงบรวยข้าว

วิธีในการผลิตผงบรวยข้าว ดัดแปลงจากสูตรของ รจนา นุชนุ่ม (2551) โดยนำส่วนผสม เนื้อปลาสลิดอบแห้ง งาขาว งาดำ ซีอิ๊วขาว น้ำตาลทราย เกลือ และสาหร่ายปรุงรส นำไปผสมกัน คลุกเคล้าให้เข้ากัน เกลี่ยใส่ถาดอบ ให้นาหนาประมาณ 1 เซนติเมตร อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ผสมสาหร่าย บรรจุในซองบรรจุภัณฑ์

2. ขั้นตอนการเตรียมเห็ดนางฟ้า

กรรมวิธีในเตรียมเห็ดนางฟ้าสำหรับทำผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าว ดัดแปลงตามวิธีการของ จินตามณี แสงกาญจนวนิช (2549) โดยการฉีกเห็ดเป็นเส้นเล็ก ๆ นำไปล้าง พักให้สะเด็ดน้ำ นำไปทอดในน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ด้วยหม้อทอดไฟฟ้า (ยี่ห้อ Otto) ก่อนเข้าอบในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 50 นาที จนมีความชื้นสุดท้าย 14 เปอร์เซ็นต์ นำออกมาพักให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปบดละเอียดด้วยเครื่องบดอาหารแห้ง (ยี่ห้อ Alexd) เป็นเวลา 15 นาที นำไปทำวิเคราะห์ความชื้น และค่าปริมาณน้ำอิสระ (4.1.2 และ 4.1.3 ตามลำดับ) จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ผงโรย

3. ขั้นตอนการเตรียมพลาสติก

นำพลาสติกที่ผ่านกระบวนการแล้ล่างทำความสะอาดก่อนนำไปลวกในน้ำร้อนอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นำมาแกะและปั่นด้วยเครื่องปั่น (ยี่ห้อ Otto) ใช้กระดาษทิชชูสำหรับซับอาหารซับน้ำออก และนำไปทอดในน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ด้วยหม้อทอดไฟฟ้า (ยี่ห้อ Otto) ก่อนเข้าอบในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 50 นาที จนมีความชื้นสุดท้าย 14 เปอร์เซ็นต์ (ดัดแปลงตามวิธีการของ จินตามณี แสงกาญจนวนิช, 2549) นำไปทำวิเคราะห์ความชื้น และค่าปริมาณน้ำอิสระ (4.1.2 และ 4.1.3 ตามลำดับ) จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ผงโรย

4. ศึกษาอัตราส่วนของเห็ดนางฟ้าที่ทดแทนเนื้อปลา

ในการผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวที่มีส่วนผสมของเนื้อพลาสติก ร้อยละ 58.35 (ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์) งาขาว และงาดำ ร้อยละ 9.73 ซีอิ๊วขาว ร้อยละ 7.78 น้ำตาลทรายแดง ร้อยละ 3.77 เกลือ ร้อยละ 1.89 และสาหร่ายอบแห้งปรุงรส ร้อยละ 0.97 (รจนา นุชนุ่ม, 2551) และอัตราส่วนทดแทนเห็ดนางฟ้าดังแสดงใน ตารางที่ 1 โดยมีวิธีการเตรียมผงโรยข้าว ตามวิธีการในข้อ 1 เมื่อได้ผลิตภัณฑ์นำไปวิเคราะห์คุณภาพ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 อัตราส่วนของการทดแทนเห็ดนางฟ้าในผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าว

สูตรที่	อัตราส่วนเห็ดนางฟ้า (ร้อยละ ของน้ำหนักปลา)
1	0
2	10
3	20
4	30

4.1 การวิเคราะห์คุณลักษณะทางด้านกายภาพ

1) วิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส

นำตัวอย่างผงโรยข้าวมาทำการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point Hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน 30 คน ประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสทางด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และความชอบโดยรวม มีเกณฑ์การให้คะแนน คือ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด, 2 = ไม่ชอบมาก, 3 = ไม่ชอบปานกลาง, 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย, 5 = เฉย, 6 = ชอบเล็กน้อย, 7 = ชอบปานกลาง, 8 = ชอบมาก และ 9 = ชอบมากที่สุด

2) วิเคราะห์ค่าความชื้น

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวทั้ง 4 สูตรมาทดสอบหาค่าความชื้นด้วยเครื่องวัดความชื้น (รุ่น MB120; ยี่ห้อ OHAUS; ประเทศ สหรัฐอเมริกา) เตรียมตัวอย่างบดให้ละเอียดชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 3 กรัม ใส่ภาชนะใส่ตัวอย่างแล้วนำไปใส่เครื่องอินฟาเรดเพื่อวัดค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวทำการวัด 6 ชั่วโมงเพื่อหาค่าเฉลี่ย

3) วิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวทั้ง 4 สูตรมาทดสอบหาค่าปริมาณน้ำอิสระด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (รุ่น 4TE; ยี่ห้อ AquaLab; ประเทศ สหรัฐอเมริกา) เตรียมตัวอย่างบดให้ละเอียดใส่ภาชนะใส่ตัวอย่างแล้วนำไปใส่ในเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระบันทึกค่าที่ได้โดยทำการวัด 6 ชั่วโมง

4) วิเคราะห์ค่าสี L^* a^* และ b^*

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวทั้ง 4 สูตรมาทดสอบค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสี Hunter Lab รุ่น Ultra-VIS ด้วยระบบ CIE ที่มีค่า L^* a^* และ b^* เตรียมตัวอย่างบดให้ละเอียดใส่ภาชนะใส่ตัวอย่างแล้วนำไปใส่ในเครื่องวัดค่าสี (รุ่น UltraScan VIS; ยี่ห้อ HunterLab; ประเทศ สหรัฐอเมริกา) โดยทำการวัด 6 ชั่วโมงบันทึกค่าที่ได้

5) วิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value; PV.) ซึ่งตัวอย่าง 5 ± 0.05 กรัม ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลายผสมอะซิติก : คลอโรฟอร์ม (3 : 2) 30 มิลลิลิตรเติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์อิมิตัว 0.5 มิลลิลิตร เขย่าสารละลายเป็นเวลา 1 นาที ในที่มืด และเติมน้ำกลั่นทันที 30 มิลลิลิตรไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตความเข้มข้น 0.01 นอร์มอล จนสารละลายเป็นสีเหลืองอ่อนและเติมสารละลายน้ำแข็งความเข้มข้น 1% 2 มิลลิลิตร และไทเทรตต่อจนสีน้ำเงินจางหายบันทึกปริมาตรสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ในการไทเทรตทำ blank ตามวิธีเดียวกันที่กล่าวมาข้างต้นแต่ไม่ใส่ตัวอย่างคำนวณค่าเปอร์ออกไซด์ (AOAC, 2002)

$$P.V. (\text{milliequivalent peroxide}/1000 \text{ g}) = \frac{(S-B) \times N \times 1000}{\text{Mass sample (g)}} \quad (1)$$

เมื่อ S = ปริมาตรสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง (มิลลิลิตร); B = ปริมาตรสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ในการไทเทรต blank (มิลลิลิตร); N = ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต (นอร์มอล)

6) วิเคราะห์ค่า Acid value (A.V.) ทำการวิเคราะห์ปริมาณกรด (Acid Value) ด้วยวิธี AOCS (2009) โดยชั่งไขมันตัวอย่างประมาณ 10 กรัม ใส่ใน Erlenmeyer flask เติม Solvent Mixture ปริมาตร 125 มิลลิลิตร ลงในตัวอย่าง หยด Phenolphthalein ลงไปในสารละลายนำไปไทเทรตกับ KOH 0.1 นอร์มัล จนถึงจุดยุติ (จุดยุติเป็นสีชมพูนาน 30 วินาที) นำสารละลาย Blank มาไทเทรตกับ KOH 0.1 นอร์มัล จนถึงจุดยุติคำนวณหาปริมาณกรด (AOAC, 2002) จากนั้นคำนวณผลจากสูตร

$$\text{mg KOH/g of sample} = ((A-B) \times N \times 56.1)/W \quad (2)$$

เมื่อ A = ปริมาตรของ KOH 0.1 N ที่ใช้ในการไตเตรทกับตัวอย่าง (mL); B = ปริมาตรของ KOH 0.1 N ที่ใช้ในการไตเตรทกับสารละลาย Blank (mL); N = ความเข้มข้นของ KOH (Normality); W = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ (กรัม); 56.1 = มวลโมเลกุลของ KOH

4.2 คัดเลือกสูตรที่เหมาะสมจากข้อมูลคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากหัวข้อ 4.1 เพื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ดังต่อไปนี้

1) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน โดยวิธี Kjeldahl method ปริมาณไขมัน โดยวิธี Soxhlet ปริมาณเยื่อใย ปริมาณเถ้า วิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 2000)

2) วิเคราะห์ปริมาณฤทธิ์การยับยั้งการต้านอนุมูลอิสระของผงโรยข้าวผงโรยข้าวจากเห็ดนางฟ้า นำตัวอย่างผงโรยข้าวที่ผ่านการสกัดเป็นสารละลายมาละลายด้วยเอทานอลให้มีความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แล้วนำไปวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity) ด้วยวิธี DPPH assay ด้วยการเติมสารละลาย 100 ไมโครลิตร เจือจางสารสกัดแบบอนุกรม 2 เท่า ด้วยเอทานอลในเติมอนุมูล DPPH เข้มข้น 1.2 มิลลิโมลาร์ ที่ละลายในเอทานอล 100 ไมโครลิตร โดยที่ตัวควบคุมสีจะเติมเอทานอลลงไปแทน DPPH และตัวควบคุม DPPH จะเติมเอทานอลลงไปแทนสารสกัด นำไปบ่มที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัด (ODE) ตัวควบคุมสี (ODC) และ DPPH (ODDPPH) โดยใช้วิตามินซีหรือกรดแอสคอร์บิกเป็นตัวควบคุมเชิงบวก นำค่าที่ได้มาคำนวณค่าการทำลายอนุมูลอิสระ (Radical scavenging, RD) ดังสมการที่ 1 แล้วนำไปคำนวณค่าความเข้มข้นในการยับยั้ง 50 เปอร์เซนต์ (IC50) ด้วยสมการดังต่อไปนี้ (Ritz et al., 2016)

$$RD (\%) = \{ [ODDPPH - (ODE - ODC)] \div ODDPPH \} \times 100 \quad (3)$$

3) ปริมาณสารประกอบฟีนอลของผงโรยข้าวผงโรยข้าวจากเห็ดนางฟ้า นำตัวอย่างผงโรยข้าวที่ผ่านการสกัดเป็นสารละลายมาละลายด้วย 10 เปอร์เซนต์ เอทานอลให้มีความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ไปวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลรวม (total phenolic content, TPC) ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu โดยใช้สารละลายตัวอย่าง 50 ไมโครลิตร นำสารสกัดมาเจือจางแบบอนุกรม 2 เท่า ด้วยเอทานอลเข้มข้น 10 เปอร์เซนต์ เติม Folin Ciocalteu reagent ที่เจือจาง 5 เท่า 100 ไมโครลิตร นำไปเขย่า 1 นาที และบ่มต่อเป็นเวลา 4 นาที แล้วเติมโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้น 7.5 เปอร์เซนต์ 75 ไมโครลิตร นำไปเขย่าและบ่มในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นวัด ค่าการดูดกลืนแสงด้วยด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร และนำค่าความชัน (SE) ของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นและค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาเปรียบ เทียบกับความชันของกราฟจากสารมาตรฐาน กรดแกลลิก (SGA) เพื่อคำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลรวม (Gallic acid equivalent, GAE) ดังสมการที่ 2 (Ritz et al., 2016)

$$TPC (mg \text{ GAE/g extract}) = (SE/SGA) \times 1,000 \quad (4)$$

4.3 การวิเคราะห์ทางด้านสถิติ

ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ แล้วนำผลการทดลองที่ได้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 และเปรียบเทียบความแตกต่าง 2 วิธีการ ด้วยวิธี Independent T- test (Keppel, 1982)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการวิเคราะห์ค่าความชื้น (Moisture content) และค่าปริมาณน้ำอิสระ (Water activity; a_w) ของเห็ดนางฟ้า และปลาสลิด ที่ผ่านกระบวนการทอดและอบแห้ง

จากผลการวิเคราะห์ค่าความชื้น และค่าปริมาณน้ำอิสระของเห็ดนางฟ้า และปลาสลิดที่ผ่านกระบวนการทอดและอบแห้ง โดยทอดในน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ด้วยหม้อทอดไฟฟ้า อบในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 50 นาที พบว่า ความชื้นของทั้ง 2 ตัวอย่าง มีค่าเท่ากับ 14.20 ± 0.11 และ 14.11 ± 0.05 ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สอดคล้องกับค่าปริมาณน้ำอิสระของทั้ง 2 ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) เนื่องจากกระบวนการทอดเป็นกระบวนการทำแห้งด้วยการระเหยน้ำออกจากตัวผลิตภัณฑ์ทำให้น้ำในอาหารลดลง (Chinnasarn, 2009; Sirilert & Silalai, 2016; กมลทิพย์ กรรไพบระ และคณะ, 2565) จึงส่งผลให้ความชื้น และค่าปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ลดลงไปจนถึงระดับที่ตามเกณฑ์มาตรฐานของ มผช. อาหารแห้งได้ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าความชื้น (Moisture content) และค่าปริมาณน้ำอิสระ (Water activity; a_w) ของเห็ดนางฟ้า และปลาสลิดที่ผ่านกระบวนการทอดและอบแห้ง

องค์ประกอบทางเคมี	ตัวอย่าง	
	ค่าความชื้น ^{ns}	ค่าปริมาณน้ำอิสระ ^{ns}
เห็ดนางฟ้า	14.20 ± 0.11	0.45 ± 0.02
ปลาสลิด	14.11 ± 0.05	0.43 ± 0.01

หมายเหตุ ^{ns} แสดงไม่มีความแตกต่างในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

2. ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสในคุณลักษณะด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ของผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากเห็ดนางฟ้า

ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสในคุณลักษณะด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ของผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากเห็ดนางฟ้าทดแทนเนื้อปลาอัตราส่วน ร้อยละ 0 10 20 และ 30 ด้วยวิธี 9-Point Hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน 30 คน พบว่า ผงโรยข้าวอัตราส่วน ร้อยละ 30 มีคะแนนการยอมรับด้าน สี กลิ่น และความชอบโดยรวม เท่ากับ 7.53 ± 0.15 8.21 ± 0.20 และ

7.83±0.11 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าคะแนนการยอมรับด้านความชอบโดยรวมสูงที่สุด เนื่องจากในผงโรยข้าวมีปริมาณของเห็ดนางฟ้าสูงกว่าสูตรทดแทนอื่น ๆ จึงทำให้สีของผงโรยข้าวมีสีตามลักษณะของเห็ดนางฟ้าที่ผ่านกระบวนการทอดและอบแห้งจนทำให้มีลักษณะเหลืองปนน้ำตาล นอกจากนี้ในเห็ดนางฟ้ายังมีส่วนประกอบที่เป็นน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งปริมาณมาก ทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดแบบ Non-enzyme browning โดยกรดอะมิโนหรือกลุ่มกรดอะมิโนของโปรตีนและเปปไทด์ทำปฏิกิริยากับน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่ง (กลูโคสหรือฟรุกโตส) ทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้นในผลิตภัณฑ์ โดยพบว่าจะเกิดได้มากเมื่อใช้อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสขึ้นไป (Sirilert & Silalai, 2016) นอกจากนี้กระบวนการทอดและการอบแห้งส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีกลิ่นหอมที่เกิดจากกลิ่นของเห็ดและมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่กรอบของเห็ดทอดจึงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด เพราะกระบวนการทอดเป็นกระบวนการทำแห้งด้วยการระเหยน้ำออกจากตัวผลิตภัณฑ์ทำให้น้ำในอาหารลดลง (Chinnasarn, 2009; Sirilert & Silalai, 2016) และผลิตภัณฑ์มีความกรอบมากขึ้นจึงส่งผลให้ผู้บริโภค (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสในคุณลักษณะด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ของผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากเห็ดนางฟ้า

อัตราส่วน (ร้อยละ)	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบ โดยรวม
0	7.03±0.16 ^b	6.60±0.24 ^d	7.73±0.12 ^a	7.16±0.18 ^b	7.13±0.09 ^b
10	7.30±0.17 ^b	7.33±0.10 ^b	7.20±0.20 ^b	7.56±0.17 ^a	7.63±0.12 ^b
20	7.13±0.20 ^b	7.03±0.13 ^c	6.73±0.22 ^c	6.66±0.23 ^c	7.06±0.23 ^c
30	7.53±0.15 ^a	8.21±0.20 ^a	7.30±0.19 ^b	7.60±0.17 ^a	7.83±0.11 ^a

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

2. ผลการเปลี่ยนแปลงค่าสี L* a* และ b* ของผงโรยข้าวจากเห็ดนางฟ้า

จากตารางที่ 4 ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงค่าสี L* a* และ b* ผงโรยข้าวจากเห็ด ในอัตราส่วนทดแทนร้อยละ 0 10 20 และ 30 พบว่า ผลิตภัณฑ์ผงโรยผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากเห็ดนางฟ้าสูตรควบคุม และอัตราส่วนทดแทนร้อยละ 10 มีค่าสี L* (ความสว่าง) สูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 34.72±0.4 และ 31.61±1.46 ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวสูตรควบคุม มีค่าสี a* (ความเป็นสีแดง) และ b* (ความเป็นสีเหลือง) สูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 2.39±0.07 และ 6.31±0.18 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับสูตรทดแทน ร้อยละ 10 20 และ 30 เนื่องจากเนื้อปลาที่เติมในสูตรควบคุมมีแนวโน้มเป็นสีน้ำตาลแดงจึงทำให้มีค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดง และค่าความเป็นสีเหลืองสูง และผงโรยข้าวสูตรทดแทน ร้อยละ 30 มีค่าความสว่างสูงกว่าสูตรทดแทนอื่น ๆ เนื่องจากมีสัดส่วนของเห็ดนางฟ้าทอดกรอบที่มีแนวโน้มเป็นสีน้ำตาลเข้มในระดับต่ำสุดจึงส่งผลให้มีค่าความสว่างของสูตรทดแทน ร้อยละ 30 มีค่าสูง

กว่าสูตรทดแทน ร้อยละ 10 และ 20 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าสีของสูตร ร้อยละ 0 และ 10 มีค่าความสว่างที่ต่างเนื่องจากการทดแทนเห็ดนางฟ้าเข้าไปแทนที่เนื้อปลาโดยที่เห็ดมีสีเป็นสีน้ำตาลจากการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์จนทำให้ลักษณะของผงโรยข้าวมีสีเข้มและคล้ำกว่าสูตร ร้อยละ 0 (ภาพที่ 1)

ตารางที่ 4 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าสี L^* a^* และ b^* ของผงโรยข้าวทดแทนเห็ดนางฟ้า ร้อยละ 0, 10, 20 และ 30

อัตราส่วน (ร้อยละ)	คุณลักษณะด้านสี		
	L^*	a^*	b^*
0	38.44 ± 1.10^a	5.11 ± 1.07^a	7.69 ± 1.11^a
10	25.33 ± 1.08^c	1.68 ± 1.12^c	1.98 ± 1.01^c
20	25.57 ± 1.11^c	1.71 ± 1.05^c	1.75 ± 1.02^c
30	28.68 ± 1.01^b	2.63 ± 1.09^b	3.25 ± 1.05^b

หมายเหตุ ^{a, b, c} แสดงความแตกต่างในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$); L^* (ค่าความสว่าง); a^* (ค่าความเป็นสีแดง); b^* (ค่าความเป็นสีเหลือง)



ร้อยละ 0



ร้อยละ 10



ร้อยละ 20



ร้อยละ 30

ภาพที่ 1 ลักษณะของผงโรยข้าวทดแทนเห็ดนางฟ้า อัตราส่วน ร้อยละ 0, 10, 20 และ 30

2. ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้น และปริมาณน้ำอิสระของผงโรยข้าวทดแทนเห็ดนางฟ้า

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น และน้ำอิสระของผงโรยข้าวจากเห็ดนางฟ้า ในอัตราส่วนทดแทน ร้อยละ 10, 20 และ 30 เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม พบว่า ผลิตกัณฑ์ผงโรยสูตรทดแทนทั้ง 3 สูตร ไม่มีความมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 11.83 ± 0.17 11.40 ± 0.46 และ 11.15 ± 0.31 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ผงโรย พบว่า สูตรทดแทนร้อยละ 30 มีค่า a_w เท่ากับ 0.44 ± 0.11 มีค่าสูงกว่าสูตรทดแทนร้อยละ 10 และ 20 เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม พบว่า สูตรควบคุม มีค่า a_w สูงกว่าสูตรทดแทน (เท่ากับ 0.50 ± 0.15) ($p > 0.05$) เนื่องจากเนื้อปลามีองค์ประกอบของโปรตีน ไมโอไฟบริล ซึ่งได้แก่ ไมโอซิน (Myosin) และแอคติน (Actin) ที่มีความสามารถในการละลายน้ำ และอุ้มน้ำได้

แม้ว่าจะผ่านการทำแห้งมาแล้วแต่ยังสามารถอุ้มน้ำได้อยู่บ้างจึงส่งผลให้มีปริมาณความชื้น และน้ำอิสระสูงกว่า ผงโรยข้าวที่มีส่วนผสมของเห็ดนางฟ้าเล็กน้อย นอกจากนี้เนื้อปลาแห้ง (ความชื้นเนื้อปลาสดเท่ากับ 83.72 ± 0.12) ยากกว่าเห็ดนางฟ้า (72.43 ± 0.24) เพราะเนื้อปลามีการเกิดเจลและมีการอุ้มน้ำไว้ในโครงสร้าง จึงทำให้มีความชื้นสูงกว่าเห็ด (อรัญญ์ เปี่ยมปริดา และจิราพร รุ่งเลิศเกรียงไกร, 2546) และจากการวิเคราะห์ค่า เพอร์ออกไซด์ (PV.) และค่าแอซิด (AV.) ของผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวทั้ง 4 สูตร พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยค่า P.V. มีค่าอยู่ในช่วง $2.07 - 2.18$ mequiv./kg และ ค่า AV. มีค่าอยู่ในช่วง $1.15 - 1.36$ mg KOH.g⁻¹ เนื่องจากวัตถุดิบทุกอย่างที่ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จะผ่านกระบวนการคั่ว และอบแห้ง ซึ่งไม่ได้การทอดถึงแม้ว่าข้าวที่มีการเติมเข้าไปจะมีองค์ประกอบของน้ำมันแต่ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวมีค่า PV. และค่า AV. ต่ำ เมื่อผลิตภัณฑ์ถูกเก็บรักษาไว้ในบรรจุภัณฑ์ที่สามารถชะลอการซึมผ่านของไอน้ำและความชื้นได้ดีจะไม่ส่งผลให้ไขมันที่อยู่ในส่วนผสมของผงโรยข้าวเกิดการสัมผัสกับอากาศที่จะเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืนที่เป็นกลิ่นไม่พึงประสงค์สำหรับผู้บริโภคได้ (Pearson, 1999) (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมี-กายภาพของผงโรยข้าวทดแทนเห็ดนางฟ้า ร้อยละ 0, 10, 20 และ 30

อัตราส่วน (ร้อยละ)	ปริมาณ ความชื้น (ร้อยละ)	ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity; a _w)	ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value; PV.) (mequiv./kg) ^{ns}	ค่า Acid value; (AV.) (mg KOH.g ⁻¹) ^{ns}
0	12.68 ± 0.11^a	0.50 ± 0.15^a	2.15 ± 0.18	1.15 ± 0.09
10	11.83 ± 0.17^b	0.40 ± 0.01^d	2.07 ± 0.08	1.26 ± 0.14
20	11.40 ± 0.46^b	0.42 ± 0.05^c	2.11 ± 0.14	1.31 ± 0.18
30	11.15 ± 0.31^b	0.44 ± 0.11^b	2.18 ± 0.11	1.36 ± 0.11

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

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

3.3 ผลการทดสอบองค์ประกอบทางด้านเคมีของผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวทดแทนเห็ดนางฟ้าร้อยละ 30 เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (Control)

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี ได้แก่ ความชื้น ไขมัน โปรตีน เกลือ เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรตของผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากเห็ดนางฟ้าร้อยละ 30 เปรียบเทียบกับผงโรยข้าวสูตรควบคุม โดยคัดเลือกสูตรทดแทนร้อยละ 30 จากการยอมรับของผู้บริโภค และค่าสีของผลิตภัณฑ์เพื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม พบว่า ผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวสูตรทดแทนเห็ดนางฟ้า ร้อยละ 30 มีปริมาณโปรตีน เกลือ และเยื่อใย เท่ากับ ร้อยละ 8.47 ± 0.23 3.43 ± 0.21 และ 5.43 ± 0.21 ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวสูตรควบคุม นอกจากนี้ยังพบว่าผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวสูตรทดแทน ร้อยละ 30 มีปริมาณไขมัน และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ ร้อยละ 2.88 ± 0.18 และ 67.52 ± 0.19 โดยมีปริมาณต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวสูตรควบคุม และมีความแตกต่าง

อย่างมีนัยสำคัญทางด้านสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเห็ดนางฟ้าเป็นวัตถุดิบที่มีปริมาณโปรตีน และใยอาหารสูง และปริมาณไขมันต่ำ (ตารางที่ 5) (สถิตพงษ์ มั่นหล้า และคณะ, 2559) เมื่อนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าว จึงส่งผลให้สารอาหารจำพวกโปรตีน ใยอาหาร และเถ้า มีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์สูตรควบคุม สอดคล้องกับรายงานของ นิตยา ภูงาม และคณะ (2564) ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้อั่วกบเสริมเห็ดนางฟ้า ร้อยละ 75 ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไส้อั่วมีแนวโน้มปริมาณโปรตีน และเยื่อใย สูงกว่าสูตรควบคุม และมีปริมาณไขมัน ต่ำกว่าสูตรควบคุม ควบคุม และจากการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) และสมบัติการ เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (AO) พบว่า ในผงโรยข้าวจากเห็ดนางฟ้าร้อยละ 30 มีค่า TPC และ AO เท่ากับ 2079 ± 0.15 มิลลิกรัม/กรัม และ ร้อยละ 60.11 ± 0.11 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าผงโรยข้าวสูตรควบคุม ที่มีค่า TPC และ AO เท่ากับ 1015 ± 0.11 มิลลิกรัม/กรัม และ ร้อยละ 56.42 ± 0.11 ตามลำดับ เนื่องจากในเห็ดนางฟ้าที่ยัง ไม่ผ่านการแปรรูปมี ค่า TPC และ AO เท่ากับ 1333 ± 0.89 มิลลิกรัม/กรัม และ ร้อยละ 54.98 ± 0.32 (กุลยา ลี้ม รุ่งเรืองรัตน์ และวิษณีย์ ยืนยงพุทธกาล, 2559) ซึ่งมีปริมาณค่อนข้างสูงเมื่อนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าว ที่มีการเติมส่วนผสมอื่น ๆ รวมด้วย ได้แก่ ไข่ขาว และสาหร่าย เป็นต้น จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มของปริมาณ TPC และ AO สูงขึ้นตามไปด้วย (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 องค์ประกอบทางเคมีของผงโรยข้าวทดแทนเห็ดนางฟ้า ร้อยละ 30 เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Control)

องค์ประกอบทางเคมี	ชุดควบคุม (Control)	ผงโรยข้าวทดแทนเห็ดนางฟ้า ร้อยละ 30
ความชื้น (%)	12.35 ± 0.19^a	11.27 ± 0.11^a
ไขมัน (%)	3.18 ± 0.24^a	2.88 ± 0.18^b
โปรตีน (%)	6.58 ± 0.17^b	8.47 ± 0.23^a
เถ้า (%)	2.65 ± 0.31^b	3.43 ± 0.21^a
เยื่อใย (%)	3.41 ± 0.20^b	5.43 ± 0.21^a
คาร์โบไฮเดรต (%)	71.83 ± 0.25^a	67.52 ± 0.19^b
ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) (mg/g)	1015 ± 0.11^b	2079 ± 0.15^a
สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (AO) (%)	56.42 ± 0.11^b	60.11 ± 0.11^a

หมายเหตุ ^{a, b} แสดงความแตกต่างในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$); ปริมาณสารประกอบ ฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic compounds, TPC), สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity; AO) (%ABTS)

สรุป

จากการศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพ-เคมีของผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากเห็ดนางฟ้า แสดงให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวที่ผ่านการทดแทนด้วยเห็ดนางฟ้า ร้อยละ 30 มีค่าความชื้น และค่า a_w ที่ต่ำกว่า สูตรควบคุมเล็กน้อย ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าความชื้น และค่า a_w มาตรฐานของผงโรยข้าวทั่วไป และผงโรยข้าวมีค่า P.V และ A.V ในระดับต่ำ รวมทั้งผงโรยข้าวที่ทดแทนเห็ดนางฟ้า ร้อยละ 30 มีปริมาณโปรตีน ไขมัน เยื่อใย ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (AO) สูงกว่าสูตรควบคุม สารต้านอนุมูลอิสระมีส่วนช่วยให้ผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวมีกลิ่นเหม็นหืนขึ้นช้าลง ดังนั้นจึงแสดงให้เห็นว่าการทดแทนเห็ดนางฟ้าจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวมีคุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้นทำให้มีประโยชน์ต่อผู้บริโภค

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นแนวทางการวิจัยต่อไปโดยการนำเห็ดชนิดอื่น ๆ มาพัฒนาเพื่อเพิ่มมูลค่าทางการตลาดให้กับเห็ด และลดปัญหาการล้นตลาดของเห็ดได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสุรินทร์ สำหรับห้องปฏิบัติการในการทำการทดลองครั้งนี้ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทางด้านเทคโนโลยีการอาหาร และเคมีอาหาร ทุกท่านที่คอยอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานทดลองจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กุลยา ลีมรุ่งเรืองรัตน์ และวิษณีย์ ยืนยงพุทธกาล. (2559). การศึกษาปริมาณสารพฤษเคมีที่สำคัญต่อสุขภาพจากเส้นใยของเห็ดที่เพาะเชิง การค้าและการนำเส้นใยผงไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร. (รายงานการวิจัย). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- กมลทิพย์ กรรไพบระ, นิภาภัทร์ กุณทล, ภัทรวดี เอียดเต็ม, ภารดี พลไชย, ชูไรดา มะ, และรอฮานี มะเซ็ง. (2565). ผลของปัจจัยในกระบวนการผลิตต่อคุณภาพของเห็ดนางฟ้าทอดปรุงรส. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 27(1), 345-360.
- จินตามณี แสงกาญจนวนิช. (2549). การพัฒนาผลิตภัณฑ์เห็ดนางฟ้ากรอบ (รายงานการวิจัย). อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- จักรพงษ์ ไพบูลย์. (2542). สารต้านอนุมูลอิสระ Antioxidant. สืบค้นจาก <http://www.thaiclinic.com/antioxidant.html>
- นพรัตน์ มะเท, ดลฤดี พิษย์รัตน์, และนัฏฐา คเชนทร์ภักดี. (2561). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าว (พริกคาเกะ) จากหนังสือปลากะพงขาวทอดกรอบ (รายงานการวิจัย). นครศรีธรรมราช: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

- นิตยา ภูงาม, ภัฏฐาลินคล เศรษฐปราโมทย์, ไกรวิชญ์ ไหมคำมูล, และวนิดา ยินดีรัมย์. (2564). ผลการทดแทน
 ให้นางฟ้าต่อคุณภาพทางเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์ไส้วักบ. **วารสารเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี**, 2(1), 63-71.
- พรทิพย์ วิริขวงศ์. (2547). **อนุมูลอิสระ (Free Radicals)/สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant)**. สืบค้นจาก
<http://www.gpo.or.th/rdi/htuml/antioxidants.html>
- รจนา นุชนุ่ม. (2551). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าว (ฟูริคาเกะ) จากพลาสติก**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์
 มหบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- สถิตย์พงษ์ มั่นหล้า, สุวัฒน์ จันทิพย์, และกรรณิการ์ กุลยะณี. (2559). การผลิตไส้วักบให้นางฟ้าภูงามเสริมใย
 เปลือกส้มโอ. **วารสารวิทยาลัยดุสิตธานี**, 10(2), 103-113.
- สุริวรรณ ราชสม, ภัฏฐา สีลา, และสุทธิดา ทากอนแก้ว. (2563). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสและผงโรย
 ข้าวจากถั่วเหลืองหมักพื้นบ้าน. **วารสารวิชาการและวิจัยมทร.พระนคร**, 14(2), 33-46.
- สมหวัง เล็กจิริง, ชูขวัญ เตชกานนท์, นิยมล กลัดบุบผา และปารมี หนูนิม. (2563). ผลของสารต้านปฏิกิริยา
 ออกซิเดชันต่อคุณภาพของไข่แดงเค็มผง. **แก่นเกษตร**, 48(1), 607-614.
- อรรถัย เปี่ยมปรีดา และจิราพร รุ่งเลิศเกรียงไกร. (2546). การผลิตลูกชิ้นปลาจากเนื้อปลาสองชนิด. **อาหาร**,
 33(1), 36-44.
- อรรถัย จินตสถาพร, เสาวนิต วุฒิไกรรัตน์, ศศิธร นาคทอง, และอรรณวุฒิ พลายบุญ. (2561). **อิทธิพลของสาร
 ด้านอนุมูลอิสระจากให้นางฟ้าต่อการถนอมคุณภาพเนื้อไก่**. การประชุมวิชาการแห่งชาติ, 6-7
 ธันวาคม 2561 ณ อาคารศูนย์เรียนรวม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม:
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.
- โอภา วัชรคุปต์. (2550). **สารต้านอนุมูลอิสระ (RADICAL SCAVENGING AGENTS)**. กรุงเทพฯ:
 พี.เอส.พรินท์.
- AOAC. (2000). **The Official Methods of Analysis of AOAC International**. 15th ed. USA.
 AOAC International, Maryland.
- AOAC. (2002). **The Official Methods of Analysis of AOAC International**. 17th ed. USA.
 AOAC International, Maryland.
- AOCS. (2009). **Official methods and recommended practices of the american oil
 chemists' society**. 6th ed. USA.
- Chinnasarn, S. (2009). Oil Uptake in Deep-Fat Frying Process. **Burapha Science Journal**, 14(2),
 138-146.
- Daisho (Thailand). 2023. **Furikake**. Retrieved from
<https://daishothai.com/th/knowledge/page/2/>
- Ferreira, I.C.F.R., Vaz, J.A., Vasconcelos, M.A., & Martins, A. (2010). Compounds from wild
 mushrooms with antitumor potential. **Anti-Cancer Agent**, 10, 424-436.
- Keppel, G. (1982). **Design and Analysis**. USA Press: W. H. Freeman.
- Pearson, D. (1999). **The Chemical Analysis of Food**. 7th ed. New York: Churchill Livingstone.

- Ritz, C., Baty, F., Streibig, J.C., & Gerhard, D. (2016). Dose-response analysis using. **Public Library of Science**, 10(12), 14-21.
- Sirilert, T., & Silalai, N. (2016) . Effect of pre-frying treatments on moisture content, effective moisture diffusivity and oil uptake content of deep-fat fried shitake mushrooms (Lentinus edodes). **Journal of Food Technology, Siam University**, 11(1), 57-66.
- Yuenyongbuddhakan, W., & Limrungruangrat, K. (2015). **Study of phytonutrients content from mycelia of commercially mushrooms and application of mushroom micelia powder used in food product**. (Research report). Chonburi: Burapha University.

ภาคผนวก

[ชื่อเรื่องบทความวิจัยภาษาไทย (TH SarabunPSK, 14 point, ตัวหนา, จัดกึ่งกลาง)]

[ชื่อผู้นิพนธ์บทความวิจัย]^{1*} [ชื่อผู้นิพนธ์บทความวิจัย]² [ชื่อผู้นิพนธ์บทความวิจัย]³

บทคัดย่อ

บทคัดย่อ ควรจะสรุปเนื้อหาทั้งหมดของบทความวิจัย โดยใช้จำนวนให้กระชับ ชัดเจนที่สุด มีความยาวไม่เกิน 15 บรรทัด หรือ 350 คำ รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ตัวปกติ ขนาด 14 point จัดกระจายแบบไทย “ชื่อเรื่อง” มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ มีความยาวไม่เกินภาษาละ 2 บรรทัด และให้อธิบายสาระสำคัญของเรื่องได้ดี รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ตัวหนา ขนาด 14 point จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ “ชื่อผู้นิพนธ์บทความวิจัย” มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ใช้ชื่อเต็มไม่ต้องระบุค่านำหน้าชื่อ ใส่เครื่องหมายเชิงอรรถเป็นตัวเลขยกไว้ท้ายนามสกุลพร้อมใส่เครื่องหมายดอกจัน (*) แสดงถึงความสำคัญของการเป็นผู้นิพนธ์หลัก หากมีผู้นิพนธ์บทความมากกว่าหนึ่งท่านให้ใส่เครื่องหมายเชิงอรรถเป็นตัวเลขยกไว้ท้ายนามสกุลเรียงลำดับตามจำนวนผู้นิพนธ์พร้อมใส่เครื่องหมายดอกจัน (*) แสดงถึงความสำคัญของการเป็นผู้นิพนธ์หลัก รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ตัวหนา ขนาด 14 Point จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ และใส่รายละเอียดที่อยู่ผู้นิพนธ์บทความไว้ในเชิงอรรถส่วนล่างของกระดาษ โดยระบุตำแหน่งทางวิชาการหรือตำแหน่งทางบริหาร(ถ้ามี) สถานที่ทำงาน หน่วยงานหรือสถาบัน และอีเมลแอดเดรส (E-mail Address) ของผู้นิพนธ์บทความทุกคน เช่น ¹ นักศึกษาระดับ ... สาขา... คณะ... มหาวิทยาลัย... อีเมล: หรือ อาจารย์... สาขา... คณะ... มหาวิทยาลัย... อีเมล: หรือ ตำแหน่ง... บริษัท... ที่อยู่.... อีเมล: ... * ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล:รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ตัวเอียง ขนาด 12 Point จัดชิดซ้ายหน้ากระดาษ.....

คำสำคัญ : คำสำคัญ คำสำคัญ คำสำคัญ

¹ นักศึกษา หลักสูตรครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี อีเมล :

² อาจารย์ประจำหลักสูตร ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี อีเมล :

³ เจ้าหน้าที่การเงิน บริษัท ธุรกิจการพิมพ์ จำกัด จังหวัดนนทบุรี อีเมล :

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล :

[First A. Author1]^{1*} [Second B. Author2]² [Third C. Author3]³

Abstract must be written in Thai and English, within a maximum of 350 words for each language.

language.

* Corresponding author, e-mail :

บทนำ

[บทนำ เป็นส่วนของความสำคัญและมูลเหตุที่นำไปสู่การวิจัย].....
 (TH SarabunPSK, 14 point, ตัวปกติ, จัดกระจายแบบไทย)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

[วัตถุประสงค์ของการวิจัย เป็นส่วนของเนื้อหาที่บอกความเป็นมา และเหตุผลนำไปสู่การ
 ศึกษาวิจัย]..... (TH SarabunPSK, 14 point, ตัวปกติ, จัดกระจายแบบไทย)

วิธีดำเนินการวิจัย

[วิธีดำเนินการวิจัย ควรอธิบายวิธีดำเนินการวิจัย โดยกล่าวถึงวิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง ที่มาของกลุ่ม
 ตัวอย่าง แหล่งที่มาของข้อมูล การเก็บและรวบรวมข้อมูล การใช้เครื่องมือ สถิติที่ใช้ในการวิจัยและการวิเคราะห์
 ข้อมูล]..... (TH SarabunPSK, 14 point, ตัวปกติ, จัดกระจายแบบไทย)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

[ผลการวิจัยและอภิปรายผล ควรเสนอผลที่ชัดเจน ตรงประเด็น เป็นการเสนอสิ่งที่ได้จากการวิจัยเป็น
 ลำดับอาจแสดงด้วยตารางกราฟ แผนภาพประกอบการอธิบาย] ทั้งนี้ถ้าแสดงด้วยตาราง ควรเป็นตารางแบบไม่มี
 เส้นขอบตารางด้านซ้ายและด้านขวา หัวตารางแบบธรรมดาไม่มีสี ตารางควรมีเฉพาะที่จำเป็นไม่ควรเกิน 5
 ตาราง และมีคำอธิบายตาราง เช่น

ตารางที่ 1 รูปแบบ ขนาดและลักษณะของตัวอักษร

ส่วนประกอบ	ขนาดอักษร	ลักษณะอักษร
ชื่อบทความ (ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ)	TH SarabunPSK, 14	หนา
ชื่อผู้เขียน (ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ)	TH SarabunPSK, 14	หนา
สถานที่ติดต่อ(ระบุในเชิงบรรณ)	TH SarabunPSK, 12	เอียง, ปกติ
บทคัดย่อ / Abstract	TH SarabunPSK, 14	ปกติ
คำสำคัญ / Keywords	TH SarabunPSK, 14	ปกติ
หัวข้อหลัก	TH SarabunPSK, 14	หนา
หัวข้อย่อย	TH SarabunPSK, 14	ปกติ
เนื้อความทั่วไป	TH SarabunPSK, 14	ปกติ

ตารางที่ 1 รูปแบบ ขนาดและลักษณะของตัวอักษร (ต่อ)

ส่วนประกอบ	ขนาดอักษร	ลักษณะอักษร
ตารางและภาพ	TH SarabunPSK, 14	ปกติ
กิตติกรรมประกาศ	TH SarabunPSK, 14	ปกติ
เอกสารอ้างอิง	TH SarabunPSK, 14	ปกติ

สำหรับรูปภาพประกอบควรเป็นรูปภาพขาว-ดำ ที่ชัดเจน มีขนาดของรูปภาพที่เหมาะสมและมีคำบรรยายใต้รูปภาพ

รูปภาพ

ภาพที่ 1 ตัวอย่างการจัดรูปภาพ (TH SarabunPSK, 14 point, ตัวปกติ, จัดกระจายแบบไทย)

สรุป

เป็นการสรุปผลที่ได้จากการวิจัยว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่เพียงใด และควรอ้างทฤษฎีหรือเปรียบเทียบการทดลองของผู้อื่นที่เกี่ยวข้องประกอบเพื่อให้ผู้อ่านเห็นด้วยตามหลักการหรือคัดค้านทฤษฎีที่มีอยู่เดิม รวมทั้งแสดงให้เห็น.....
(TH SarabunPSK, 14 point, ตัวปกติ, จัดกระจายแบบไทย)

ข้อเสนอแนะ

[เนื้อหาข้อเสนอแนะ ควรมี 2 ส่วน คือ ข้อเสนอเกี่ยวกับงานวิจัย และข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป] (TH SarabunPSK, 14 point, ตัวปกติ, จัดกระจายแบบไทย)

กิตติกรรมประกาศ

[กิตติกรรมประกาศ ให้เขียนถึงข้อความแสดงความขอบคุณผู้มีส่วนสนับสนุน ช่วยเหลือ และให้ความร่วมมือในการทำงานวิจัย รวมถึงแหล่งทุนสนับสนุนต่างๆ]
(TH SarabunPSK, 14 point, ตัวปกติ, จัดกระจายแบบไทย)

เอกสารอ้างอิง

[การเขียนเอกสารอ้างอิงและการอ้างอิง ให้ใช้ระบบ APA (American Psychological Association) เท่านั้น ให้เรียงลำดับชื่อผู้แต่งหรือผู้รายงานตามลำดับอักษรเริ่มด้วยเอกสารภาษาไทยก่อน แล้วต่อด้วยเอกสารภาษาต่างประเทศ]..... (TH SarabunPSK, 14 point, ตัวปกติ, จัดกระจายแบบไทย)

สถาบันวิจัยและพัฒนา

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

เลขที่ 1 หมู่ 20 ถนนพหลโยธิน กม.48 ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 13180

โทรศัพท์ 0 2909 3036 โทรสาร 0 2909 3036 E-mail: rdi_journalsci@vru.ac.th Website http://rd.vru.ac.th

แบบนำส่งบทความวิจัยลงตีพิมพ์เผยแพร่

วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1. ข้าพเจ้าชื่อ (นาย, นาง, น.ส., ยศ) นามสกุล
2. วุฒิการศึกษาสูงสุด ☐ ปริญญาตรี ☐ ปริญญาโท ☐ ปริญญาเอก
คุณวุฒิ สาขา
สถาบัน
☐ สำเร็จการศึกษา ☐ กำลังศึกษา ปีที่คาดว่าจะสำเร็จการศึกษา วันที่
3. สถานะภาพของผู้นิพนธ์บทความวิจัย ☐ อาจารย์ ☐ นักศึกษาปริญญาเอก ☐ นักศึกษาปริญญาโท ☐ บุคคลทั่วไป
ตำแหน่งทางวิชาการ ตำแหน่งทางบริหาร
4. ชื่อหน่วยงาน/สถานที่ทำงาน
เลขที่ ถนน ซอย ตำบล/แขวง
อำเภอ/เขต จังหวัด รหัสไปรษณีย์
โทรศัพท์ โทรสาร
E-mail
5. ที่อยู่สำหรับติดต่อและจัดส่งเอกสาร
เลขที่ ถนน ซอย ตำบล/แขวง
อำเภอ/เขต จังหวัด รหัสไปรษณีย์
โทรศัพท์ โทรสาร
E-mail
มือถือ
6. มีความประสงค์ขอส่งบทความเรื่อง
ชื่อบทความ(ภาษาไทย)
ชื่อบทความ(ภาษาอังกฤษ)

เพื่อลงตีพิมพ์ในวารสาร วิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าบทความนี้ยังไม่เคยนำลงตีพิมพ์ในวารสารฉบับใดๆ มาก่อน ทั้งนี้ ข้าพเจ้าได้ศึกษากฎเกณฑ์และคำแนะนำในการส่งบทความวิจัยเพื่อนำลงตีพิมพ์ในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์แล้ว และยินดีปฏิบัติตามเงื่อนไขทุกประการ พร้อมนี้ข้าพเจ้าได้ชำระค่าธรรมเนียมบำรุงวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เป็นจำนวนเงิน 2,500 บาทเรียบร้อยแล้ว

โดยชำระเป็น ☐ โอนเงินผ่านทางธนาคารกรุงศรีอยุธยา สาขาย่อยนวนคร ชื่อบัญชี สถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เลขที่ 258-1-84630-3

ลงชื่อ.....ผู้นำส่งบทความวิจัย

(.....)

วันที่/...../.....

ระเบียบการตีพิมพ์บทความวิจัย
วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

ในการส่งบทความวิจัยลงตีพิมพ์ในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เพื่อให้การตีพิมพ์บทความวิจัยเป็นไปโดยเรียบร้อยได้มาตรฐาน TCI และเป็นประโยชน์ทั้งผู้ส่งบทความวิจัย ผู้ใช้ประโยชน์จากบทความวิจัย รวมทั้งสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ในการจัดทำวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จึงได้กำหนดหลักเกณฑ์ในการพิจารณาบทความวิจัยเพื่อตีพิมพ์ในวารสารฯ ตลอดจนคำแนะนำการเขียนและส่งต้นฉบับ ดังนี้

หลักเกณฑ์ในการพิจารณาบทความวิจัยเพื่อตีพิมพ์ในวารสาร

1. เป็นบทความวิจัยในสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามรูปแบบของต้นฉบับในข้อกำหนดของคำแนะนำการเขียนและส่งต้นฉบับวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
2. บทความวิจัยที่ส่งมาพิจารณาตีพิมพ์ลงในวารสารต้องเป็นบทความวิจัยที่ไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่ที่ไหนมาก่อนและไม่อยู่ระหว่างเสนอขอตีพิมพ์ในวารสารอื่น
3. เนื้อหาในต้นฉบับควรเกิดจากการสังเคราะห์ความคิดขึ้นโดยผู้เขียนเอง ไม่ได้ลอกเลียนหรือดัดทอนมาจากผลงานวิจัยของผู้อื่น หรือจากบทความอื่นโดยไม่ได้รับอนุญาต หรือปราศจากการอ้างอิงที่เหมาะสม
4. ผู้ส่งบทความวิจัยต้องชำระค่าธรรมเนียมบำรุงวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เป็นจำนวนเงิน 2,500 บาท โดยสามารถโอนเงินผ่านบัญชี ธนาคารกรุงศรีอยุธยา สาขาย่อยนครราชสีมา บัญชี สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เลขที่ 258-1-84630-3 พร้อมส่งสำเนาหลักฐานการชำระค่าธรรมเนียมบำรุงวารสารฯ ได้ 3 ช่องทาง ดังนี้
 - 4.1 ไปรษณีย์ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เลขที่ 1 หมู่ที่ 20 กม.48 ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 13180 โดยวงเล็บมุมซองว่า (ชำระค่าธรรมเนียมบำรุงวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์)
 - 4.2 โทรสาร 0 2909 3036
 - 4.3 E-mail address: rdi_journalsci@vru.ac.th หรือเว็บไซต์ <https://tci-thaijo.org/index.php/vrurdistjournal/index>
5. ผู้เขียนบทความวิจัยต้องดำเนินการปรับแก้ไขบทความตามผลการอ่านประเมินของกองบรรณาธิการและผู้ทรงคุณวุฒิของวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ อย่างต่อเนื่องตลอดการตีพิมพ์ หากผู้เขียนบทความวิจัยซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่าผู้สนับสนุนบทความไม่ปฏิบัติตามระเบียบการตีพิมพ์บทความวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ กองบรรณาธิการมีสิทธิ์แจ้งยกเลิกการพิจารณาตีพิมพ์บทความวิจัยโดยไม่คืนเงินค่าธรรมเนียมบำรุงวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
6. บทความวิจัยที่ส่งมาจะได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ต่อเมื่อได้ผ่านกระบวนการประเมินเห็นสมควรให้ตีพิมพ์เผยแพร่โดยผู้ทรงคุณวุฒิที่มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์แต่งตั้งขึ้น จำนวน 3 ท่าน

คำแนะนำการเขียนและส่งต้นฉบับ วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1. **การเตรียมต้นฉบับ** ต้นฉบับบทความวิจัยต้องจัดทำสำหรับกระดาษขนาด B5(JIS) (18.2 ซม. X 25.7 ซม.) ความยาว 15 หน้ากระดาษ ตามรูปแบบวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ พิมพ์โดยใช้โปรแกรม Microsoft Word เวอร์ชัน 2007 ขึ้นไป
2. **การตั้งค่าหน้ากระดาษ** ระยะขอบกระดาษด้านบน (Top Margin) 2.54 เซนติเมตร ด้านซ้าย (Left Margin) ด้านขวา (Right Margin) และด้านล่าง (Bottom Margin) 2 เซนติเมตร
3. **รูปแบบตัวอักษร** ใช้ TH SarabunPSK เท่านั้น ชื่อหัวข้อพิมพ์เป็นตัวหนา ขนาด 14 Point จัดชิดซ้ายหน้ากระดาษ และเนื้อหาพิมพ์เป็นตัวปกติ ขนาด 14 Point จัดกระจายหน้ากระดาษ
4. **องค์ประกอบบทความวิจัยประกอบด้วย**
 - 4.1 **ชื่อเรื่อง** มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ มีความยาวไม่เกินภาษาละ 2 บรรทัด สามารถอธิบายสาระของเรื่องได้ที รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ตัวหนา ขนาด 14 Point จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ
 - 4.2 **ชื่อผู้นิพนธ์บทความ** มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ใช้ชื่อเต็มไม่ต้องระบุคำนำหน้าชื่อ ใส่เครื่องหมายเชิงอรรถเป็นตัวเลขยกไว้ท้ายนามสกุลเรียงลำดับตามจำนวนผู้นิพนธ์บทความและใส่เครื่องหมายดอกจัน (*) ไว้บนเลขยกเพื่อแสดงว่าเป็นผู้นิพนธ์หลัก รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ตัวหนา ขนาด 14 Point จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ โดยใส่รายละเอียดที่อยู่ผู้นิพนธ์บทความและอีเมลผู้นิพนธ์หลักในเชิงอรรถ
 - 4.3 **ที่อยู่ผู้นิพนธ์บทความ** ใส่รายละเอียดในเชิงอรรถข้อความที่เขียนไว้ส่วนล่างของหน้ากระดาษและมีเส้นคั่นระหว่างเชิงอรรถกับตัวบทคัดย่อ (Abstract) อย่างชัดเจน โดยขีดเส้นคั่นจากริมกระดาษด้านซ้าย ไปทางด้านขวาประมาณ 1 นิ้ว หรือ 7 ตัวอักษร ใส่ตัวเลขกำกับไว้เหนือตัวอักษรตัวแรกเล็กน้อย ตัวเลขต้องตรงกับตัวเลขที่กำกับไว้กับชื่อผู้นิพนธ์บทความ ให้ระบุตำแหน่งทางวิชาการ (ถ้ามี) สถานที่ทำงาน หน่วยงานหรือสถาบัน และอีเมลแอดเดรส (E-mail Address) ของผู้นิพนธ์บทความทุกท่าน เช่น นักศึกษาระดับ.... สาขา.... คณะ มหาวิทยาลัย.... อีเมล.... หรือ อาจารย์.... สาขา..... คณะ..... มหาวิทยาลัย.... อีเมล.... หรือ ตำแหน่ง... บริษัท... ที่อยู่... อีเมล... รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ตัวปกติ ขนาด 12 Point จัดชิดซ้ายหน้ากระดาษ
 - 4.4 **บทคัดย่อ(Abstract)** ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษความยาวไม่เกิน 15 บรรทัด หรือ 350 คำ โดยใช้จำนวนให้กระชับ ชัดเจนที่สุด รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ตัวปกติ ขนาด 14 Point จัดกระจายหน้ากระดาษ
 - 4.5 **คำสำคัญ(Keyword)** ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษอยู่ใต้บทคัดย่อ(Abstract) คำสำคัญภาษาไทย จำนวน 3 – 5 คำเรียงตามลำดับอักษรระหว่างคำวรรค 2 วรรค ส่วน Keyword หรือคำสำคัญภาษาอังกฤษให้เรียงตามคำสำคัญภาษาไทยคั่นระหว่างคำด้วยจุลภาค (.)
 - 4.6 **เนื้อหาของบทความวิจัย** ประกอบด้วยหัวข้อต่อไปนี้
 - 4.6.1 **บทนำ** เป็นส่วนของเนื้อหาที่บอกความเป็นมา และเหตุผลนำไปสู่การศึกษาวิจัย
 - 4.6.2 **วัตถุประสงค์ของการวิจัย** ให้ชี้แจงถึงจุดมุ่งหมายของการวิจัย
 - 4.6.3 **วิธีดำเนินการวิจัย** ควรอธิบายวิธีดำเนินการวิจัย โดยกล่าวถึงวิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง ที่มาของกลุ่มตัวอย่าง แหล่งที่มาของข้อมูล การเก็บและรวบรวมข้อมูล การใช้เครื่องมือ สถิติที่ใช้ในการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล
 - 4.6.4 **ผลการวิจัยและอภิปรายผล** เป็นการเสนอสิ่งที่ได้จากการวิจัยเป็นลำดับอาจแสดงด้วยตารางกราฟ แผนภาพ ประกอบการอธิบาย ทั้งนี้ถ้าแสดงด้วยตาราง ควรเป็นตารางแบบไม่มีเส้นขอบตารางด้านซ้ายและขวา หัวตารางแบบธรรมดาไม่มีสี ตารางควรมีเฉพาะที่จำเป็นไม่ควรเกิน 5 ตาราง สำหรับรูปภาพประกอบควรเป็นรูปภาพขาว-ดำ ที่ชัดเจนและมีคำบรรยายได้รูป จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ กรณีที่จำเป็นอาจใช้ภาพสีได้

- 4.6.5 **สรุป** เป็นการสรุปผลที่ได้จากการวิจัยและควรมีการอภิปรายผลการวิจัยว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่เพียงใด และควรอ้างทฤษฎีหรือเปรียบเทียบการทดลองของผู้อื่นที่เกี่ยวข้องประกอบเพื่อให้ผู้อ่านเห็นด้วยตามหลักการหรือคัดค้านทฤษฎีที่มีอยู่เดิม รวมทั้งแสดงให้เห็นถึงการนำผลไปใช้ประโยชน์ และการให้ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต
- 4.6.6 **ข้อเสนอแนะ** ควรมี 2 ส่วน คือ ข้อเสนอในการนำผลการวิจัยไปใช้ และข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป
- 4.6.7 **กิตติกรรมประกาศ** (ถ้ามี) ข้อความแสดงความขอบคุณผู้มีส่วนสนับสนุน ช่วยเหลือ และให้ความร่วมมือในการทำงานวิจัย รวมถึงแหล่งทุนสนับสนุนต่างๆ
- 4.6.8 **เอกสารอ้างอิงและการอ้างอิง** การเขียนเอกสารอ้างอิงและการอ้างอิง ใช้ระบบ APA (American Psychological Association) ให้เรียงลำดับชื่อผู้แต่งหรือผู้รายงานตามลำดับอักษรเริ่มด้วยเอกสารภาษาไทยก่อน แล้วต่อด้วยเอกสารภาษาต่างประเทศ

4.7 การเขียนเอกสารอ้างอิงและการอ้างอิงในระบบ APA (American Psychological Association)

- 4.7.1 ชื่อวารสาร ชื่อหนังสือ และปีที่ (Volume) ไม่ใช่ชื่อย่อ
- 4.7.2 ชื่อภาษาอังกฤษ เขียนชื่อผู้แต่งโดยขึ้นต้นด้วย Last name ตามด้วยจุลภาค (,) และชื่อย่อตามด้วยมหัพภาค (.)
- 4.7.3 ชื่อไทย เขียนชื่อผู้แต่งโดยขึ้นต้นด้วยชื่อตัว ตามด้วยนามสกุล
- 4.7.4 กรณีผู้แต่งมากกว่าหนึ่งคน ให้เขียนชื่อผู้แต่งทั้งหมดทุกคน คั่นระหว่างชื่อด้วยจุลภาค (,) และมีคำว่า “and” หรือ “&” ในกรณีชื่อภาษาอังกฤษ หรือ “และ” ในกรณีชื่อภาษาไทยก่อนชื่อสุดท้าย
- 4.7.5 ถ้าไม่มีชื่อผู้แต่ง ให้ขึ้นต้นด้วยชื่อเรื่อง หรือชื่อวารสาร หรือชื่อหนังสือ ตามด้วยปีที่พิมพ์
- 4.7.6 ถ้าผู้แต่งเป็นหน่วยงาน หรือองค์กร ให้ใช้ชื่อหน่วยงานหรือองค์กรแทนชื่อผู้แต่ง
- 4.7.7 เรียงลำดับรายการตามตัวอักษรชื่อผู้แต่ง รายการที่มีทั้งเอกสารภาษาไทยและอังกฤษ ให้นำข้อมูลภาษาไทยขึ้นก่อน
ตามด้วยข้อมูลภาษาอังกฤษ พิมพ์โดยใช้ระยะห่างระหว่างบรรทัด อย่างน้อย (At least) 12 Point
- 4.7.8 บรรทัดที่สองและบรรทัดต่อไปของแต่ละรายการให้ย่อหน้าเข้ามา 7 ตัวอักษร หรือ 1.25 เซนติเมตร
- 4.7.9 การอ้าง – อ้างโดย(ชื่อผู้แต่ง, ปีที่พิมพ์)
- 4.7.10 ไม่อ้างโดยใช้คำว่า “และคณะ” หรือ “และคนอื่นๆ” หรือ et al. ยกเว้นกรณีอ้างในเนื้อเรื่องที่มีผู้แต่งตั้งแต่สามคนขึ้นไปและหลังจากได้มีการอ้างครั้งแรกไว้ก่อนหน้านี้แล้ว หรือการอ้างที่มีผู้แต่งตั้งแต่หกคนขึ้นไป
- 4.7.11 การอ้างจากวารสารและนิตยสารให้ระบุหน้าแรกถึงหน้าสุดท้าย โดยไม่ใช่คำย่อ “p.” หรือ “pp.” นอกจากหนังสือ
- 4.7.12 การติดต่อส่วนตัวโดยสื่อใดๆ ก็ตาม สามารถอ้างอิงได้ในเนื้อเรื่อง แต่ต้องไม่มีการระบุไว้ในรายการเอกสารอ้างอิง เพราะผู้อื่นไม่สามารถติดตามข้อมูลเหล่านั้นได้
- 4.7.13 การอ้างอิงจาก Website ให้ระบุวัน เดือน ปีที่พิมพ์ ถ้าไม่ปรากฏให้อ้างวันที่ทำการสืบค้น และระบุ URL ให้ชัดเจน ถูกต้อง เมื่อจบ URL address ห้ามใส่จุด (.) ข้างท้าย
- 4.7.14 Website ไม่บอกวันที่ ให้ระบุ n.d.
- 4.7.15 หลัง มหัพภาค “.” (period) เว้น 2 บรรทัด
- 4.7.16 หลัง จุลภาค “,” (comma) เว้น 1 บรรทัด
- 4.7.17 หลัง อัฒภาค “;” (semicolon) เว้น 1 บรรทัด
- 4.7.18 หลัง ทวิภาค “:” (colons) เว้น 1 บรรทัด
- 4.7.19 รูปแบบและตัวอย่างการอ้างอิงจากสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ

- รูปแบบ: 1. หนังสือหรือตำรา
ตัวอย่างเช่น ชื่อผู้แต่ง. //(ปีที่พิมพ์).//ชื่อหนังสือ./ครั้งที่พิมพ์(ถ้ามี). //เมืองที่พิมพ์: /สำนักพิมพ์.
ไพรัช รัชพงษ์, และกฤษณะ ช่างกล่อม. (2541). **งานพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานสารสนเทศแห่งชาติ
เพื่อการศึกษา**. กรุงเทพฯ: แพร่พิทยา.
Mitchell, T. R., & Larson, J. R., Jr. (1987). **People in organizations: An introduction to
organizational behavior** (3rd ed.). New York: McGraw-Hill.
- รูปแบบ: 2. หนังสือหรือตำราที่มีบรรณาธิการ
ตัวอย่างเช่น ชื่อบรรณาธิการ(ผู้รวบรวม). //(ปีที่พิมพ์).//ชื่อหนังสือ./เมืองที่พิมพ์: /สำนักพิมพ์.
อดุลย์ วิริยเวชกุล, (บก.). (2541). **คู่มือจัดการเรียนการสอนระดับบัณฑิตศึกษา**. นครปฐม:
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.
Gibbs, J. T., & Huang, L. N. (Eds.). (1991). **Children of color: Psychological
interventions with minority youth**. San Francisco: Jossey-Bass.
- รูปแบบ: 3. วิทยานิพนธ์
ตัวอย่างเช่น ชื่อผู้แต่ง. //(ปีที่พิมพ์).//ชื่อวิทยานิพนธ์./ระดับวิทยานิพนธ์./มหาวิทยาลัย.
พรพิมล เฉลิมพลาภาพ. (2535). **พฤติกรรมการแสวงหาข่าวสารและการใช้เทคโนโลยีการ
สื่อสารของบริษัทธุรกิจเอกชนที่มียอดขายสูงสุดของประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์
วารสารศาสตรมหาบัณฑิต คณะวารสารศาสตร์และสื่อสารมวลชน, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
Almeida, D.M. (1990). **Fathers' participation in family work: Consequences for
fathers' stress and father-child relations**. Unpublished master's thesis,
University of Victoria, Victoria British Columbia, Canada.
- รูปแบบ: 4. รายงานการประชุมหรือสัมมนาทางวิชาการ
ตัวอย่างเช่น ชื่อผู้แต่ง. //ปีที่พิมพ์.//ชื่อเรื่อง.//ชื่อเอกสารรวมเรื่องรายงานการประชุม./วัน เดือน ปี สถานที่จัด.
เมืองที่พิมพ์: /สำนักพิมพ์.
กรมวิชาการ. 2538. **การจัดกิจกรรมส่งเสริมนิสัยรักการอ่าน**. การประชุมปฏิบัติการณรงค์เพื่อ
ส่งเสริมนิสัยรักการอ่าน, 25-29 พฤศจิกายน 2528 ณ วิทยาลัยครูมหาสารคาม
จังหวัดมหาสารคาม. กรุงเทพฯ: ศูนย์พัฒนาหนังสือ กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.
Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1991). **A motivational approach to self:
Integration in personality**. In R. Dienstbier (Ed.), *Nebraska Symposium on
Motivation: Vol. 38. Perspectives on Motivation* (pp. 237-288). Lincoln:
University of Nebraska Press. *Motivation: Vol. 38. Perspectives on
Motivation* (pp. 237-288). Lincoln: University of Nebraska Press.
- รูปแบบ: 5. พจนานุกรม
ตัวอย่างเช่น พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542. (2546). กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊คพับลิเคชัน.
Shorter Oxford English dictionary (5 th ed.). (2002). New York: Oxford
University Press.

6. วารสาร/นิตยสาร

- รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง.// (ปีที่พิมพ์).// ชื่อเรื่อง.// ชื่อวารสารหรือนิตยสาร, ปีที่ (ฉบับที่), หน้าแรก-หน้าสุดท้าย.
ตัวอย่างเช่น ชำนิ กิ่งแก้ว, และอุษา คณ. (2551). การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยการลดความสูญเสียในกระบวนการผลิตแอลกอฮอล์. วารสารเทคโนโลยีภาคใต้, 1(2), 27-35.
- Klimoski, R., & Palmer, S. (1993). The ADA and the hiring process in organizations. *Consulting Psychology Journal: Practice and Research*, 45(2), 10-36.

7. บทความจากหนังสือพิมพ์

- รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง.// (ปีที่พิมพ์, เดือน, วันที่).// ชื่อเรื่อง.// ชื่อหนังสือพิมพ์,/หน้าที่มาอ้างอิง.
ตัวอย่างเช่น สายใจ ดวงมาลี. (2548, มิถุนายน 7) มาลาเรียลาม3จว.ใต้ตอนบน สธ.เร่งคุมเข้มกันเชื้อแพร่หนัก. *คม-ชัด-ลึก*, 25.
- Di Rado, A. (1995, March 15). Trekking through college: Classes explore modern society using the world of Star Trek. *Los Angeles Time*, p. A3.

8. สื่ออิเล็กทรอนิกส์

- รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง.// (ปีที่พิมพ์).// ชื่อเรื่อง.// สืบค้นจาก// URL
Author, A. A. (Year). **Title of post**. Retrieved from URL
- ตัวอย่างเช่น สำนักงานคณะกรรมการวัฒนธรรมแห่งชาติ กระทรวงวัฒนธรรม. (2545). **ประเพณีใส่กระเจดชาวไทยพวนสอนให้รู้จักแบ่งปัน มีน้ำใจ**. สืบค้นจาก http://www.m-culture.go.th/culture01/highlight/highlightdetail.php?highlight_id=114&lang=th
- Lynch, T. (1996). **DS9 trials and tribble-ations review**. Retrieved from <http://www.bradley.edu/psiphi/DS9/ep/503r.html>

5. **การส่งต้นฉบับ** ผู้นิพนธ์บทความต้องส่งต้นฉบับที่พิมพ์ตามรูปแบบของต้นฉบับในข้อกำหนดของคำแนะนำการเขียนและส่งต้นฉบับวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ในรูปแบบ Word Document (.docx) และ PDF File (.pdf) พร้อมแบบนำส่งบทความวิจัยลงตีพิมพ์เผยแพร่วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์และสำเนาหลักฐานการชำระเงินค่าธรรมเนียมบำรุงวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ มาที่เว็บไซต์ <https://tci-thaijo.org/index.php/vrurdistjournal/index> บทความวิจัยที่ปฏิบัติตามคำแนะนำจะได้รับพิจารณาดำเนินการโดยทันที

6. การประเมินบทความวิจัย และลิขสิทธิ์ในการตีพิมพ์เผยแพร่

- 6.1 **การอ่านประเมินต้นฉบับ** บทความวิจัยต้นฉบับที่ส่งเข้ามาเพื่อลงตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จะได้รับการอ่านประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review) ในสาขานั้น ๆ อย่างน้อยจำนวน 2 ท่านต่อเรื่องและส่งผลการอ่านประเมินคืนผู้นิพนธ์บทความให้เพิ่มเติม แก้ไข แล้วแต่กรณี โดยบทความที่ผ่านการประเมินได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ผู้นิพนธ์บทความจะได้รับหนังสือแจ้งพิจารณาการตีพิมพ์ พร้อมวารสารฉบับที่บทความวิจัยนั้นลงตีพิมพ์ จำนวน 1 ฉบับ

- 6.2 **ลิขสิทธิ์บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์** ถือเป็นกรรมสิทธิ์ของสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ห้ามนำข้อความทั้งหมดหรือบางส่วนไปพิมพ์ซ้ำ เว้นแต่จะได้รับอนุญาตจากมหาวิทยาลัยเป็นลายลักษณ์อักษร

- 6.3 **ความรับผิดชอบ** เนื้อหาต้นฉบับที่ปรากฏในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ เป็นความรับผิดชอบของผู้นิพนธ์บทความหรือผู้เขียนเอง ทั้งนี้ไม่รวมความผิดพลาดอันเกิดจากเทคนิคการพิมพ์

รูปแบบบทความวิจัย
และพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2.54 ซม.

ย่อหน้า 1.25 ซม. หรือประมาณ 7 ตัวอักษร

ชื่อเรื่องภาษาไทย (ตัวหนาขนาด 14 point จัดกึ่งกลาง)
(เว้น 14 point)

ชื่อผู้พิมพ์ภาษาไทย¹//ชื่อผู้พิมพ์ภาษาไทย²//ชื่อผู้พิมพ์ภาษาไทย³// (ตัวหนาขนาด 14 point จัดกึ่งกลาง)
(เว้น 14 point)

บทคัดย่อ (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

บทคัดย่อควรสรุปเนื้อหาทั้งหมดของบทความวิจัย โดยมีเนื้อหาครอบคลุมถึงความสำคัญของปัญหา
วัตถุประสงค์ ผลวิจัยและสรุปผลของการวิจัย กำหนดให้มีความยาวไม่เกิน 15 บรรทัด หรือ 350 คำ เพื่อให้
บทความของท่านได้รับการจัดพิมพ์อย่างถูกต้อง ครบถ้วน ในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์

หมายเหตุ เครื่องหมาย / หมายถึง การเว้นวรรค 1 วรรค

เชิงอรรถ สำหรับระบุสถานะและที่อยู่ของผู้พิมพ์บทความ

คำสำคัญ: (ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจาย)
(เว้น 14 point)

(3 -5 คำ) (ตัวปกติขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)
(เว้น 14 point)

¹(ระบุสถานะและที่อยู่สำหรับติดต่อของผู้พิมพ์บทความที่ 1 ตัวเอียง ขนาด 12 point จัดชิดซ้าย) ตัวอย่างเช่น
นักศึกษาหลักสูตรศษว.บัณฑิต สาขาวิชาบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
อีเมล: rdi_journalsci@vru.ac.th

²(ระบุสถานะและที่อยู่สำหรับติดต่อของผู้พิมพ์บทความที่ 2 ตัวเอียง ขนาด 12 point จัดชิดซ้าย)

³(ระบุสถานะและที่อยู่สำหรับติดต่อของผู้พิมพ์บทความที่ 3 ตัวเอียง ขนาด 12 point จัดชิดซ้าย)

*ผู้พิมพ์หลัก อีเมล:

2.54 ซม.

ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ (ตัวหนาขนาด 14 point จัดกึ่งกลาง)
(เว้น 14 point)

ชื่อผู้พิมพ์ภาษาอังกฤษ¹//ชื่อผู้พิมพ์ภาษาอังกฤษ²//ชื่อผู้พิมพ์ภาษาอังกฤษ³// (ตัวหนาขนาด 12 point จัดกึ่งกลาง)
(เว้น 14 point)

Abstract (ตัวหนาขนาด 14 point ชิดซ้าย)
Abstract must be written in Thai and English, within a maximum of 350 words for each language

ย่อหน้า 1.25 ซม. หรือประมาณ 7 ตัวอักษร

2 ซม. 2 ซม.

..... (ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจาย)
(เว้น 14 point)

Keyword: (ตัวปกติขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)
(เว้น 14 point)

.....

¹Position, Office address, Email address: author 1
²Position, Office address, Email address: author 2
³Position, Office address, Email address: author 3
*Corresponding author, e-mail:

2 ซม.

2.54 ซม.

บทนำ (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

เป็นส่วนของเนื้อหาที่บอกความเป็นมา และเหตุผลนำไปสู่การศึกษาวิจัย

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจ่าย)

(เว้น 14 point)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

ให้ชี้แจงถึงจุดมุ่งหมายของการวิจัย.....

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจ่าย)

(เว้น 14 point)

วิธีดำเนินการวิจัย (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

ควรอธิบายวิธีดำเนินการวิจัย โดยกล่าวถึงวิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง ที่มาของกลุ่มตัวอย่าง แหล่งที่มาของข้อมูล การเก็บและรวบรวมข้อมูล การใช้เครื่องมือ สถิติที่ใช้ในการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจ่าย)

(เว้น 14 point)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

เป็นการเสนอสิ่งที่ได้จากการวิจัยเป็นลำดับอาจแสดงด้วยตารางกราฟ แผนภาพประกอบการอธิบาย ทั้งนี้ถ้าแสดงด้วยตาราง ควรเป็นตารางแบบไม่มีเส้นขอบตารางด้านซ้ายและขวา หัวตารางแบบธรรมดาไม่มีสี ตารางควรมีเฉพาะที่จำเป็นไม่ควรเกิน 5 ตาราง สำหรับรูปภาพประกอบควรเป็นรูปภาพขาว-ดำ ที่ชัดเจนและมีคำบรรยายใต้รูป กรณีที่จำเป็นอาจใช้ภาพสีได้.....

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจ่าย)

(เว้น 14 point)

2 ซม.

สรุป (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

เป็นการสรุปผลที่ได้จากการวิจัยว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่เพียงใด และควรอ้างทฤษฎีหรือเปรียบเทียบการทดลองของผู้อื่นที่เกี่ยวข้องประกอบเพื่อให้ผู้อ่านเห็นด้วยตามหลักการหรือคัดค้านทฤษฎีที่มีอยู่เดิม รวมทั้งแสดงให้เห็นถึงการนำผลไปใช้ประโยชน์.....

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจ่าย)

(เว้น 14 point)

2 ซม.

ข้อเสนอแนะ (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

ควรมี 2 ส่วน คือ ข้อเสนอเกี่ยวกับงานวิจัย และข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจ่าย)

(เว้น 14 point)

กิตติกรรมประกาศ(ถ้ามี) (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

ข้อความแสดงความขอบคุณผู้มีส่วนสนับสนุน ช่วยเหลือ และให้ความร่วมมือในการทำงานวิจัย รวมถึงแหล่งทุนสนับสนุนต่างๆ

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจ่าย)

(เว้น 14 point)

เอกสารอ้างอิง (ตัวหนาขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)

การเขียนเอกสารอ้างอิงและการอ้างอิง ใช้ระบบ APA (American Psychological Association) เท่านั้น ให้เรียงลำดับชื่อผู้แต่งหรือผู้รายงานตามลำดับอักษรเริ่มด้วยเอกสารภาษาไทยก่อน แล้วต่อกับเอกสารภาษาต่างประเทศ.....

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจ่าย)

2 ซม.

ขั้นตอนการตีพิมพ์บทความวิจัย

วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

