

ส่งเสริม เผยแพร่ และแลกเปลี่ยนความรู้ด้านการวิจัย
ระหว่าง คณาจารย์ นิสิต นักศึกษา นักวิชาการ และผู้สนใจทั่วไป



สถาบันวิจัยและพัฒนา



มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
1 หมู่ 20 ถนนพหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 13180
โทรศัพท์ : 0-2909-3036 โทรสาร : 0-2909-3036
<http://rd.vru.ac.th>



วารสารวิจัยและพัฒนา
วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

VRU Research and Development Journal // ISSN 2351-0366

Science and Technology

ปีที่ 18 ฉบับที่ 1 (เดือนมกราคม - เดือนเมษายน 2566)

Volume 18 Number 1 (January - April 2023)



ISSN 2351-0366 ปีที่ 14 ฉบับที่ 2 เดือนพฤษภาคม - เดือนสิงหาคม 2562

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเป็นสื่อกลางในการเผยแพร่ผลงานบทความวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ อาหาร วิทยาศาสตร์การแพทย์และสุขภาพ วิทยาศาสตร์ธรรมชาติ เกษตรศาสตร์ วิทยาศาสตร์ประยุกต์ วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม และเทคโนโลยีสารสนเทศ สื่อนักวิจัย นักวิชาการและผู้สนใจทั่วไป
2. เพื่อเผยแพร่ผลงานบทความวิจัย เพื่อการพัฒนาพื้นที่ในระดับจังหวัด กลุ่มจังหวัด ตำบล หมู่บ้านหรือชุมชน แก่นักวิจัย นักวิชาการและบุคคลทั่วไปได้เสนองานผลงานวิจัยสู่สาธารณะ
3. เพื่อส่งเสริมความร่วมมือในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 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 จรูญธรรม

ผศ.ดร.ภิกษุ กัลยาณมิตร

บรรณาธิการ

ผศ.ดร.ปยุตน์ นิลแสง

รองบรรณาธิการ

ผศ.กุลชาติ พันธวรกุล

คณะผู้จัดทำวารสารและเผยแพร่

ผศ.ดร.วีระวัฒน์ อุณหะนา

อ.ดร.มนฤดี ช่างฉำ

อ.ปวิข เรียงศิริ

นางวราณี จันทพงษ์

น.ส.ปรียา ยอดจันทร์

นายชูศักดิ์ ชันธชาติ

กองบรรณาธิการ

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

ติดต่อสอบถามรายละเอียดได้ที่

สถาบันวิจัยและพัฒนา

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

เลขที่ 1 หมู่ 20 ถนนพหลโยธิน กม.48 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 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 จัดทำขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นสื่อกลางในการเผยแพร่ผลงานบทความวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สู่นักวิจัย และผู้สนใจทั่วไป 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) สำหรับนักวิจัยที่มีความประสงค์จะส่งต้นฉบับเพื่อลงตีพิมพ์ในวารสารวิจัยและพัฒนา สามารถส่งบทความวิจัยดังกล่าวมายังกองบรรณาธิการได้โดยตรง ทั้งนี้บทความวิจัยที่เสนอขอตีพิมพ์ จะต้องไม่เคยหรือได้อยู่ในระหว่างขอเสนอลงตีพิมพ์ในวารสารฉบับอื่นมาก่อน ซึ่งบทความวิจัยดังกล่าวจะต้องได้รับการอ่านและประเมินคุณภาพพร้อมได้รับความเห็นชอบให้ตีพิมพ์เผยแพร่จากผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review) ในสาขาวิชานั้น ๆ ของวารสารวิจัยและพัฒนา จำนวน 3 ท่านก่อนลงตีพิมพ์ บทความวิจัยที่ได้รับการพิจารณาตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิจัยและพัฒนา ถือเป็นกรรมสิทธิ์ของสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ห้ามนำข้อความทั้งหมดหรือบางส่วนไปพิมพ์ซ้ำ เว้นแต่จะได้รับอนุญาตจากมหาวิทยาลัยเป็นลายลักษณ์อักษรหรือมีการอ้างอิงอย่างถูกต้องชัดเจน โดยเนื้อหาต้นฉบับที่ปรากฏในวารสารวิจัยและพัฒนา เป็นความรับผิดชอบของผู้พิมพ์บทความวิจัยเอง ทั้งนี้ไม่รวมความผิดพลาดอันเกิดจากเทคนิคการพิมพ์

ปัจจุบันวารสารวิจัยและพัฒนา ปีที่ 18 ฉบับที่ 1 (เดือนมกราคม – เดือนเมษายน พ.ศ. 2566) ฉบับนี้ได้รับรวบรวมบทความวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 10 เรื่อง เผยแพร่ผ่าน 3 ช่องทาง ได้แก่ การจัดพิมพ์เป็นรูปเล่มวารสาร การเผยแพร่ออนไลน์ผ่านทางเว็บไซต์ <http://rd.vru.ac.th> และเว็บไซต์ <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/vrurdistjournal/>

สุดท้ายนี้ ทางกองบรรณาธิการ ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้การสนับสนุนและส่งผลงานบทความวิจัยเข้าร่วมลงตีพิมพ์ในวารสารวิจัยและพัฒนา อย่างดีตลอดมา

บรรณาธิการ

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ
ประจำวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 18 ฉบับที่ 1

รองศาสตราจารย์ ดร.พรรณี	บัญชาหัตถกิจ
รองศาสตราจารย์ ดร.พิทยา	ใจคำ
รองศาสตราจารย์ ดร.ยุวดี	รอดจากภัย
รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณทิดา	เศวตบวร
รองศาสตราจารย์ ดร.สามารถ	ใจเตี้ย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุลชญา	ลอยหา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐสิมา	โทชน์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน	วิภาณุรักษ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทิศพร	ชูศักดิ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิตยา	พักตร์วิไล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรณีวิภา	แพงศรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัฒนา	อัจฉริยะโพธา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิววรรณ	พูลพันธุ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุจิตกัลยา	มฤครัฐอินแปลง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุจิตตา	เรืองรัมย์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิชนา	สวัสดิ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปัทมทัต	ตันธนปัญญากร
ดร.เพชรวรรณ	รัตนทรงธรรม
ดร.พันธ์ทิพย์	โอฬารรัตน์มณี
ดร.อุรชา	วานิช

สารบัญ

	หน้า
ผลของชนิดของสารให้ความหวานต่อคุณภาพสเปรตกีวีผสมมะตาด (<i>Dillenia indica</i> Linn.)	1
มนัญญา คำวชิระพิทักษ์ สวรรส วรรณพราหมณ์ มงคล วงษ์พูล	
การพัฒนาแบบรูปแบบการจัดการตนเองเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูกด้วยนวัตกรรม	13
สุภาพ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบล ในจังหวัดปทุมธานี	
พลอยณณารินทร์ ราวิณีจ พรสุข หุ่นนิรันดร์	
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ต้านแบคทีเรียฉวยโอกาส และการเสริมฤทธิ์กับยาออกซีเตตรา	29
ชัยคลินและยาแอมพิซิลลินของสารสกัดหยาบจากผลสมอไทย	
วิสาตรี คงเจริญสุนทร สุกัญญา เพชรวงศ์ ชาริพะห์ วาเต็ง	
การศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพของภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วย	43
น้ำว่าเสริมกาบกล้วย	
โสภิตา วิศาลศักดิ์กุล อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์	
ผลของคุณภาพอากาศทางจุลชีววิทยาต่อการเสื่อมสภาพทางชีวภาพของเจดีย์ชัยมงคล	59
วัดใหญ่ชัยมงคล จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	
ทรงพลธนฤทธิ์ มฤครัฐอินแปลง สุจิตกัลยา มฤครัฐอินแปลง สัณญา กุดั่น	
การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับสีย้อมคองโกเรดด้วยวัสดุดูดซับชีวมวลผักตบชวา	73
ประดินันท์ เอี่ยมสะอาด วัชรารณณ์ ต้นติพนาทิพย์	
การพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้ตัวหนอนทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยสอดไส้เนื้อมะขามเทศกวน	89
สินีนาด สุขหนารักษ์ กัญจน์รัชต์ รัตนโรจน์ อภิวัฒน์ ไร่จรรุญ กิตติศักดิ์ ปิ่นเกตุ	
การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าว “พริคาเคะ” รสหม่าล่าเสริมปลาแห้ง	101
chimทอง โมริดา มนัญญา คำวชิระพิทักษ์	
สถานการณ์ระบบเฝ้าระวังและกลไกการป้องกันควบคุมโรคติดต่อในชุมชนพื้นที่จุดผ่อนปรน	115
เพื่อการค้าชายแดนไทย-เมียนมา อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย	
ธนศิลป์ สลีอ่อน ภมรศรี อินทร์ชน พิษณุรักษ์ กันทวิ อมรรัตน์ รัตตานัง ภัทรพล มากมี	
นฤตม์ชัย แก้วสอน ณรงค์ฤทธิ์ เงินทอง ว่าที่ ร.ต. วีระศักดิ์ หมื่นมูลกาศ	
นรินทร์ สุริยนต์ ณรงค์ ลือชา	
ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพตามหลัก 3อ.2ส. ของประชาชนที่มีอายุ 15 ปีขึ้นไป	131
ไปในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล	
ปวีณา รัตนเสนา	

ผลของชนิดของสารให้ความหวานต่อคุณภาพสเปรตกีวีผสมมะตาด (*Dillenia indica* Linn.)มนัญญา คำชิระพิทักษ์^{1*} สวรรส วรรณพราหมณ์² มงคล วงษ์พล³

Received : August 11, 2022

Revised : March 20, 2023

Accepted : March 27, 2023

บทคัดย่อ

ในปี พ.ศ. 2565 ประเทศไทยอยู่ในระยะสังคมผู้สูงอายุอย่างสมบูรณ์ (complete-aged society) ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับการดูแลสุขภาพมากขึ้น ผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพเป็นส่วนสำคัญในการดูแลสุขภาพและลดการเกิดโรคจึงมีความจำเป็นเร่งด่วนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ลดความหวานจากการใช้ชูโครส

สเปรตกีวีผสมมะตาดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีรสชาติหวานอมเปรี้ยวและหอมกลิ่นผลไม้ที่มีอัตราส่วนของเนื้อของผลไม้สูงถึงร้อยละ 70 และน้ำตาลร้อยละ 30 วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของชนิดของสารทดแทนความหวานที่ต่างกันต่อคุณภาพของสเปรตผสมมะตาด จำนวน 4 สูตร คือ สูตรควบคุม S100D0E0 ซึ่งใช้น้ำตาลซูโครสร้อยละ 100 สูตร S50D50E0 ที่ลดปริมาณน้ำตาลซูโครสลงร้อยละ 50 และแทนที่ด้วยสารทดแทนความหวานทางการค้า D (ประกอบด้วยซูคราโลส และอะซีซัลแฟมโพแทสเซียม) และสูตร S50D0E50 ที่แทนที่ด้วยสารอิริทริทอล (erythritol, E) ที่ลดปริมาณน้ำตาลซูโครสลงร้อยละ 50 และแทนที่ด้วยสารทดแทนความหวาน และสูตร S0D50E50 ที่แทนที่ด้วยสารทดแทนความหวาน D และ E (คำนวณโดย relative sweetness)

การประเมินทางประสาทสัมผัสแสดงให้เห็นว่าความชอบโดยรวมของ S0D50E50 สูงที่สุดโดยแตกต่างจากการควบคุมในด้านกลิ่นที่เป็นลักษณะเฉพาะของการเคี้ยวน้ำตาล การใช้สารทดแทนน้ำตาลซูโครสทำให้ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มสูงขึ้นโดยผลิตภัณฑ์สูตร S0D50E50 มีค่าสี L^* (ค่าความสว่าง), a^* (ค่าความเป็นสีแดง) และ b^* (ค่าความเป็นสีเหลือง) เท่ากับ 52.96, - 0.09 และ 11.97 ตามลำดับ มีปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ทั้งหมดเท่ากับ 62.75 องศาบริกซ์ ค่ากิจกรรมของน้ำ (a_w) เท่ากับ 0.88 ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งเท่ากับ 46.66 กรัม ค่าแรงดึง 29.50 กรัม ไม่แตกต่างกับสูตรควบคุม ($P \geq 0.05$) ส่วนค่าความเหนียวยึดติด 5.40 มิลลิจูลน้อยกว่าสูตรควบคุม ($P \leq 0.05$) ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถส่งเสริมให้เป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพในเชิงพาณิชย์ได้

คำสำคัญ: กีวี มะตาด สเปรต สารทดแทนความหวาน สารให้ความหวาน

¹ รองศาสตราจารย์ ดร.หลักสูตรคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
อีเมล: manunya@vru.ac.th

² นักศึกษา หลักสูตรคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
อีเมล: sawarot.wan@vru.ac.th

³ นักศึกษา หลักสูตรคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
อีเมล: mongkol.wong@vru.ac.th

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: manunya@vru.ac.th

EFFECT OF DIFFERENT SWEETENERS ON THE QUALITY AND ACCEPTABILITY OF MIXED SPREAD KIWI AND MA-TAD (*Dillenia indica* Linn.)

Manunya Khamwachiraphitak^{1*} Sawarot Wannapram² Mongkol Wonpoon³

Abstract

In 2022, Thailand is fully aging society. Most consumers pay more attention to health care. Health food products are an important part of health care and disease reduction. Therefore, there is an urgent need to develop products, especially products that reduce sweetness from the use of sucrose.

The Mixed Spread Kiwi fruit and Ma-tad (*Dillenia indica* Linn.) is a sweet and sour product that has a fruity aroma with a proportion of fruit pulp of up to 70% and sugar of 30%. The objectives of this research were studied the effect of different types of sweeteners on the quality of The Mixed Spread Kiwi fruit and Ma-tad (*Dillenia indica* Linn.) in 4 formulas, the control formula (S100D0E0; 100% sucrose), the S50D50E0 formula (50% sucrose content and replaced with commercial sweetener D (Nonnutritive Sweeteners had containing with sucralose and acesulfame potassium), and the S50D0E50 formula (replaced with 50% erythritol (E), and S100D0E0 formula (0% sucrose and substituted by D and E) calculated by relative sweetness.

Sensory evaluations showed that overall preference for S0D50E50 was highest, differing from controls in the characteristic odor of simmering sugar. The use of sucrose substitute tended to increase the brightness value of the product. Formula S0D50E50 had color values of L^* (lightness), a^* (redness) and b^* (yellowness). equal to 52.96, - 0.09 and 11.97 respectively, 62.75^oBrix, a_w was 0.88. The hardness of the product was 46.66 g, the adhesive force was 29.50 g, which was not different from the control formula ($P \geq 0.05$) but the adhesiveness was 5.40 mJ less than the control formula ($P \leq 0.05$). This developed product can be promoted as a commercial health product.

Keywords: Kiwi fruit, *Dillenia indica* Linn., Spread, Substituted sweetener, Sweeteners

¹ Associate Professor Dr., Home economics Program, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, e-mail: manunya@vru.ac.th

² Undergraduate student, Home economics Program, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, e-mail: sawarot.wan@vru.ac.th

³ Undergraduate student, Home economics Program, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, e-mail: mongkol.wong@vru.ac.th

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

บทนำ

จากการที่ประเทศไทยเข้าสู่สังคมสูงอายุอย่างสมบูรณ์ (Complete-aged society) ในปี พ.ศ. 2565 ทำให้ผู้บริโภคมหันมาใส่ใจกับการดูแลสุขภาพมากขึ้น อาหารเป็นหนึ่งในปัจจัยหลักที่จะช่วยให้สุขภาพร่างกายแข็งแรงจึงทำให้เกิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ เพื่อให้มีส่วนช่วยในการดูแลสุขภาพโดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์อาหารที่ลดความหวานจากการใช้น้ำตาลมากขึ้นเรื่อย ๆ สารที่ให้ความหวานแทนน้ำตาลทราย หรือซูโครสที่นิยมใช้กันมีหลายชนิด โดยสามารถจัดเป็นกลุ่มหลัก 2 กลุ่ม

สารทดแทนความหวานกลุ่มที่ 1 คือกลุ่มที่เป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์ (Sugar alcohols) หรือโพลีออล (Polyols) สารกลุ่มนี้มีรสหวานน้อยกว่าหรือเท่ากับน้ำตาลซูโครส สามารถให้พลังงานได้ แต่เนื่องจากสารเหล่านี้ถูกดูดซึมได้ช้ากว่าและไม่สมบูรณ์ บางส่วนของสารเหล่านี้จึงถูกขับถ่ายออกจากร่างกายก่อนที่จะมีการดูดซึมไปใช้ทำให้ร่างกายได้รับพลังงานน้อยกว่าและไม่กระตุ้นการหลั่งอินซูลินอย่างรวดเร็วเท่ากับน้ำตาลกลูโคสและซูโครส เช่น ซอร์บิทอล (Sorbitol) ซิลิทอล (Xylitol) อิริทริทอล (Erythritol) เป็นต้น (อรนาฏ มาตังคสมบัติ และพนิดา ธัญญศรีสังข์, 2562) อิริทริทอลเป็นสารทดแทนความหวานที่มีรสชาติคล้ายน้ำตาลทรายมาก มีระดับความหวานอยู่ที่ร้อยละ 60-70 ของน้ำตาลทราย อิริทริทอล เป็นสารทดแทนความหวานตามธรรมชาติที่มีความสำคัญมากขึ้นเรื่อยๆ โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมอาหาร มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในผลิตภัณฑ์อาหารลดพลังงาน เช่น ลูกอม หรือผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ โดยอิริทริทอลมีค่าไกลซีมิกอินเด็กซ์ (Glycemic Index, GI) เท่ากับ 0 ให้พลังงาน 0.2 กิโลแคลอรีต่อกรัม และความหวาน 0.6-0.8 เท่า สารทดแทนความหวานซูคราโลส มีค่าไกลซีมิกอินเด็กซ์เท่ากับ 0 ให้พลังงาน 0 กิโลแคลอรีต่อกรัมและความหวาน 320.0-1,000 เท่าของน้ำตาลซูโครส (Regnat *et. al.*, 2018) อิริทริทอลมีขนาดโมเลกุลที่เล็กกว่าน้ำตาลแอลกอฮอล์ชนิดอื่นๆ ทำให้ร้อยละ 90 ของอิริทริทอลที่รับประทานเข้าไปสามารถดูดซึมได้ที่ลำไส้เล็กอย่างรวดเร็ว และถูกขับออกไปกับปัสสาวะโดยไม่เปลี่ยนโครงสร้าง (ร่างกายเผาผลาญเป็นพลังงานไม่ได้) และส่วนที่ไม่ได้ดูดซึมเข้าร่างกาย แบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ก็ย่อยมันเป็นพลังงานได้ยากมาก จึงทำให้เกิดแก๊สหรือความไม่สบายท้องน้อยกว่าน้ำตาลแอลกอฮอล์ตัวอื่นๆ ทำให้กำลังเป็นที่นิยมในกลุ่มคนรักสุขภาพประเภทอาหารคีโต นอกจากนี้อิริทริทอลมีความสำคัญอย่างยิ่งและอาจถือได้ว่าเป็นสารทดแทนน้ำตาลที่ต้องการสำหรับผู้ที่ เป็นโรคเบาหวานหรือก่อนเป็นเบาหวานที่เติบโตอย่างรวดเร็วเพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดภาวะแทรกซ้อนจากเบาหวาน อิริทริทอลจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งและถือได้ว่าเป็นสารทดแทนน้ำตาลที่ต้องการสำหรับผู้ที่ เป็นเบาหวานหรือก่อนเป็นเบาหวานที่เติบโตอย่างรวดเร็วเพื่อลดความเสี่ยงที่จะเกิดภาวะแทรกซ้อนจากเบาหวาน ไม่ได้ส่งผลต่อระดับกลูโคสหรืออินซูลิน จึงเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับน้ำตาลในผู้ป่วยเบาหวาน รวมทั้งสำหรับผู้ที่ต้องการหรือต้องการจัดการระดับน้ำตาลในเลือด อันเนื่องมาจาก Prediabetes หรือการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตที่บกพร่อง (Boesten *et. al.*, 2015)

สารทดแทนความหวานกลุ่มที่ 2 เป็นสารทดแทนความหวานที่ไม่มีคุณค่าทางโภชนาการ (Nonnutritive Sweeteners, NNS) ซึ่งไม่ให้พลังงานหรือให้พลังงานต่ำ เป็นสารที่ให้ความหวานมากกว่าสารทดแทนความหวานที่ให้พลังงาน (caloric sweeteners) ในปริมาณน้ำหนักที่เท่ากัน ให้รสชาติหวานจัด ดังนั้นเมื่อใช้สารเหล่านี้ทดแทนสารทดแทนความหวานที่ให้พลังงาน จึงสามารถใช้ปริมาณที่น้อยกว่าและไม่เพิ่มพลังงานในอาหารหรือเครื่องดื่ม ได้แก่ แซ็กคาริน (Saccharin) แอสปาร์แตม (Aspartame) อะซีซัลแฟม โฟแทสเซียม (Acesulfamepotassium, Ace-K) ซูคราโลส (Sucralose) โอแทม (Neotame) แอดวานแทม (Advantame) สารสกัดจากหญ้าหวานหรือสตีวียอไซด์ (Stevioside) สารสกัดจากผลหลอฮังก้วย เป็นต้น โดยปัจจุบันสารให้ความหวานแทนน้ำตาลที่แพร่หลายในสหรัฐอเมริกาได้แก่ ซูคราโลส อะซีซัลแฟม โฟแทสเซียม และ แอสปาร์แตม (อรนาฏ มาตังคสมบัติ และ พนิดา ธัญญศรีสังข์, 2562) โดยซูคราโลสเป็น

สารทดแทนความหวานซึ่งมีความหวานสูงเป็น 600 เท่าของน้ำตาลทราย ได้รับอนุญาตจากองค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (Food and Drug Administration, FDA) ให้ใช้เป็นสารทดแทนความหวานทั่วไปได้ (General-purpose sweetener) ซูคราโลสมีข้อดี คือ รสชาติดี คล้ายน้ำตาล ไม่มีรสขม ใช้ได้หลากหลาย ทนความร้อนในการหุงต้มและอบเนื่องจากซูคราโลสมีความหวานสูงมาก ดังนั้นจึงใช้ในปริมาณน้อยมาก ทำให้จำเป็นต้องหาสารประกอบอื่นมาผสมเพื่อเพิ่มปริมาณบรรจุของส่วนใหญ่ผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้จะมีการใช้ร่วมกับสารทดแทนความหวานชนิดอื่น เช่น ในผลิตภัณฑ์สารทดแทนยี่ห้อ D ที่มีส่วนผสมอิริทริทอลและซูคราโลสเป็นส่วนผสม เป็นต้น ตัวอย่างการใช้ซูคราโลสทดแทนการใช้น้ำตาลซูโครส เช่น นำซูคราโลสมาทดแทนน้ำตาลซูโครสในอาหารว่างพลังงานต่ำสำหรับผู้สูงอายุ 3 ชนิดคือ ขนมทองเอกทดแทนในระดับร้อยละ 75 ขนมอาลัวทดแทนในระดับร้อยละ 50 และขนมขอม่วงทดแทนในระดับร้อยละ 50 ทำให้อาหารมีพลังงานและน้ำตาลลดลงจากการทดแทนด้วยน้ำตาลซูคราโลสและนมชาดมันเนย ผลิตภัณฑ์ได้รับคะแนนความชอบ เฉลี่ยในทุกคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสระดับชอบมาก (วิษุมา เตชะสิริวิชัย, 2563)

ผลิตภัณฑ์ประเภทแยม เป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณน้ำตาลสูง การลดความหวาน โดยใช้สารทดแทนความหวานทดแทนการใช้น้ำตาลซูโครสส่งผลต่อคุณสมบัติการให้ความหนืดของส่วนผสมแตกต่างกัน ขึ้นกับชนิดและระดับการทดแทนของสารทดแทนความหวาน (ณัฐรัตน์ ศรีสังวาลย์, 2555) แยมโดยทั่วไปความเข้มข้นของน้ำตาลเป็นส่วนทำให้เกิดความแข็งแรงของโครงสร้างเจลมีส่วนทำให้เพคตินในน้ำผลไม้ตกตะกอนเป็นเจล ปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมที่สุดคือร้อยละ 67.5 ถ้าความเข้มข้นน้อยกว่านี้เจลจะอ่อน แต่ถ้าความเข้มข้นสูงกว่านี้จะเกิดการตกผลึก โดยปริมาณความหวานในแยมไม่ควรเกิน 70 องศาบริกซ์ ในการทำแยมโดยทั่วไปน้ำตาลที่ใช้คือน้ำตาลทรายหรือที่เรียกว่าน้ำตาลซูโครส (มนัญญา คำชะริะพิทักษ์, 2561) ตัวอย่างการพัฒนาผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ เช่น แยมเคพกูสเบอร์พลังงานต่ำ สำหรับผู้ป่วยเบาหวานโดยใช้สารสกัดหญ้าหวานทดแทนน้ำตาล สามารถลดปริมาณน้ำตาลลงร้อยละ 75 และใช้สารสกัดหญ้าหวานที่ 250 ส่วนในล้านส่วน (ppm) มีค่าพลังงานอยู่ที่ 265.34 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม ปริมาณไขมันและคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 0.10 และ 65.72 กรัมต่อ 100 กรัม 100 กรัม (รัชนิ ไสยประจง และคณะ, 2561) การใช้ฟรุคโตสไอโซปรูมกับซูคราโลสในแยมผลไม้รวม (มนัญญา คำชะริะพิทักษ์ และคณะ, 2559) เป็นต้น

สเปรตเป็นผลิตภัณฑ์สำหรับทาขนมปัง สามารถทำจากผลไม้ได้หลากหลายชนิด สเปรตกีวีผสมมะตาดมีลักษณะคล้ายกับแยม มีจุดเด่นคือมีเนื้อของผลไม้สูงถึงร้อยละ 70 ผู้วิจัยและคณะ (สวรส วรรณพราหมณ์ และคณะ, 2565) ได้แปรรูปเป็นสเปรตจากผลมะตาดอ่อนสายพันธุ์ข้าวเหนียว ซึ่งเป็นพืชพื้นถิ่นที่ชาวอมูร์รู้จักกันดี ผสมกับผลไม้ที่ได้รับความนิยมคือ กีวีเพื่อให้เป็นสเปรตที่เข้าถึงคนรุ่นใหม่ได้ง่าย เป็น สเปรตกีวีผสมมะตาด เป็นการอนุรักษ์และเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลมะตาด มีกลิ่นหอม มีรสชาติหวานอมเปรี้ยว และได้สรรพคุณจากมะตาด (*Dillenia indica* Linn.) ที่มีสารฟลาโวนอยด์และสารฟีนอลิกซึ่งมีฤทธิ์ช่วยต่อต้านอนุมูลอิสระ ต้านมะเร็ง ต้านอาการท้องร่วง ยาต้านจุลชีพ (Gandhi & Mehta, 2013) เมื่อนำผลมะตาดแห้งบดละเอียดมาสกัดพบว่า สารสกัดน้ำจากผลมะตาดมีปริมาณฟีนอลิกรวมและปริมาณฟลาโวนอยด์รวมเท่ากับ 15.7596 มิลลิกรัมสมมูลแกลลิกตอพิชแห้ง 1 กรัม และ 12.1592 มิลลิกรัมสมมูลแคทีชินตอพิชแห้ง 1 กรัม (การะเกตุ โบอ่องเจริญลาภ และคณะ, 2561) มะตาดมีสรรพคุณช่วยลดอัตราเสี่ยงของโรคกระเพาะ ภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่อง ช่วยชะลอการแก่ก่อนวัย และโรคความจำเสื่อม เป็นต้น เนื่องจากผลมะตาดมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันได้ (การะเกตุ โบอ่องเจริญลาภ และคณะ, 2561) มะตาดถูกนำมาผสมกับกีวีสายพันธุ์ Bruro ในสัดส่วนที่เหมาะสมคือเท่ากับ 50 ต่อ 50 และมีสัดส่วนผลไม้ต่อน้ำตาลซูโครส เท่ากับ 70 ต่อ 30 (สวรส วรรณพราหมณ์ และคณะ, 2565) อย่างไรก็ตาม ด้วย

กระแสรักสุขภาพ คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดพัฒนาต่อยอดในการทำเป็นสเปรตกีวีผสมมะตาดให้เป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ โดยศึกษาชนิดและปริมาณของสารทดแทนความหวานเพื่อทดแทนการใช้น้ำตาลซูโครส ในผลิตภัณฑ์สเปรตกีวีผสมมะตาด พร้อมทั้งศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค และวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. การศึกษาการใช้สารทดแทนความหวานในผลิตภัณฑ์สเปรตกีวีผสมมะตาดที่เหมาะสมต่อการทำสเปรตกีวีผสมมะตาด
2. การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค และวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมวัตถุดิบและการผลิตสเปรต

1.1 การเตรียมวัตถุดิบ

นำกีวีพันธุ์ Bruno ที่สุกจัดมาล้างให้สะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ (ขนาด 1×1×1 เซนติเมตร) นำทั้งน้ำและเนื้อไปแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ในตู้แช่แข็ง (Sharp รุ่น SJ-CX200T-W ประเทศญี่ปุ่น) เพื่อรอการผลิตเป็นสเปรต สำหรับมะตาดผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพ (ตามกรรมวิธีที่ได้ ขออนุญาตสิทธิบัตร เลขที่ 2103002960) นำไปแช่แข็งที่ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการผลิตเป็นสเปรต ก่อนนำไปผลิตให้นำออกมาจากตู้แช่แข็ง แล้วนำไปผสมน้ำสะอาดที่อัตราส่วน 1 ต่อ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และปั่นด้วยเครื่องปั่น (Philips รุ่น HR2061, ประเทศจีน) ที่ความเร็วระดับ 3 เป็นเวลา 30 วินาที (สวรส วรณพราหมณ์ และคณะ, 2565) วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการทำสเปรตกีวีผสมมะตาดแสดงดังภาพที่ 1



เนื้อมะตาดปั่น



เนื้อกีวี

ภาพที่ 1 ผลมะตาด เนื้อมะตาดแช่เยือกแข็ง เนื้อมะตาดปั่นและเนื้อกีวี

1.2 กรรมวิธีการผลิตสเปรต

นำกีวีและมะตาดมาละลายน้ำแข็ง ซึ่งส่วนผสมที่มีส่วนผสมของกีวีและมะตาด โดยใช้สูตรสเปรตกีวีผสมมะตาดของ สวรส วรณพราหมณ์ และคณะ (2565) ที่มีสัดส่วนของกีวีต่อมะตาดเท่ากับ 50 ต่อ 50 โดยน้ำหนักและมีสัดส่วนผลไม้ต่อน้ำตาลซูโครส เท่ากับ 70 ต่อ 30 โดยน้ำหนัก (สูตรควบคุม) นำไปต้มให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และใส่สารทดแทนความหวานตามปริมาณที่กำหนดในแต่ละสูตร โดยแบ่งน้ำตาลส่วนหนึ่งผสมกับเพคตินให้เข้ากัน เมื่อใกล้ได้ความหนืดที่ต้องการ ตามด้วยเพคตินที่ผสมน้ำตาลลงไป ต้มต่อนาน 17 นาที หรือปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 60 ถึง 65 องศาบริกซ์

หลังจากนั้นปิดไฟ บรรจุลงภาชนะปิดสนิท ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องรอให้เซตตัว (มนัญญา คำชิริพิทักษ์ และคณะ, 2559; สวรรส วรรณพราหมณ์ และคณะ, 2565)

2. ศึกษาชนิดของสารทดแทนความหวานที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์กวีวีเสริมมะตาด

ในขั้นตอนนี้จะทำการศึกษาชนิดของสารทดแทนความหวานที่ต่างกันในผลิตภัณฑ์เปรตกีวีผสมมะตาดจำนวน 4 สูตร โดยใช้สูตรสเปรตกีวีผสมมะตาดของ สวรรส วรรณพราหมณ์ และคณะ (2565) ที่มีสัดส่วนของกีวีต่อมะตาดเท่ากับ 50 ต่อ 50 และมีสัดส่วนผลไม้ต่อน้ำตาลซูโครส เท่ากับ 70 ต่อ 30 เป็นสูตรควบคุม

สารให้ความหวานที่ให้พลังงานคือ สูตรควบคุม คือใช้น้ำตาลซูโครส (S) ร้อยละ 100 (S100D0E0) เปรียบเทียบกับการใช้สารทดแทนความหวานที่ไม่ให้พลังงาน 2 ชนิด คือ สารทดแทนความหวานที่ไม่ให้พลังงานทางการค้า D (ประกอบด้วยซูคราโลส และอีริทริทอล) และ อีริทริทอล (E; Erythritol) ทดแทนน้ำตาลซูโครส 3 สูตร คือ สูตร S50D50E0, S50D0E50 และ S0D50E50 โดยสูตร S50D50E0 เป็นสารผสมระหว่างซูโครส (S) และสารให้ความหวานทางการค้า (D) ซึ่งประกอบด้วยสารทดแทนความหวานชนิดผสม ในอัตราส่วน 50 ต่อ 50 (คำนวณโดย Relative sweetness) และ สูตร S50D0E50 เป็นสารผสมระหว่างซูโครส (S) และสารอีริทริทอล (E) ซึ่งเป็นสารให้ความหวานที่ไม่ให้พลังงานทางการค้า นิยมในกลุ่มคนรักสุขภาพ ประเภทอาหารคีโตและลดความหวานจากน้ำตาลซูโครส ในอัตราส่วน 50 ต่อ 50 (คำนวณโดย relative sweetness) และสูตร S0D50E50 เป็นสารผสมระหว่างสารทดแทนความหวานทางการค้า (D) และสารอีริทริทอล (E) ในสัดส่วน 50 ต่อ 50 (คำนวณโดย relative sweetness) เช่นกัน

3. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค และวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์

การทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบชิม ในคุณลักษณะด้าน สี กลิ่น รสชาติเปรี้ยว รสชาติหวาน เนื้อสัมผัส (ความยากง่ายในการสเปรต) และความชอบโดยรวม ทำการทดสอบจำนวน 2 ซ้ำ ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน โดยใช้เกณฑ์การทดสอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) คือ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9 = ชอบมากที่สุด

การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนี้

วัดค่าสี L^* (ค่าความสว่าง), a^* (ค่าความเป็นสีแดง) และ b^* (ค่าความเป็นสีเหลือง) ด้วยเครื่อง Konica Minolta Minolta (รุ่น CR – 400 ประเทศสหรัฐอเมริกา)

ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ทั้งหมด (Total soluble solids, TSS) ด้วยเครื่อง Hand-Held Refractometer (Atago รุ่น ATC-2E ประเทศญี่ปุ่น)

วัดค่ากิจกรรมของน้ำ (water activity, a_w) ด้วยเครื่อง novasina (รุ่น LabSwift- a_w ประเทศสหรัฐอเมริกา)

วิเคราะห์ค่าความเป็นกรดต่างด้วยเครื่อง Pocket pH Meter (Milwaukee Martini รุ่น pH56 ประเทศสหรัฐอเมริกา)

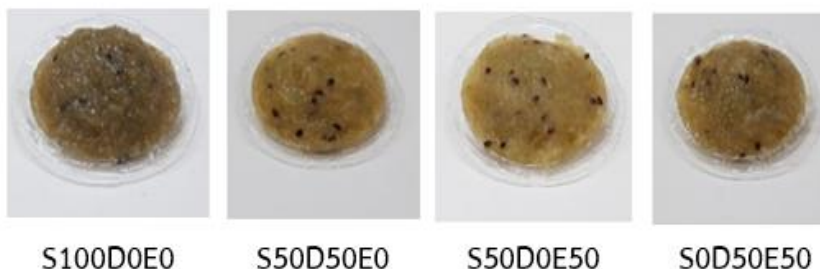
วิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) ยี่ห้อ Brookfield (รุ่น CT3 ประเทศสหรัฐอเมริกา) โดยใช้หัววัด TA18 12.7 mm. dia. ด้วยแรงกด 1 มิลลิเมตรต่อวินาที โดยบันทึกค่าความแข็ง (Hardness) ค่าแรงดึงความเหนียวยึดติด (Adhesive) และ ค่าการยึดติด (Adhesiveness)

4. การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ

การทดลองนี้ การวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) สำหรับลักษณะการทดสอบทางกายภาพ และวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (Randomized Completely Block Design, RCBD) สำหรับการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan New Multiple Range's Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสถิติ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

อัตราส่วนของกวีต่อมะตาดเท่ากับ 50 ต่อ 50 และมีอัตราส่วนผลไม้ต่อน้ำตาลซูโครส เท่ากับ 70 ต่อ 30 เป็นสูตรควบคุม (S100D0E0) เปรียบเทียบระหว่างสารทดแทนความหวานที่ให้พลังงานคือ สูตร S50D50E0, S50D0E50 และ S0D50E50 ลักษณะของผลิตภัณฑ์แสดงดังภาพที่ 2 และผลทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงดังตารางที่ 1



ภาพที่ 2 สเปรตกวีเสริมมะตาด ที่ใช้ชนิดของสารทดแทนความหวานที่ต่างกัน

S100D0E0 สเปรตที่ใช้น้ำตาลซูโครส (S) ร้อยละ 100

S50D50E0 สเปรตสูตรที่มีสารผสมระหว่างซูโครส (S) และสารให้ความหวานทางการค้า (D) เท่ากับ 50 ต่อ 50

S50D0E50 สเปรตสูตรที่มีสารผสมระหว่างซูโครส (S) และสารอิริทริทอล (E) เท่ากับ 50:50

S0D50E50 สเปรตสูตรที่มีสารผสมระหว่างสารให้ความหวานทางการค้า (D) และสารอิริทริทอล (E) เท่ากับ 50 ต่อ 50

จากภาพที่ 2 ลักษณะสเปรตที่ได้มีสีใกล้เคียงกัน คือ สีเหลืองอมเขียว ตามลักษณะของวัตถุดิบที่ใช้คือ มะตาดเหลือง และกวีซึ่งมีสีเขียว โดยสูตรควบคุมมีสีเข้มกว่าสูตรที่ใช้สารทดแทนความหวานเล็กน้อยสอดคล้องกับค่าสี b^* (ตารางที่ 2) ซึ่งเป็นผลจากปฏิบัติการเกิดสีน้ำตาลของน้ำตาลซูโครสในระหว่างการผลิต

ตารางที่ 1 คะแนนความชอบของสเปรตกีวีผสมมะตาดที่ใช้ชนิดของสารทดแทนความหวานที่แตกต่างกัน

คุณลักษณะ	S100D0E0	S50D50E0	S50D0E50	S0D50E50
สี ^{ns}	7.45±1.27	6.75±0.85	6.85±1.08	7.30±0.24
รสชาติเปรี้ยว ^{ns}	7.50±0.74	7.25±0.91	7.30±0.97	7.50±0.94
รสชาติหวาน ^{ns}	7.20±1.05	7.05±0.82	7.05±1.27	7.20±1.05
กลิ่น	7.75±0.91 ^a	7.00±0.85 ^b	7.25±0.85 ^a	7.20±1.00 ^b
ความยากง่ายในการสเปรต	7.40±1.18 ^a	6.70±1.21 ^b	7.15±1.22 ^b	7.55±1.19 ^a
ความชอบโดยรวม	7.65±0.87 ^a	6.80±0.95 ^b	7.40±1.04 ^{ab}	7.50±1.14 ^a

หมายเหตุ ^{a-b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวเดียวกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 1 พบว่า เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสารทดแทนความหวานที่ให้พลังงาน สูตร S100D0E0 กับสารทดแทนความหวานที่ไม่ให้พลังงาน สูตร S0D50E50 ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด ทั้งทางด้านสี รสชาติเปรี้ยว รสชาติหวาน ความยากง่ายในการสเปรต และความชอบโดยรวม โดยผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับทางด้านกลิ่นของสูตรที่มีน้ำตาลซูโครสมากกว่า

หากเปรียบเทียบในกลุ่มที่มีทดแทนด้วยสารทดแทนความหวานที่ไม่ให้พลังงานร้อยละ 50 ซึ่งได้แก่ สูตร S50D50E0 และ S50D0E50 พบว่าได้รับคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันในด้านสี รสชาติเปรี้ยว รสชาติหวาน ความยากง่ายในการสเปรต และความชอบโดยรวม โดยผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับทางด้านกลิ่นของสูตร S50D0E50 ที่มีน้ำตาลซูโครส (S) ผสมกับอิริทริทอล (E) มากกว่า แต่เมื่อเทียบกับการใช้สารทดแทนความหวานที่ให้พลังงานร้อยละ 100 (สูตร S100D0E0) สูตรที่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบใกล้เคียง คือ สูตร S50D0E50

โดยสำหรับด้านสี พบว่า ทุกสูตรได้รับคะแนนความชอบไม่แตกต่างกัน ($P \geq 0.05$) แสดงว่าปริมาณของชนิดน้ำตาลต่างๆ ไม่มีผลต่อความชอบทางด้านสี แต่หากดูจากแนวโน้มค่าคะแนนจะพบว่าสูตรควบคุมมีค่าเฉลี่ยคะแนนมากที่สุด คือ 7.45 คะแนน รองลงมาคือ S0D50E50 (7.30 คะแนน), S50D0E50 (6.65 คะแนน) และ S50D50E0 (6.75 คะแนน) ตามลำดับ ในด้านรสชาติเปรี้ยวและรสชาติหวาน พบว่า ทุกสูตรได้รับคะแนนความชอบไม่แตกต่างกัน ($P \geq 0.05$) โดยในด้านรสชาติเปรี้ยวมีค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบในระดับชอบปานกลาง (7.25 – 7.50 คะแนน) เช่นเดียวกับด้านรสชาติหวาน (7.05 – 7.20 คะแนน) หากดูจากแนวโน้มค่าคะแนนจะพบว่าสูตรควบคุม และสูตร S0D50E50 มีค่าเฉลี่ยคะแนนมากที่สุด ด้านกลิ่น สูตรที่ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุดคือ สูตรควบคุม (7.75 คะแนน) ซึ่งไม่แตกต่างกับสูตร S50D0E50 (7.25 คะแนน) รองลงมาคือ สูตร S0D50E50 (7.20 คะแนน) และสูตร S50D50E0 (7.00 คะแนน)

สำหรับด้านความยากง่ายในการสเปรต สูตรที่ได้รับคะแนนการยอมรับมากที่สุดคือ สูตร S0D50E50 (7.55 คะแนน) ซึ่งไม่แตกต่างกับสูตรควบคุม (7.40 คะแนน) มีค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบในระดับชอบปานกลาง รองลงมาคือ สูตร S50D0E50 (7.15 คะแนน) และ S50D50E0 (6.70 คะแนน) และสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด คือ สูตรควบคุม (7.65 คะแนน) ซึ่งไม่แตกต่างกับ สูตร S0D50E50 (7.50 คะแนน)

มีค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบในระดับชอบปานกลาง รองลงมา คือ สูตร S50D0E50 (7.40 คะแนน) และ S50D50E0 (6.80 คะแนน)

ตารางที่ 2 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของสเปรตกีวีผสมมะตาคที่ใช้ชนิดของสารทดแทนความหวานที่แตกต่างกัน

คุณภาพ	S100D0E0	S50D50E0	S50D0E50	S0D50E50
ค่าสี				
L^*	51.15±1.38 ^b	54.42±2.63 ^a	53.31±2.70 ^{ab}	52.96±0.65 ^{ab}
a^{*TS}	-0.18±0.14	0.07±0.36	-0.25±0.14	-0.09±0.57
b^*	7.60±1.34 ^b	12.39±2.23 ^a	11.56±1.61 ^a	11.97±0.73 ^a
เวลาที่ใช้ในการต้มเคี่ยว	17 นาที	22 นาที	22 นาที	22 นาที
TSS (องศาบริกซ์)	60.50±0.53 ^c	62.87±0.35 ^a	62.00±0.00 ^b	62.75±0.46 ^a
a_w	0.85±0.02 ^c	0.90±0.02 ^a	0.84±0.00 ^c	0.88±0.00 ^b
Hardness (g)	167.16±88.88 ^{ab}	100.33±51.34 ^b	338.00±323.85 ^a	40.66±11.07 ^b
Adhesive force (g)	89.16±39.33 ^{ab}	71.33±35.63 ^{ab}	110.83±82.35 ^a	29.50±10.17 ^b
Adhesiveness (mJ)	10.98±2.07 ^a	12.33±6.10 ^a	11.26±5.93 ^a	5.40±1.71 ^b

หมายเหตุ ^{a-c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวเดียวกันไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การใช้สารทดแทนความหวานยังส่งผลต่อคุณสมบัติการให้ความหนืดของส่วนผสมแตกต่างกันขึ้นกับชนิด และระดับการทดแทนของสารทดแทนความหวาน (ณัฐรัตน์ ศรีสังวาลย์, 2555) และน้ำตาลเมื่อต้มเคี่ยวจะส่งผลของความข้นหนืดของส่วนผสมสเปรต ดังนั้นเมื่อลดปริมาณน้ำตาลซูโครส (S) ลงและทดแทนด้วยสารทดแทนความหวานที่ไม่ให้พลังงานชนิด D และ E จึงทำให้ต้องเพิ่มระยะเวลาในการต้มเคี่ยวเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความหนืด เมื่อวิเคราะห์หาค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของสเปรต พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด อยู่ในช่วง 60 - 62 องศาบริกซ์ โดยสูตรที่ลดปริมาณน้ำตาลซูโครสและใช้สารทดแทนความหวานอื่นทดแทนนั้นต้องเพิ่มระยะเวลาในการต้มเคี่ยวจากสูตรควบคุมจาก 17 นาทีเป็น 22 นาที เพื่อให้ได้เนื้อสเปรตที่เหมาะสม ดังภาพที่ 2

จากตารางที่ 2 ค่าการวัดเนื้อสัมผัส เมื่อเปรียบเทียบการใช้สารทดแทนความหวานทดแทนน้ำตาลซูโครสร้อยละ 50 ด้วยสารทดแทนความหวาน D และ E พบว่า สูตรที่ใช้สาร E (S50D0E50) จะช่วยให้เกิดเนื้อสัมผัสที่มากกว่าสาร D (S50D50E0) (ตารางที่ 3) ซึ่งพบว่าสูตร S50D0E50 มีค่าความแข็งมากกว่า และมีแนวโน้มค่าแรงดึงความเหนียวยึดติดและค่าการยึดติดมากกว่าสูตร S50D50E0 โดย สูตร S50D0E50 มีค่าเท่ากับ 338.00 กรัม, 110.83 กรัม, 11.26 มิลลิจูล โดยมีค่ามากกว่าทุกสูตร รองลงมา คือสูตร S100D0E0 (สูตรควบคุม)

สำหรับสูตร SOD50E50 ซึ่งเป็นสูตรที่ไม่มีน้ำตาลซูโครสในส่วนผสมเลยมีค่าความแข็ง ค่าแรงดึง ความเหนียวยืดติด และค่าการยืดติดน้อยที่สุด ลักษณะเจลมีการเกาะกัน ลักษณะเจลแข็งแต่เปราะ สามารถสเปรตได้ ไม่เหนียวยืดติดเมื่อเทียบกับสูตรที่มีน้ำตาลซูโครส แม้จะใช้เวลาการต้มเคี่ยวเป็นเวลา 22 นาทีแล้วก็ตาม แสดงว่าทั้งชนิดปริมาณของสารทดแทนความหวานมีผลต่อเนื้อสัมผัส ประกอบกับในส่วนผสมของผลไม้สูตรสเปรตนี้แม้จะมีเนื้อผลไม้ถึงร้อยละ 70 แต่มีมะตาดถึงร้อยละ 35 (กวีต่อมะตาด เท่ากับ 1 ต่อ 1) ด้วยลักษณะเนื้อมะตาดที่มีการยึดเกาะแน่น และมีเสี้ยนของผลมาก มีส่วนของสารทดแทนความหวานเพียงร้อยละ 30 ประกอบกับมะตาดเป็นพืชผลที่มีกากใยสูง จึงมีส่วนช่วยในการพองโครงสร้างของสเปรตได้มากกว่าสูตรแยมทั่วไป

ผลการวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของกมลทิพย์ กรรไพบระ (2561) โดยซูโครสช่วยสร้างพันธะไฮโดรเจนภายในเจลทำให้เกิดโครงสร้างสามมิติ มีผลทำให้โครงสร้างของเจลแข็งแรง (Evageliou, et al., 2010) การใช้เป็นสารทดแทนความหวานจึงมีความแข็งแรงของเจลลดลง เมื่อเทียบกับกัมมีเยลลี่ที่ใช้ซูโครสเป็นสารทดแทนความหวาน เมื่อความแข็งแรงของเจลลดลง แรงที่ใช้ในการเคี้ยวผลิตภัณฑ์ก็น้อยลง ส่งผลให้ค่าการบดเคี้ยวลดลงด้วย (กมลทิพย์ กรรไพบระ, 2561) และในการลดพลังงานในการบริโภคให้ลดลง สามารถทำได้โดยการใช้สารทดแทนความหวานชนิดอื่นๆ ในการผลิตแทนน้ำตาล เช่นในการใช้ซูคราโลสปริมาณน้อยมากจึงไม่สามารถใช้ซูคราโลสเพียงอย่างเดียว จำเป็นต้องใช้ร่วมกับสารที่ให้น้ำ (bulking agent) ในการทดแทนซูโครสในผลิตภัณฑ์อาหาร (Akesowan, 2009) เช่น ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมผลไม้เพื่อลดพลังงานจากน้ำตาลสามารถพัฒนาต่อไป การใช้สารทดแทนความหวานที่ไม่ให้พลังงานร่วมกับการใช้สารที่ช่วยให้เจลคงตัวมากขึ้นโดยไม่อาศัยความข้นหนืดของน้ำตาล (มนัญญา คำวชิระพิทักษ์ และคณะ, 2559) อย่างไรก็ตามคาดว่าความแข็งแรงนี้จะเพิ่มขึ้นหากใช้ผลมะตาดที่มีความแก่มากขึ้น ดังนั้นในการนำผลมะตาดมาใช้ประโยชน์ในลักษณะที่สเปรต หรือผลิตภัณฑ์ที่ต้องการมีเนื้อเจลด้วยนั้นต้องคำนึงถึงระดับความแก่และความเสี้ยนแข็งในเนื้อมะตาดด้วย (สวรส วรรณพราหมณ์ และคณะ, 2565)

นอกจากนั้นชนิดและสัดส่วนของสารทดแทนความหวานส่งผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์ จากภาพที่ 1 สีของสูตรควบคุมจะมีสีที่ค่อนข้างหม่นกว่าสูตรอื่นที่มีปริมาณซูโครสน้อยกว่าหรือไม่มีเลย โดยจากค่าความสว่าง (L^*) จะเห็นได้ว่าส่งผลต่อความสว่างของผลิตภัณฑ์โดยสูตรที่ใช้น้ำตาลซูโครสร้อยละ 100 (สูตรควบคุม S100D0E0) สว่างน้อยที่สุด เช่นเดียวกับค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) สำหรับค่าความเป็นสีเขียว (a^*) ของทุกสูตรไม่แตกต่างกัน ($P \geq 0.05$) ซึ่งสีของผลิตภัณฑ์นั้นเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลทั้งในส่วนของน้ำตาลในผลไม้เองโดยเฉพาะในกีวและน้ำตาลซูโครสที่ต้มเคี่ยวในแต่ละสูตร ยกเว้นที่ใช้สารทดแทนความหวานที่ไม่มีหมู่รีดิวซ์ จึงไม่เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) และคาราเมล สอดคล้องกับงานวิจัยของปิยนุสรณ์ น้อยด้วง และนคร บรรดิจ (2558) ซึ่งใช้มอลทิทอลและซูคราโลสเป็นสารทดแทนความหวานแทนซูโครส โดยพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของมอลทิทอลมีผลทำให้ค่าสีเพิ่มขึ้นและความสว่างเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นกมลทิพย์ กรรไพบระ (2561) ซึ่งได้ศึกษาการทดแทนด้วยน้ำตาลต่างชนิดกันในผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ โดยใช้ซูคราโลสที่ไม่มีหมู่รีดิวซ์ จึงไม่เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด ส่งผลทำให้ค่าสี L^* สูงขึ้น หรือผลิตภัณฑ์มีความสว่างมากขึ้น ดังนั้นจึงส่งผลทำให้ค่าสี L^* , a^* และ b^* ของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันด้วย ชนิดของสารทดแทนความหวานยังมีผลต่อค่า a_w ของสเปรตกีวผสมมะตาดสูตรควบคุมซึ่งมีค่า a_w เท่ากับ 0.85 และเมื่อมีการทดแทนด้วยสารทดแทนความหวานชนิด D และ E ค่า a_w ยังคงมีแนวโน้มมากกว่า แม้จะเพิ่มเวลาในการต้มเคี่ยวเพิ่มขึ้นแล้วก็ตาม สอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐรัตน์ ศรีสังวาลย์ (2555) ที่เติมสารทดแทนความหวานทดแทนน้ำตาลทรายมีแนวโน้มทำให้ฝอยทองมีปริมาณความชื้นและค่า a_w เพิ่มขึ้น เมื่อลดปริมาณซูโครสทำให้ปริมาณของแข็งลดลง ส่งผลให้

ของแข็งไปจับกับน้ำลดลง ส่วนการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์สามารถป้องกันได้โดยควบคุมค่าความเป็นกรดต่างหรือค่าพีเอช (pH) ให้มีค่าน้อยกว่า 5 และค่า a_w ต่ำกว่า 0.85 (กมลทิพย์ กรรไพบเราะ, 2561) อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 3.3 – 3.4 (ไม่ได้แสดงข้อมูล) โดยมีรสเปรี้ยวจากมะเขือเทศ (มะเขือเทศปิ่น มีค่าพีเอชเท่ากับ 3.2) จึงน่าจะช่วยยืดอายุผลิตภัณฑ์ให้เก็บได้นานขึ้นสอดคล้องกับ กมลทิพย์ กรรไพบเราะ (2561) ที่ใช้ซูโคราไลสทดแทนน้ำตาลซูโครสในผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ได้ในระดับร้อยละ 50 โดยได้รับคะแนนความชอบรวมไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุป

ชนิดและระดับการทดแทนของสารทดแทนความหวานส่งผลต่อคุณสมบัติความแข็ง ค่าแรงดึงความเหนียวยืดติด ค่าการยืดติด และสีของผลิตภัณฑ์สเปรตกีวีผสมมะเขือเทศ สูตรที่ดีที่สุดคือ สูตร S50D0E50 ซึ่งเป็นสูตรที่ไม่มีน้ำตาลซูโครสเลย ความชอบโดยรวมของสูตร SOD50E50 สูงที่สุด และมีแตกต่างจากการควบคุมในด้านกลิ่นที่เป็นลักษณะเฉพาะของการเคี้ยวน้ำตาล นอกจากนี้การใช้สารทดแทนน้ำตาลซูโครสทำให้ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มสูงขึ้น โดยผลิตภัณฑ์สูตร SOD50E50 มีค่าสี L^* (ค่าความสว่าง), a^* (ค่าความเป็นสีแดง) และ b^* (ค่าความเป็นสีเหลือง) เท่ากับ 52.96, - 0.09 และ 11.97 ตามลำดับ มีปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ทั้งหมดเท่ากับ 62.75 องศาบริกซ์ ค่ากิจกรรมของน้ำ (a_w) เท่ากับ 0.88 ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็ง เท่ากับ 46.66 กรัม ค่าแรงดึง 29.50 กรัม ไม่แตกต่างกับสูตรควบคุม ($P \geq 0.05$) ส่วนค่าความเหนียวยืดติด 5.40 มิลลิจูลน้อยกว่าสูตรควบคุม ($P \leq 0.05$)

อย่างไรก็ตาม การเลือกใช้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ว่าต้องการลดปริมาณซูโครสมากเพียงใด คือ ต้องการลดพลังงานจากซูโครสเพียงครั้งหนึ่ง หรือไม่ได้รับพลังงานจากซูโครสเลย สำหรับกรณีที่ต้องการลดซูโครสเพียงครั้งหนึ่งสามารถทดแทนด้วยอิทธิพลได้ (สูตร S50D0E50) ซึ่งมีข้อดีคือ ยังคงรักษากลิ่นเฉพาะตัวที่ผู้บริโภคคุ้นชินอันเกิดจากการดื่มเคี้ยวน้ำตาลในระหว่างการผลิตได้ แต่หากไม่ต้องการรับพลังงานจากซูโครสเลย สามารถเลือกสูตร SOD50E50 แต่สูตรนี้จะได้รับการยอมรับด้านกลิ่นน้อยกว่าเพราะไม่มีกลิ่นอันเกิดจากการดื่มเคี้ยวน้ำตาล ซึ่งผลิตภัณฑ์สเปรตกีวีผสมมะเขือเทศที่พัฒนาขึ้นทั้งสองสูตรนี้นอกจากจะเป็นการอนุรักษ์และเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลไม้แล้วยังสามารถส่งเสริมให้เป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพในเชิงพาณิชย์

เอกสารอ้างอิง

- กมลทิพย์ กรรไพบเราะ. (2561). ผลของการใช้สารทดแทนน้ำตาลต่อคุณภาพของกัมมีเยลลี่ตาหลา. **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา**, 23(2), 944-958.
- การะเกตุ โบอ่อนเจริญลาภ, ศรีวรรณ อ่อนบัว, และอรุณรัตน์ สันฐิติกวินสกุล. (2561). ปริมาณฟีนอลิกรวมและปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดน้ำจากผลมะเขือเทศ. งานประชุมวิชาการระดับชาติ งานประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 10 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม. หน้า 1-7.
- วันที่ 29 - 30 มีนาคม 2561. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จังหวัดนครปฐม.
- ณัฐรัตน์ ศรีสังวาลย์. (2555). การปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของขนมอั่วและฝอยทอง โดยการใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยศิลปากร.

- ปิยนุสรณ์ น้อยดวง, และนคร บรรดิจ. (2558). การใช้มอลทิทอลและซูคราโลสในการผลิตคุกกี้เนยแคลอรีต่ำ. **สมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย ในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี**, 4(2), 42-51.
- มนัญญา คำชะอีพิทักษ์. (2561). **วิทยาศาสตร์เพื่อการถนอมและแปรรูปอาหาร สำหรับนักคหกรรมศาสตร์**. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปทุมธานี.
- มนัญญา คำชะอีพิทักษ์, พะยอม รอดเล็ก, มรกต กิจเจา, สุวิญา สิงห์ทอง, เบญจางค์ อัจฉริยะโพธา, จุฑารัตน์ พงษ์โนรี, กนกวรรณ ปุณณะตระกูล, ทรงพลธนฤทธิ์ มฤคธีฐอินแปลง, และ เบญจพรพรณ บุรวัฒน์. (2559). ผลของสารให้ความหวานฟรุคโตสไซรัปและซูคราโลสที่มีต่อคุณลักษณะบางประการของแยมผลไม้ผสม. **วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 11(2), 15-23.
- รัชนิ ไสยประจาง, สุรพงษ์ พินิจกลาง, และวิจิตรา บำรุงนอก. (2561). การพัฒนาแยมเคฟกูสเบอร์รี่พลังงานต่ำสำหรับผู้ป่วยเบาหวาน. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**, 49(2)(พิเศษ), 65-68.
- วิชชุมา เตชะสิริวิชัย. (2563). การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารว่างพลังงานต่ำสำหรับผู้สูงอายุ. **วารสารวิจัยราชภัฏธนบุรีรับใช้สังคม สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี**, 6(2), 43-62.
- สรวส วรรณพราหมณ์, มงคล วงษ์พูล, และ มนัญญา คำชะอีพิทักษ์. (2565). การพัฒนาผลิตภัณฑ์สเปรดกวีผสมมะตาด (*Dillenia indica* Linn.) เพื่อเป็นแนวทางพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบในชุมชนมอญสามโคก จ.ปทุมธานี. **วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 17(1), 17-28.
- อรนาฏ มาตังคสมบัติ, และพนิดา ธัญญศรีสังข์. (2019). สารให้ความหวานแทนน้ำตาลกับผลต่อสุขภาพร่างกายและสุขภาพช่องปาก. **J DENT ASSOC THAI**, 69(4), 379-397.
- Akesowan, A. (2009). Quality of Reduced-Fat Chiffon Cakes Prepared with Erythritol-Sucralose as Replacement for Sugar. **Pakistan Journal of Nutrition**, 8(9), 1383-1386.
- Boesten, Daniëlle M.P.H.J., Gertjan J.M. den Hartog, & Peter de Cock. (2015). Health effects of erythritol. **Nutrafoods**, 14(1), 1-7. DOI 10.1007/s13749-014-0067-5
- Gandhi, D., & Mehta, P. (2013). *Dillenia indica* Linn. and *Dillenia pentagyna* Roxb.: Pharmacognostic, Phytochemical and Therapeutic aspects. **Journal of Applied Pharmaceutical Science**, 3(11), 134-142. DOI: 10.7324/JAPS.2013.31124
- Evageliou, V., Mazioti, M. Mandala, I. & Komaitis, M. (2010). Compression of gellan gels, Part II: Effect of sugars. **Food Hydrocolloid**, 24(4), 392-397. DOI:10.1016/j.foodhyd.2009.11.005
- Regnat K., Mach R. L. , & Mach-Aigner, A. R. . (2018). Erythritol as sweetener-wherefrom and whereto?. **Appl Microbiol Biotechnol.**, 102(2), 587-595.

การพัฒนาแบบการจัดการตนเองเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูกด้วย นวัตกรรมสุขภาพ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบล ในจังหวัดปทุมธานี

พลอยณณารินทร์ ราวินิก¹ พรสุข หุ่นิรันดร์^{2*}

Received : November 24, 2022

Revised : March 15, 2023

Accepted : March 27, 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบการจัดการตนเองเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูกด้วยนวัตกรรมสุขภาพโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบล ในจังหวัดปทุมธานี โดยมีรูปแบบการศึกษาเป็นการวิจัยและพัฒนา ดำเนินการวิจัย 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐานการจัดการตนเองด้วยนวัตกรรมสุขภาพสภาพปัญหาและความต้องการในการป้องกันมะเร็งปากมดลูก กลุ่มตัวอย่าง คือ เจ้าหน้าที่สาธารณสุขที่ปฏิบัติงานในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบล ในจังหวัดปทุมธานีโดยการสัมภาษณ์เชิงลึก จำนวน 6 คน และใช้แบบสอบถามในการเก็บรวบรวมข้อมูล สตรีอายุ 30-60 ปี จำนวน 400 คน ระยะที่ 2 พัฒนารูปแบบและทดลองใช้รูปแบบกับกลุ่มตัวอย่างเจ้าหน้าที่สาธารณสุข 30 คน และสตรีอายุ 30-60 ปี จำนวน 300 คน ในจังหวัดปทุมธานี ระยะที่ 3 ประเมินรูปแบบโดยกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มเดียวกันกับระยะที่ 2 สถิติที่ใช้ ได้แก่ จำนวน, ร้อยละ, ค่าเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, Paired-t tests, One Way Repeated Measures ANOVA และ One-way MANOVA

ผลการศึกษา พบว่า ระยะที่ 1 กลุ่มตัวอย่างเพศหญิงมีอายุเฉลี่ย 40 ปี มีความรู้เกี่ยวกับมะเร็งปากมดลูกอยู่ในระดับสูง และแบบแผนความเชื่อด้านสุขภาพอยู่ในระดับมาก ระยะที่ 2 นำข้อมูลจากระยะที่ 1 มาพัฒนารูปแบบ และแอปพลิเคชัน โดยประยุกต์ร่วมกับแบบแผนความเชื่อด้านสุขภาพในการสร้างแอปพลิเคชัน Cervical cancer guidebookสำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุขในการป้องกันมะเร็งปากมดลูก และพัฒนารูปแบบการจัดการตนเองเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูกด้วยนวัตกรรมสุขภาพ โดยประกอบด้วย 5 กิจกรรม ระยะเวลา 5 สัปดาห์ ได้แก่ กิจกรรมที่ 1) ความรู้ 2) การโน้มน้าวใจ 3) ตัดสินใจ 4) การสื่อสารทางสุขภาพ และการใช้นวัตกรรมสุขภาพด้วยแอปพลิเคชัน และ 5) การยืนยัน ระยะที่ 3 หลังทดลองใช้รูปแบบ 5 สัปดาห์ พบว่า เจ้าหน้าที่สาธารณสุขมีทักษะการใช้นวัตกรรมสุขภาพสูงกว่าก่อนการใช้รูปแบบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่เจ้าหน้าที่สาธารณสุขมีทักษะการสื่อสารทางสุขภาพไม่แตกต่างกับก่อนการใช้รูปแบบ กลุ่มตัวอย่างสตรี พบว่า หลังทดลองใช้รูปแบบ 5 สัปดาห์ สตรีมีความรู้เรื่องการป้องกันมะเร็งปากมดลูก การรับรู้โอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งปากมดลูก การรับรู้ความรุนแรงของมะเร็งปากมดลูก และการรับรู้ประโยชน์ในการป้องกันมะเร็งปากมดลูกสูงกว่าก่อนการใช้รูปแบบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนการรับรู้อุปสรรคในการเข้ารับการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกลดลงต่ำกว่าก่อนการใช้รูปแบบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คำสำคัญ: นวัตกรรมสุขภาพ มะเร็งปากมดลูก รูปแบบการจัดการตนเอง

¹ นักศึกษา หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาสาธารณสุขศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเวสเทิร์น

อีเมล: cherlyn.sirisetpop@gmail.com

² รองศาสตราจารย์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเวสเทิร์น อีเมล: pomsuk1955@gmail.com

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: pomsuk1955@gmail.com

DEVELOPMENT OF SELF-MANAGEMENT MODEL ABOUT CERVICAL CANCER PREVENTION WITH HEALTH INNOVATION SUB-DISTRICT HEALTH PROMOTING HOSPITALS IN PATHUM THANI PROVINCE

Ploychayarin Ravinit¹ Pronsuk Hoonnirun^{2*}

Abstract

This study was a research and development aimed to study develop a self-management model for cervical cancer prevention with health innovations at sub-district health promoting hospitals in Pathum Thani Province. The study which 3 phases as follow: First Phase, study basic information about self-management with health innovations, problems and needs for cervical cancer prevention. The sample were 6 public health officers in the sub-district health promoting hospitals in Pathum Thani Province through in-depth interviews and used questionnaires for data collection from 400 women with aged 30-60 years. Second Phase, was development the model and experimental model with a sample group of 30 public health officers and 300 women aged 30-60 years old. Third Phase, the model was evaluated. Statistics used were frequency, percentage, mean, standard deviation, Paired-t tests, One Way Repeated Measures ANOVA and One-way MANOVA.

The results of this study revealed that in first phase, the samples had an average age of 40 years old. Most of the samples had high level of knowledge about cervical cancer and patterns of health beliefs. Second Phase used the data from first phase to develop model and applications was integrated with the health belief model to create a Cervical cancer guidebook application for health officers to prevent cervical cancer. And developing a self-management model for cervical cancer prevention with health innovations. Including 5 main activities with a duration of 5 weeks: 1) knowledge 2) persuasion 3) decision making 4) Implementations and 5) Confirmation. Third phase, after 5 weeks, it was found that public health officers had higher skills in applying health innovations than before using the model was significant at the 0.05 level. However, health officers had no different health communication skills than before using the model. The sample was found that after using the model, they had higher knowledge of cervical cancer prevention, perception on risk of developing cervical cancer, perception on severity of cervical cancer and perceived benefit of cervical cancer prevention than before significant at the 0.05 level. However, the perception of barriers to cervical cancer screening was significantly lower than before using model significant at the 0.05 level.

Keywords: Health innovation, Cervical cancer, Self-management model

¹ Doctoral Student, Doctor of Philosophy (Public Health), Graduate School, Western University, e-mail: cherlyn.sirisetpop@gmail.com

² Associated Processor, Graduate School, Western University, e-mail: pornsuk1955@gmail.com

* Corresponding author, e-mail: pornsuk1955@gmail.com

บทนำ

มะเร็งปากมดลูกเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญอย่างมากทั่วโลก เนื่องจากเป็นโรคพบมากของสตรีทั่วโลก เป็นอันดับ 4 ในปี ค.ศ. 2018 องค์การอนามัยโลก (WHO) พบผู้ป่วยมะเร็งปากมดลูกรายใหม่ประมาณ 570,000 คน เสียชีวิตจากมะเร็งปากมดลูก จำนวน 311,000 คน มีอัตราเพิ่มสูงขึ้นในปี ค.ศ 2020 โดยพบผู้ป่วยมะเร็งปากมดลูกรายใหม่เพิ่มขึ้นเป็น 604,000 คน เสียชีวิตจากมะเร็งปากมดลูก จำนวน 342,000 คน คาดการณ์ว่าในปี ค.ศ 2030 จะมีจำนวนผู้ป่วยมะเร็งปากมดลูกรายใหม่เพิ่มขึ้นเป็น 700,000 คน และเสียชีวิตจากมะเร็งปากมดลูก จำนวน 400,000 คน (World Health Organization, 2020) ประเทศไทยเป็นประเทศที่กำลังเผชิญปัญหามะเร็งปากมดลูก มีรายงานพบว่า มะเร็งในเพศหญิงที่พบมากที่สุด ได้แก่ มะเร็งเต้านม มะเร็งลำไส้ใหญ่ และมะเร็งปากมดลูก ตามลำดับ (สถาบันมะเร็งแห่งชาติ, 2562) โดยในแต่ละวันประเทศไทยมีผู้ป่วยรายใหม่ที่ได้รับการวินิจฉัยมะเร็งปากมดลูก 18 คน และมีผู้ป่วยเสียชีวิตจากมะเร็งปากมดลูก วันละ 9 คน (ไอริน เรื่องขจร, 2561) จากสถิติปี พ.ศ. 2563 พบผู้ป่วยมะเร็งปากมดลูกรายใหม่ 9,000 คน เสียชีวิตจากมะเร็งปากมดลูก 4,700 คน (มงคล เบญจภิบาล, 2564) จังหวัดปทุมธานีให้ความสำคัญอย่างมากกับปัญหามะเร็งปากมดลูกของสตรี แต่พบว่า มะเร็งปากมดลูกยังเป็นปัญหาสำคัญอย่างมากในปัจจุบัน ข้อมูลจาก Health Data Center (HDC) ปี พ.ศ. 2562 พบอัตราผู้ป่วยมะเร็งปากมดลูกของจังหวัดปทุมธานี จำนวน 101 คน ปี พ.ศ. 2563 จำนวน 109 คน และปี พ.ศ. 2564 เพิ่มขึ้นเป็นจำนวน 124 คน ตามลำดับ สถาบันมะเร็งแห่งชาติ กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ได้ตระหนักถึงปัญหาโรคมะเร็งต่าง ๆ โดยเฉพาะโรคมะเร็งปากมดลูก เนื่องจากเป็นมะเร็งที่พบมากและเป็นสาเหตุของการเสียชีวิต 5 อันดับแรกในสตรีไทย จึงได้มียุทธศาสตร์เป้าประสงค์ และตัวชี้วัด ในปี พ.ศ. 2561 – 2565 เกี่ยวกับโรคมะเร็งปากมดลูก คือ เป้าประสงค์ในการลดอัตราการป่วยของมะเร็งปากมดลูกในระยะที่ 1 และ 2 และยุทธศาสตร์การตรวจคัดกรองและตรวจค้นหาหามะเร็งระยะเริ่มต้น (Screening and Early Detection) ทิศทางในการพัฒนาแผนยุทธศาสตร์ของสถาบันมะเร็งแห่งชาติ พ.ศ.2562-2565 จะมีทิศทางในการพัฒนาไปในทางด้านเดียวกันกับนโยบายประเทศไทย 4.0 และแผนยุทธศาสตร์ 20 ปี (ด้านสาธารณสุข) ของกระทรวงสาธารณสุข (สถาบันมะเร็งแห่งชาติ, 2562)

ในปัจจุบันโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบลได้มีนวัตกรรมเกิดขึ้น โดยนวัตกรรมต่าง ๆ เหล่านั้นเป็นหนึ่งในคุณลักษณะของวิธีการปฏิบัติที่เป็นเลิศ (Best practice) และทำให้เกิดแนวทางปฏิบัติที่ดี (สถาบันบริหารสารสนเทศและการจัดการความรู้, 2563) ซึ่งโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบลได้มีการนำแนวทางการปฏิบัติ กลไก กระบวนการ มาพัฒนาเป็นวิธีการปฏิบัติที่เป็นเลิศ เช่น Best practice ในการคัดกรองมะเร็งปากมดลูก เรื่อง “จาก Home visit สู่ Home ward ถึง Home OPD” มีแนวทางการปฏิบัติที่ดี ทำให้ประชาชนประหยัดค่าใช้จ่ายในการเดินทางและการรักษาพยาบาล ไม่มีความยุ่งยากในขั้นตอนการรับบริการ ส่งผลให้ประชาชนเข้ามารับการตรวจมะเร็งปากมดลูกได้ง่ายสะดวกขึ้น แสดงให้เห็นว่า Best practice เป็นสิ่งหนึ่งที่สนับสนุนการป้องกันมะเร็งปากมดลูกได้อย่างดีและมีประสิทธิภาพ (บุญยัง อาจศึก และน้ำอ้อย หล้าบาง, 2557) และนวัตกรรมสุขภาพมีประโยชน์อย่างมากกับประชาชน จึงเป็นสิ่งที่ดีและสมควรจะมีการส่งเสริมผลักดันให้เกิดการพัฒนาต่อยอดมากยิ่งขึ้น และสนับสนุนให้โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบลมีการพึ่งพาตนเองโดยใช้นวัตกรรมสุขภาพ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมเข้าถึงได้ง่าย นอกจากนั้นนวัตกรรมสุขภาพด้านแอปพลิเคชันสุขภาพ ได้เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของการดำรงชีวิต ทำให้ชีวิตของประชาชนในปัจจุบัน สามารถเข้าถึงข้อมูลสุขภาพ และประชาชนเข้ารับบริการสุขภาพในหน่วยงานต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาและพัฒนารูปแบบการจัดการตนเองเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูกด้วยนวัตกรรมสุขภาพ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบล ในจังหวัดปทุมธานี เพื่อช่วยสนับสนุน

กระบวนการทำงานของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบล ส่งเสริมการดูแลพฤติกรรมสุขภาพของสตรีในชุมชนในการป้องกันมะเร็งปากมดลูก และให้หน่วยงานด้านสุขภาพ สาธารณสุขจังหวัด สาธารณสุขอำเภอ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ใช้เป็นแนวทางในการจัดและดำเนินการใช้นวัตกรรมสุขภาพด้วยแอปพลิเคชัน ดังนั้นผลงานวิจัยนวัตกรรมสุขภาพเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูกของผู้วิจัย จะช่วยทำให้โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบลในจังหวัดปทุมธานี ได้รับประโยชน์จากการใช้นวัตกรรมสุขภาพทั้งทางด้านนวัตกรรมกระบวนการและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ เป็นการเพิ่มพูนความรู้และทักษะในการป้องกันมะเร็งปากมดลูกของสตรีในชุมชนที่ตนเองรับผิดชอบได้อย่างมีคุณภาพ และสามารถเพิ่มอัตราการเข้ารับบริการการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกให้ได้ตามเป้าประสงค์ของกระทรวงสาธารณสุขต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการจัดการตนเองด้วยนวัตกรรมสุขภาพ วิธีการปฏิบัติที่เป็นเลิศ (Best practice) สภาพปัญหาและความต้องการป้องกันมะเร็งปากมดลูก
2. เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการตนเองเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูกด้วยนวัตกรรมสุขภาพ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบล ในจังหวัดปทุมธานี
3. เพื่อประเมินผลรูปแบบการจัดการตนเองเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูกด้วยนวัตกรรมสุขภาพ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบล ในจังหวัดปทุมธานี

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development : R&D) แบ่งการศึกษาเป็น 3 ระยะ คือ ระยะที่ 1 การวินิจฉัยปัญหา ระยะที่ 2 พัฒนารูปแบบการจัดการตนเองเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูกด้วยนวัตกรรมสุขภาพ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบล ในจังหวัดปทุมธานี และระยะที่ 3 ประเมินผลรูปแบบการจัดการตนเองเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูกด้วยนวัตกรรมสุขภาพ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ระยะที่ 1 วินิจฉัยปัญหา

ประชากร คือ เจ้าหน้าที่สาธารณสุขที่ปฏิบัติงานในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลในจังหวัดปทุมธานี 83 แห่ง และ สตรีที่มีอายุระหว่าง 30-60 ปี ในจังหวัดปทุมธานี จำนวน 290,540 คน

กลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วย

- 1) เจ้าหน้าที่สาธารณสุขที่ปฏิบัติงานในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบล จังหวัดปทุมธานี จำนวน 6 คน ดังนี้
 - โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบลที่มีแนวการปฏิบัติที่ดี (Best practices) ที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูก จำนวน 2 แห่ง แห่งละ 1 คน
 - โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบลที่มีนวัตกรรมสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูก จำนวน 2 แห่ง แห่งละ 1 คน
 - เจ้าหน้าที่สาธารณสุขรับผิดชอบเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูกจำนวน 2 คน
- 2) สตรีที่มีอายุระหว่าง 30-60 ปี ในจังหวัดปทุมธานี จำนวน 400 คนโดยใช้สูตรของ Daniel (2010)

เกณฑ์การคัดผู้ยินยอมตนให้ทำการวิจัยเข้าร่วมโครงการ (Inclusion criteria)

1. เจ้าหน้าที่สาธารณสุขที่ดูแลเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูก คือ เจ้าหน้าที่สาธารณสุขที่ปฏิบัติงานในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบล ที่ดูแลรับผิดชอบเรื่องการป้องกันมะเร็งปากมดลูกและการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก ในจังหวัดปทุมธานี

2. สตรีอายุ 30-60 ปี

3. รพ.สต. ที่มีแนวการปฏิบัติที่ดี (Best practices) ที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูก ในจังหวัดปทุมธานี

4. รพ.สต. ที่มีนวัตกรรมสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูก ในจังหวัดปทุมธานี

ระยะที่ 2 พัฒนารูปแบบการจัดการตนเองเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูกด้วยนวัตกรรม

สุขภาพ

ประชากร คือ เจ้าหน้าที่สาธารณสุขที่ดูแลเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูกในจังหวัดปทุมธานี จำนวน 83 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ เจ้าหน้าที่สาธารณสุขที่ดูแลเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูกจำนวน 30 คน มีการสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) โดยกำหนดให้เจ้าหน้าที่สาธารณสุขที่ดูแลเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูก 1 คน รับผิดชอบแนะนำสตรีกลุ่มตัวอย่าง 10 คน รวมสตรีกลุ่มตัวอย่าง 300 คน

ระยะที่ 3 ประเมินรูปแบบการจัดการตนเองเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูกด้วยนวัตกรรม

สุขภาพ

ประชากร คือ เจ้าหน้าที่สาธารณสุขที่ดูแลเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูกในจังหวัดปทุมธานี และสตรีที่มีอายุระหว่าง 30-60 และเป็นกลุ่มเดียวกับสตรีในระยะที่ 2

กลุ่มตัวอย่าง

1) เจ้าหน้าที่สาธารณสุขที่ดูแลเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูก ที่ทำงานในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบล จำนวน 30 แห่ง เป็นกลุ่มเดียวกับเจ้าหน้าที่สาธารณสุขในระยะที่ 2

2) สตรีอายุ 30-60 ปี คือ สตรีที่มีอายุระหว่าง 30-60 และเป็นกลุ่มเดียวกับสตรีในระยะที่ 2

ระยะที่ 1 วิจัยปัญหาการศึกษาข้อมูลพื้นฐานการจัดการตนเองด้วยนวัตกรรมสุขภาพ วิธีการปฏิบัติที่เป็นเลิศ (Best practice) และสภาพปัญหาและความต้องการในการป้องกันมะเร็งปากมดลูก



ระยะที่ 2 พัฒนารูปแบบการจัดการตนเองเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูกด้วยนวัตกรรมสุขภาพ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบล ในจังหวัดปทุมธานี โดยนำข้อมูลจากระยะที่ 1 มาพัฒนารูปแบบ และแอปพลิเคชัน โดยประยุกต์ร่วมกับแบบแผนความเชื่อด้านสุขภาพในการสร้างแอปพลิเคชัน Cervical cancer guidebook สำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุขในการป้องกันมะเร็งปากมดลูก และพัฒนารูปแบบการจัดการตนเองเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูกด้วยนวัตกรรมสุขภาพ โดยประกอบด้วย 5 กิจกรรม ระยะเวลา 5 สัปดาห์ ได้แก่

- กิจกรรมที่ 1 ความรู้
- กิจกรรมที่ 2 การโน้มน้าวใจ
- กิจกรรมที่ 3 ตัดสินใจ
- กิจกรรมที่ 4 การสื่อสารทางสุขภาพ และการใช้นวัตกรรมสุขภาพด้วยแอปพลิเคชัน
- กิจกรรมที่ 5 การยืนยัน



ระยะที่ 3 ประเมินรูปแบบการจัดการตนเองเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูกด้วยนวัตกรรมสุขภาพ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบล ในจังหวัดปทุมธานีโดยการประเมิน ก่อนใช้รูปแบบหลังใช้รูปแบบสัปดาห์ที่ 5 และ ระยะติดตามหลังใช้รูปแบบสัปดาห์ที่ 9 รายละเอียดการประเมิน ดังนี้

- ความรู้เรื่องการป้องกันมะเร็งปากมดลูก
- การรับรู้โอกาสเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งปากมดลูก
- การรับรู้ความรุนแรงของมะเร็งปากมดลูก
- การรับรู้ประโยชน์ของการป้องกันมะเร็งปากมดลูก
- การรับรู้อุปสรรคในการเข้ารับการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก
- การรับรู้ภาวะคุกคามของมะเร็งปากมดลูก

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนกิจกรรมการจัดการตนเองเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูกด้วยนวัตกรรมสุขภาพโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบล ในจังหวัดปทุมธานี ประกอบด้วย 2 โปรแกรม คือ

1.1 โปรแกรมสำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุขที่รับผิดชอบงานป้องกันและควบคุมโรคมะเร็งปากมดลูก

1.2 โปรแกรมสำหรับสตรีอายุ 30-60 ปี โดยเจ้าหน้าที่สาธารณสุข

1.3 แอปพลิเคชัน Cervical cancer guidebook สำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุขประกอบการให้บริการป้องกันมะเร็งปากมดลูก ประกอบด้วย 5 เมนูหลัก ดังนี้

ตารางที่ 1 เมนูแอปพลิเคชัน Cervical cancer guidebook

ชื่อเมนู	เนื้อหา	แนวคิดที่ประยุกต์ใช้
1. มะเร็งปากมดลูกภัยร้ายใกล้ตัว	ข้อมูลเกี่ยวกับสาเหตุและปัจจัยเสี่ยงของมะเร็งปากมดลูก และประวัติเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งปากมดลูก	แบบแผนความเชื่อสุขภาพ ด้านการรับรู้โอกาสเสี่ยงของโรค
2. มะเร็งปากมดลูกรุนแรงกว่าที่คิด	ข้อมูลเกี่ยวกับพยาธิสภาพของมะเร็งปากมดลูกในเบื้องต้น อาการและความรุนแรงของมะเร็งปากมดลูก	แบบแผนความเชื่อสุขภาพ ด้านการรับรู้ความรุนแรงของโรค
3. มะเร็งปากมดลูกรู้ทันเรารอด	ข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการรักษา การป้องกันมะเร็งปากมดลูก ประโยชน์ของการเข้ารับการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก	แบบแผนความเชื่อสุขภาพ ด้านการรับรู้ประโยชน์ของการป้องกันโรค
4. มะเร็งปากมดลูกตรวจง่ายนิดเดียว	ข้อมูลเกี่ยวกับการเตรียมตัวเข้ารับการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก ขั้นตอนและวิธีการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก	แบบแผนความเชื่อสุขภาพ ด้านการรับรู้อุปสรรคของโรค
5. มะเร็งปากมดลูกคุกคามเราไม่ได้	ข้อมูลเกี่ยวกับการคุกคามของมะเร็งปากมดลูกที่สามารถเกิดขึ้นได้กับสตรีอายุ 30-60 ปี	แบบแผนความเชื่อสุขภาพ ด้านการรับรู้ภาวะคุกคาม

2. เครื่องมือการวินิจฉัยปัญหา ประกอบด้วย

ชุดที่ 1 สำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุขที่ดูแลเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูก ประกอบด้วยแบบประเมินทักษะการใช้นวัตกรรมสุขภาพ ทักษะการสื่อสารทางสุขภาพ และแบบสัมภาษณ์เชิงลึก

ชุดที่ 2 สำหรับสตรีอายุ 30-60 ปี ประกอบด้วย

- ความรู้เกี่ยวกับมะเร็งปากมดลูก จำนวน 15 ข้อ โดยข้อที่ตอบถูกให้ 1 คะแนน ข้อที่ตอบผิดให้ 0 คะแนน

- การรับรู้โอกาสเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งปากมดลูก จำนวน 5 ข้อ การรับรู้ความรุนแรงของมะเร็งปากมดลูก จำนวน 10 ข้อ การรับรู้ประโยชน์ของการป้องกันมะเร็งปากมดลูก จำนวน 10 ข้อ และการรับรู้อุปสรรคในการเข้ารับการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก จำนวน 10 ข้อโดยใช้แบบประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า 3 ระดับ (Rating scale) และมีวิธีการประเมินผลจากการให้คะแนนคือ

- ตัวเลือก	คะแนนข้อความเชิงบวก	คะแนนข้อความเชิงลบ
3 คะแนน	หมายถึง มาก	1 คะแนน หมายถึง มาก
2 คะแนน	หมายถึง ปานกลาง	2 คะแนน หมายถึง ปานกลาง
1 คะแนน	หมายถึง น้อย	3 คะแนน หมายถึง น้อย

ชุดที่ 3 แบบสัมภาษณ์เชิงลึก สำหรับ รพ.สต. ที่มีแนวการปฏิบัติที่ดี (Best practices) ประกอบด้วยประเด็นหลัก คือ ข้อมูลเกี่ยวกับแนวการปฏิบัติที่ดี (Best practices) และกระบวนการดำเนินการของแนวการปฏิบัติที่ดีที่ผ่านมาของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบล

ชุดที่ 4 แบบสัมภาษณ์เชิงลึก สำหรับโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบลที่มีนวัตกรรมสุขภาพ ประกอบด้วยประเด็นหลักคือ ข้อมูลเกี่ยวกับนวัตกรรมสุขภาพ และกระบวนการดำเนินการของนวัตกรรมสุขภาพที่ผ่านมาของ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบล

ชุดที่ 5 แบบประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชัน และแบบสัมภาษณ์เชิงลึก สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบแอปพลิเคชัน

ระยะที่ 2 พัฒนารูปแบบการจัดการตนเองเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูกด้วยนวัตกรรมสุขภาพ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบล ในจังหวัดปทุมธานี โดยประกอบด้วย 5 กิจกรรม ระยะเวลา 5 สัปดาห์ ได้แก่ กิจกรรมที่ 1 ความรู้ (Knowledge) กิจกรรมที่ 2 การโน้มน้าวใจ (Persuasion) กิจกรรมที่ 3 ตัดสินใจ (Decision) กิจกรรมที่ 4 การสื่อสารทางสุขภาพ และการใช้นวัตกรรมสุขภาพด้วยแอปพลิเคชัน (Implementations) และกิจกรรมที่ 5 การยืนยัน (Confirmation)

เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ คือ แบบสอบถามที่ได้พัฒนาและมีการปรับปรุงมาจากเครื่องมือระยะที่ 1 ประกอบด้วย ชุดที่ 1 สำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุขที่ดูแลเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูก และชุดที่ 2 สำหรับสตรีอายุ 30-60 ปี ค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC (Index of Item Objective Congruence) โดยนำเครื่องมือไปหาความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน ที่ยอมรับได้คือ มีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป โดยผลการวิเคราะห์ พบว่า ค่า IOC มีค่าอยู่ระหว่าง 0.8 – 1 และนำเครื่องมือมาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น โดยทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับประชากรที่ศึกษา จำนวน 30 ราย โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค (Coefficient alpha cronbach method) กำหนดค่าความน่าเชื่อถือมากกว่าหรือเท่ากับ 0.7 ผลการวิเคราะห์ พบว่า มีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.94

ระยะที่ 3 ประเมินรูปแบบการจัดการตนเองเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูกด้วยนวัตกรรมสุขภาพ โดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจรูปแบบการจัดการตนเองเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูกด้วยนวัตกรรมสุขภาพ สำหรับสำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุขที่ดูแลเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูกโดยใช้แบบประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า 3 ระดับ (Rating scale) และมีวิธีการประเมินผลจากการให้คะแนนคือ

คะแนน	ตัวเลือก	เกณฑ์ในการแปลความหมายของคะแนนแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ	
1 คะแนน	หมายถึง น้อย	คะแนนเฉลี่ย 2.34 – 3.00	หมายถึง พึงพอใจมาก
2 คะแนน	หมายถึง ปานกลาง	คะแนนเฉลี่ย 2.34 – 3.00	หมายถึง พึงพอใจมาก
3 คะแนน	หมายถึง มาก	คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.66	หมายถึง พึงพอใจน้อย

การพิทักษ์สิทธิกลุ่มตัวอย่าง

การศึกษานี้ผ่านการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยของมหาวิทยาลัยเวสเทิร์น ตามเอกสารรับรองเลขที่ WTU 2564-0006

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) ได้แก่ การแจกแจงความถี่ ค่าร้อยละ ค่าคะแนนเฉลี่ย และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. สถิติเชิงอนุมาน (Inferential analytics) ได้แก่

- เปรียบเทียบความแตกต่างของทักษะการใช้วัตรกรรมสุขภาพ และทักษะการสื่อสารทางสุขภาพ ก่อนและหลังใช้วัตรกรรมสุขภาพ สำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุขที่ดูแลเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูก ด้วยสถิติ Paired-t tests

- เปรียบเทียบความแตกต่างก่อนใช้รูปแบบ หลังใช้รูปแบบ และระยะติดตามผล ในกลุ่มตัวอย่าง สตรี ด้วยสถิติ One Way Repeated Measures ANOVA วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบหลายตัวแปร ระหว่างกลุ่มตัวอย่างและช่วงเวลาด้วยสถิติ One-way MANOVA

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

ระยะที่ 1 วิจัยปัญหา กลุ่มตัวอย่างเพศหญิงมีอายุเฉลี่ย 40.00 ปี สถานภาพสมรสและอยู่ด้วยกัน คิดเป็นร้อยละ 48.00 ระดับการศึกษาอยู่ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช. คิดเป็นร้อยละ 56.25 ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพพนักงานบริษัทเอกชน คิดเป็นร้อยละ 60.00 และรายได้ต่อเดือน พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีรายได้ 10,000 ถึง 19,999 บาท คิดเป็นร้อยละ 57.00 กลุ่มตัวอย่างมีความรู้เกี่ยวกับมะเร็งปากมดลูกอยู่ในระดับสูง ($\bar{X} = 13.04$, S.D.=0.87) การรับรู้โอกาสเสี่ยงของมะเร็งปากมดลูก การรับรู้ความรุนแรงของมะเร็งปากมดลูก การรับรู้ประโยชน์ของการป้องกันมะเร็งปากมดลูก และการรับรู้อุปสรรคในการเข้ารับการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกอยู่ในระดับมาก ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแบบแผนความเชื่อด้านสุขภาพของสตรีอายุ 30-60 ปี

แบบแผนความเชื่อด้านสุขภาพ	Mean	S.D.	แปลผล
การรับรู้โอกาสเสี่ยงของมะเร็งปากมดลูก	2.31	0.61	มาก
การรับรู้ความรุนแรงของมะเร็งปากมดลูก	2.38	0.61	มาก
การรับรู้ประโยชน์ของการป้องกันมะเร็งปากมดลูก	2.44	0.60	มาก
การรับรู้อุปสรรคในการเข้ารับการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก	2.16	0.62	มาก
ภาพรวม	2.32	0.61	มาก

ระยะที่ 2 พัฒนารูปแบบการจัดการตนเองเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูกด้วยวัตรกรรมสุขภาพ

จากข้อมูลในระยะที่ 1 ผู้วิจัยได้วิเคราะห์และได้ทำการสัมภาษณ์ผู้ที่มีความรู้ ความเชี่ยวชาญ และประสบการณ์ในด้านแอปพลิเคชัน และนำข้อมูลความรู้และการรับรู้ของสตรีอายุ 30-60 ปี ในระยะที่ 1 มาประยุกต์ร่วมกับแบบแผนความเชื่อด้านสุขภาพในการสร้างแอปพลิเคชันในครั้งนี้ และได้มีการตั้งชื่อแอปพลิเคชันว่า Cervical cancer guidebook ซึ่งถือว่าเป็นนวัตกรรมสุขภาพด้านแอปพลิเคชันที่สามารถใช้สำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุขในการป้องกันมะเร็งปากมดลูกให้กับสตรีอายุ 30-60 ปี ภาพรวมของคุณภาพแอปพลิเคชัน อยู่ในระดับ **ภาพที่ 1** Cervical cancer guidebook มาก โดยพบว่า ภาษาที่ใช้มีความเหมาะสม แอปพลิเคชันมีความสะดวกต่อการใช้งาน และใช้งานง่าย ไม่ยุ่งยาก



การพัฒนาแบบแผนการจัดการตนเองเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูกด้วยนวัตกรรมสุขภาพ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบล ในจังหวัดปทุมธานี ประกอบด้วย กิจกรรมที่ 1 ความรู้ (Knowledge) กิจกรรมที่ 2 การโน้มน้าวใจ (Persuasion) กิจกรรมที่ 3 ตัดสินใจ (Decision) กิจกรรมที่ 4 การสื่อสารทางสุขภาพ และการใช้นวัตกรรมสุขภาพด้วยแอปพลิเคชัน (Implementations) กิจกรรมที่ 5 การยืนยัน (Confirmation)

ระยะที่ 3 ประเมินคุณภาพรูปแบบ

ระยะก่อนให้ความรู้ เจ้าหน้าที่สาธารณสุขที่ดูแลเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูก มีทักษะด้านการใช้นวัตกรรมสุขภาพอยู่ในระดับพอใช้ ($\bar{X}=12.90$, S.D.=4.79) หลังทดลองใช้รูปแบบ 5 สัปดาห์ พบว่าเจ้าหน้าที่สาธารณสุขมีทักษะการใช้นวัตกรรมสุขภาพอยู่ในระดับสูง ($\bar{X}=20.00$, S.D.=0.00) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ P-value 0.05 (P-value <0.001) ดังตารางที่ 3

ระยะก่อนให้ความรู้ เจ้าหน้าที่สาธารณสุขที่ดูแลเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูก มีทักษะการสื่อสารทางสุขภาพ อยู่ในระดับสูง ($\bar{X}=21.77$, S.D.=0.50) หลังทดลองใช้รูปแบบ 5 สัปดาห์ พบว่าเจ้าหน้าที่สาธารณสุขมีทักษะการสื่อสารทางสุขภาพอยู่ในระดับสูง ($\bar{X}=21.87$, S.D.=0.35) ดังตารางที่ 3

ความรู้เกี่ยวกับมะเร็งปากมดลูกในกลุ่มทดลอง ก่อนใช้รูปแบบ หลังใช้รูปแบบ สัปดาห์ที่ 5 และระยะติดตามสัปดาห์ที่ 9 พบว่า ระยะก่อนใช้รูปแบบมีความรู้อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}=9.76$, S.D.=2.16) หลังทดลองใช้รูปแบบ มีความรู้ในระดับสูง ($\bar{X}=12.18$, S.D.=1.78) และระยะติดตามสัปดาห์ที่ 9 มีความรู้ในระดับสูง ($\bar{X}=11.86$, S.D.=1.89) ทั้งนี้ความรู้เกี่ยวกับมะเร็งปากมดลูกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (P-value <0.001) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 3 การประเมินทักษะการใช้นวัตกรรมสุขภาพ สำหรับเจ้าหน้าที่สำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุขที่ดูแลเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูก ก่อนและหลังการใช้รูปแบบสัปดาห์ที่ 1 และสัปดาห์ที่ 5 (n=30)

ทักษะ	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล	P-value
ทักษะการใช้นวัตกรรมสุขภาพ				
ก่อนให้ความรู้	12.90	4.79	ระดับพอใช้	<0.001
หลังให้ความรู้	20.00	0.00	ระดับสูง	
ทักษะการสื่อสารทางสุขภาพ				
ก่อนให้ความรู้	21.77	0.50	ระดับสูง	0.398
หลังให้ความรู้	21.87	0.35	ระดับสูง	

หมายเหตุ *ระดับนัยสำคัญ 0.05

การรับรู้โอกาสเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งปากมดลูกในกลุ่มทดลอง ก่อนให้ใช้รูปแบบ หลังใช้รูปแบบ สัปดาห์ที่ 5 และระยะติดตามสัปดาห์ที่ 9 พบว่า ระยะก่อนใช้รูปแบบมีการรับรู้โอกาสเสี่ยงอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=2.19$, S.D.=0.37) หลังทดลองใช้รูปแบบ มีการรับรู้โอกาสเสี่ยงอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=2.47$, S.D.=0.31) และระยะติดตาม มีการรับรู้โอกาสเสี่ยงอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=2.47$, S.D.=0.30) ทั้งนี้การรับรู้โอกาสเสี่ยงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (P-value <0.001) ดังตารางที่ 4

การรับรู้ความรุนแรงของมะเร็งปากมดลูกในกลุ่มทดลอง ก่อนให้ใช้รูปแบบ หลังใช้รูปแบบ สัปดาห์ที่ 5 และระยะติดตามสัปดาห์ที่ 9 พบว่า ระยะก่อนใช้รูปแบบ มีการรับรู้ความรุนแรงของมะเร็งปากมดลูก อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=2.17$, S.D.=0.30) หลังทดลองใช้รูปแบบ มีการรับรู้ความรุนแรงของมะเร็งปากมดลูก อยู่ใน

ระดับมาก ($\bar{X}=2.48$, S.D.=0.27) และระยะติดตามหลังใช้รูปแบบ มีการรับรู้ความรุนแรงของมะเร็งปากมดลูก อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=2.44$, S.D.=0.26) ทั้งนี้การรับรู้การรับรู้ความรุนแรงของมะเร็งปากมดลูกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (P-value <0.001) ดังตารางที่ 4

การรับรู้ประโยชน์ของการป้องกันมะเร็งปากมดลูกในกลุ่มทดลอง ก่อนใช้รูปแบบ หลังใช้รูปแบบ สัปดาห์ที่ 5 และระยะติดตามสัปดาห์ที่ 9 พบว่า ระยะก่อนใช้รูปแบบมีการรับรู้ประโยชน์ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=2.24$, S.D.=0.32) หลังใช้รูปแบบ 5 สัปดาห์ พบว่า มีการรับรู้ประโยชน์อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=2.51$, S.D.=0.27) และระยะติดตามมีการรับรู้ประโยชน์ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=2.41$, S.D.=0.28) ทั้งนี้การรับรู้ประโยชน์ของการป้องกันมะเร็งปากมดลูกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (P-value <0.001) ดังตารางที่ 4

การรับรู้อุปสรรคในการเข้ารับการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกสำหรับสตรีในกลุ่มทดลอง ก่อนใช้รูปแบบ หลังใช้รูปแบบสัปดาห์ที่ 5 และระยะติดตามสัปดาห์ที่ 9 พบว่า ระยะก่อนใช้รูปแบบมีการรับรู้อุปสรรค อยู่ในระดับการรับรู้ อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}=1.98$, S.D.=0.32) หลังใช้รูปแบบมีการรับรู้อุปสรรคอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=2.30$, S.D.=0.26) และระยะติดตามการรับรู้อุปสรรคอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=2.23$, S.D.=0.2) ทั้งนี้การรับรู้อุปสรรคในการเข้ารับการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (P-value <0.001) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบความแตกต่างความรู้เกี่ยวกับมะเร็งปากมดลูก การรับรู้โอกาสเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งปากมดลูก การรับรู้ความรุนแรงของมะเร็งปากมดลูก การรับรู้ประโยชน์ของการป้องกันมะเร็งปากมดลูก การรับรู้อุปสรรคในการเข้ารับการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก ในสตรีอายุ 30-60 ปี ก่อนให้ความรู้ สัปดาห์ที่ 1 หลังให้ความรู้ สัปดาห์ที่ 5 และระยะติดตามหลังให้ความรู้สัปดาห์ที่ 9 ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (One-way Repeated Measure ANOVA)

ตัวแปร	SS	df	MS	F	P-value
ความรู้เกี่ยวกับมะเร็งปากมดลูก					
ความแปรปรวนภายในกลุ่ม	1032.05	1.07	963.71	210.02	<0.001 ¹
ความคลาดเคลื่อน	1469.29	320.20	4.59		
การรับรู้ความรุนแรงของมะเร็งปากมดลูก					
ความแปรปรวนภายในกลุ่ม	16.55	1.043	15.87	138.07	<0.001 ¹
ความคลาดเคลื่อน	35.85	311.91	0.12		
การรับรู้ประโยชน์ของการป้องกันมะเร็งปากมดลูก					
ความแปรปรวนภายในกลุ่ม	12.74	1.053	12.10	98.77	<0.001 ¹
ความคลาดเคลื่อน	38.57	314.88	0.12		
การรับรู้อุปสรรคในการเข้ารับการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก					
ความแปรปรวนภายในกลุ่ม	17.37	1.08	16.05	133.89	<0.001 ¹
ความคลาดเคลื่อน	38.80	323.62	0.12		

หมายเหตุ ¹Greenhouse-Geisser *ระดับนัยสำคัญ 0.05

เจ้าหน้าที่สาธารณสุขที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูกหลังได้ใช้รูปแบบฯ พบว่า มีความพึงพอใจมากที่สุด คือ รูปแบบนี้ทำให้โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบล นำนวัตกรรมสุขภาพไปต่อยอดพัฒนาในอนาคตได้ รูปแบบนี้ทำให้โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบล สามารถจัดการตนเองด้าน

นวัตกรรมสุขภาพได้ดีมากขึ้น และรูปแบบนี้ทำให้โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบล ประหยัดเวลาในการณรงค์เกี่ยวกับการป้องกันโรคมะเร็งปากมดลูกได้ดีมากขึ้น ($\bar{X} = 3.00$, S.D.=0.00) รองลงมา คือ ทรัพยากรบุคคล และงบประมาณในการดำเนินงานการป้องกันโรคมะเร็งปากมดลูก มีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X} = 2.93$, S.D.=0.25) ส่วนคะแนนความพึงพอใจที่น้อยที่สุด คือ ระยะเวลาที่ใช้ในแต่กิจกรรมมีความเหมาะสม ($\bar{X} = 2.63$, S.D.=0.49)

อภิปรายผล

1. ผลการศึกษาการจัดการตนเองด้วยนวัตกรรมสุขภาพ วิธีการปฏิบัติที่เป็นเลิศ (Best practice) สภาพปัญหาและความต้องการในการป้องกันมะเร็งปากมดลูก พบว่า โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล ในจังหวัดปทุมธานี ยังไม่มีนวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูก แต่มีวิธีการปฏิบัติที่เป็นเลิศ มีการทำงานร่วมกับ อสม. และการใช้แผนการส่งไปรษณีย์เชิญชวนมาตรวจมะเร็งปากมดลูก จากสภาพปัญหาและความต้องการในการป้องกันมะเร็งปากมดลูก พบว่า จากการสำรวจความรู้เกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูก ของสตรีอายุ 30-60 ปี ในจังหวัดปทุมธานี มีความรู้เกี่ยวกับมะเร็งปากมดลูกอยู่ในระดับสูง อาจเนื่องมาจากเทคโนโลยีที่สามารถเข้าถึงได้ง่าย จึงทำให้ประชาชนสามารถเข้าถึงข้อมูลเกี่ยวกับมะเร็งปากมดลูกได้มากขึ้น แต่เนื่องจากข้อมูลในอินเทอร์เน็ตนั้นอาจมีทั้งถูกต้องและไม่ถูกต้องจึงทำให้ประชาชนส่วนหนึ่งเกิดความเข้าใจผิดเกี่ยวกับมะเร็งปากมดลูกอยู่ ดังนั้นถ้ากลุ่มตัวอย่างมีความรู้เกี่ยวกับมะเร็งปากมดลูกอย่างถูกต้องทั้งในด้านสาเหตุการเกิดโรคและปัจจัยเสี่ยงก็จะส่งผลให้มีโอกาสมาตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกเพิ่มมากขึ้น (พรพิมล โสฬสกลางกูร และรัตนศิริ ทาโต, 2562)

2. ผลการพัฒนารูปแบบการจัดการตนเองเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูกด้วยนวัตกรรมสุขภาพ โดยการนำข้อมูลจากระยะที่ 1 มาพัฒนารูปแบบ และแอปพลิเคชัน โดยประยุกต์ร่วมกับแบบแผนความเชื่อด้านสุขภาพในการสร้างแอปพลิเคชัน Cervical cancer guidebook สำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุขในการป้องกันมะเร็งปากมดลูก และพัฒนารูปแบบการจัดการตนเองเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูกด้วยนวัตกรรมสุขภาพ โดยประกอบด้วย 5 กิจกรรม ระยะเวลา 5 สัปดาห์ พบว่า ผลของการพัฒนารูปแบบร่วมกับแอปพลิเคชันนี้จะช่วยการทำงานของเจ้าหน้าที่สาธารณสุขให้ง่ายขึ้นเนื่องจากแอปพลิเคชันเปรียบเสมือนเป็นคู่มือที่สามารถใช้แนะนำสตรีในพื้นที่ ทำให้เกิดความเข้าใจและเข้าใจข้อมูลได้มากยิ่งขึ้น สะดวกและรวดเร็วต่อการทำงาน

3. การประเมินการใช้รูปแบบการจัดการตนเองเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูกด้วยนวัตกรรมสุขภาพ

1) หลังใช้รูปแบบที่พัฒนาขึ้นเจ้าหน้าที่สาธารณสุขมีทักษะการใช้นวัตกรรมสุขภาพสูงกว่าก่อนการใช้รูปแบบ ทั้งนี้รูปแบบมาจากการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรมโดยการนำกระบวนการของทฤษฎีมาประยุกต์ใช้โดยแบ่งขั้นตอนออกเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 ความรู้ (Knowledge) ขั้นตอนที่ 2 การโน้มน้าวใจ (Persuasion) ขั้นตอนที่ 3 ตัดสินใจ (Decision) และขั้นตอนที่ 4 การยืนยัน (Confirmation) ซึ่งกระบวนการนี้จะทำให้เจ้าหน้าที่สาธารณสุขมีความรู้ในนวัตกรรมสุขภาพและมีการยอมรับการใช้ จึงเกิดทักษะการใช้นวัตกรรมสุขภาพที่เพิ่มมากขึ้นนั่นเอง โดยการยอมรับการใช้นวัตกรรมสุขภาพนั้นส่วนหนึ่งเกิดจากคุณลักษณะของนวัตกรรมสุขภาพเอง ซึ่งรูปแบบที่ผู้วิจัยพัฒนานั้นมานั้นมีความสะดวกต่อการใช้งานในชุมชน และเหมาะสมกับบริบททางสังคมประกอบกับผลลัพธ์ที่สามารถสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจน เช่น เมนูในแอปพลิเคชัน Cervical cancer guidebook ที่แสดงให้เห็นถึงมะเร็งปากมดลูกได้อย่างชัดเจน ประกอบกับกิจกรรมที่สร้างขึ้นได้คำนึงถึงปัจจัยหลัก 5 ประการ ที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับนวัตกรรม (พรสุข พูนนิรันดร์,

2564) ได้แก่ 1) ประโยชน์เชิงเปรียบเทียบ 2) ความเข้ากันได้ 3) ความซับซ้อน 4) การทดลองใช้ 5) การสังเกตเห็นได้

2) หลังใช้รูปแบบที่พัฒนาขึ้น กลุ่มตัวอย่างมีความรู้เรื่องการป้องกันมะเร็งปากมดลูกดีกว่าก่อนการใช้รูปแบบ เป็นผลมาจากรูปแบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยใช้นวัตกรรมสุขภาพด้วยแอปพลิเคชัน Cervical cancer guidebook โดยกับการให้ความรู้ในหัวข้อเรื่องมะเร็งปากมดลูก ภัยร้ายใกล้ตัว โดยอธิบายเกี่ยวกับสาเหตุและปัจจัยเสี่ยงของโรคมะเร็งปากมดลูก ร่วมกับการให้คำแนะนำ (Suggestion) การให้คำปรึกษา (Advice) และการเปิดโอกาสให้สตรีกลุ่มตัวอย่างสอบถามเกี่ยวกับข้อสงสัยต่าง ๆ เพื่อให้สตรีมีความรู้ที่ถูกต้องเกี่ยวกับมะเร็งปากมดลูกจึงทำให้สตรีกลุ่มตัวอย่างมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องมากกว่าก่อนการทดลอง

3) หลังใช้รูปแบบที่พัฒนาขึ้น สตรีมีการรับรู้โอกาสเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งปากมดลูกมากขึ้นกว่าก่อนการใช้รูปแบบ เนื่องจากรูปแบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นในกิจกรรม มะเร็งปากมดลูก ภัยร้ายใกล้ตัว ทำให้กลุ่มตัวอย่างมีการรับรู้ถึงโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งปากมดลูกที่สามารถเกิดขึ้นได้กับตนเองเพิ่มมากขึ้น และสอดคล้องกับงานวิจัยของ อุไรวรรณ สัมมุติ และสมเดช พินิจสุนทร (2558) ที่ได้ทำการศึกษาความตั้งใจไปรับบริการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกของสตรีอายุ 30-60 ปี โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านพร้าว อำเภอเมือง จังหวัดหนองบัวลำภู จำนวน 780 คน พบว่า การรับรู้โอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรค มีคะแนนเฉลี่ยที่ส่งเสริมให้ไปตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกอยู่ในระดับสูง โดย พบว่า คนที่มีการรับรู้โอกาสเสี่ยงสูง จะไปตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกมากขึ้นเป็น 3.37 เท่าของคนที่มีการรับรู้โอกาสเสี่ยงต่ำ ($OR_{adj} = 3.37, 95\% CI = 0.20-0.71$)

4) หลังใช้รูปแบบที่พัฒนาขึ้น สตรีมีการรับรู้ความรุนแรงของมะเร็งปากมดลูกมากขึ้นกว่าก่อนการใช้รูปแบบ เนื่องจากรูปแบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นในกิจกรรม มะเร็งปากมดลูก รุนแรงกว่าที่คิด มีการอธิบายเกี่ยวกับพยาธิสภาพของโรคมะเร็งปากมดลูกในเบื้องต้น อาการและความรุนแรงของมะเร็งปากมดลูก ทำให้กลุ่มตัวอย่างมีการรับรู้ถึงความรุนแรงของมะเร็งปากมดลูกที่สามารถเกิดขึ้นได้กับตนเองเพิ่มมากขึ้น

5) หลังใช้รูปแบบที่พัฒนาขึ้น สตรีมีการรับรู้ประโยชน์ในการป้องกันมะเร็งปากมดลูกมากขึ้นกว่าก่อนการใช้รูปแบบ เนื่องจากรูปแบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นในกิจกรรม มะเร็งปากมดลูก รู้ทันเรารอด มีการอธิบายเกี่ยวกับวิธีการรักษา การป้องกันมะเร็งปากมดลูก ประโยชน์ของการเข้ารับการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก ทำให้กลุ่มตัวอย่างมีการรับรู้ถึงประโยชน์ในการป้องกันมะเร็งปากมดลูกเพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ นันทิดา จันตะวงศ์ และคณะ (2560) ที่ได้ทำการวิจัยเชิงสำรวจแบบภาคตัดขวางเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเข้ารับบริการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกในสตรีอายุ 30-60 ปี อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี จำนวน 380 คน พบว่าปัจจัยนำด้านการรับรู้เกี่ยวกับมะเร็งปากมดลูกและการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกของกลุ่มตัวอย่าง พบว่าด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ การรับรู้ประโยชน์ของการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกด้วยวิธีแพพสเมียร์ ($\bar{X} = 3.80, S.D. = 0.66$)

6) หลังใช้รูปแบบที่พัฒนาขึ้น สตรีมีการรับรู้อุปสรรคในการเข้ารับการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกลดน้อยลงกว่าก่อนการใช้รูปแบบ เนื่องจากรูปแบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นในกิจกรรม มะเร็งปากมดลูก ตรวจง่ายนิดเดียว มีการอธิบายเกี่ยวกับการเตรียมตัวเข้ารับการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก ขั้นตอนและวิธีการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก ทำให้กลุ่มตัวอย่างมีการรับรู้ถึงอุปสรรคในการเข้ารับการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกลดน้อยลง

สรุป

สรุปจากการใช้รูปแบบ พบว่า ด้านแบบแผนความเชื่อด้านสุขภาพที่นำมาประยุกต์ใช้ในโปรแกรมเป็นไปตามสมมุติฐานการวิจัย ซึ่งผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นโดยการประยุกต์แบบแผนความเชื่อด้านสุขภาพทำให้กลุ่มตัวอย่างเกิดการรับรู้เกี่ยวกับมะเร็งปากมดลูกที่เพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับการวิจัยของสุวิมล สอนศรี และคณะ (2564) ที่ได้ทำการพัฒนาโปรแกรมโดยใช้กรอบแนวคิดของแบบแผนความเชื่อด้านสุขภาพในการส่งเสริมการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกสตรีกลุ่มเสี่ยงที่มีอายุ 30-60 ปี พบว่า หลังได้รับโปรแกรม กลุ่มทดลองมีการรับรู้เกี่ยวกับมะเร็งปากมดลูกโดยรวม สูงกว่าก่อนได้รับโปรแกรมและสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมที่พัฒนาร่วมกับการใช้แนวคิดแบบแผนความเชื่อด้านสุขภาพส่งผลให้สตรีมีการรับรู้ที่เพิ่มมากขึ้น เช่นเดียวกัน ดังนั้นผลที่เกิดขึ้นดังกล่าวเนื่องมาจากรูปแบบการจัดการตนเองเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูกด้วยนวัตกรรมสุขภาพที่ผู้วิจัยได้สร้างและจัดขึ้นอย่างเป็นระบบ เริ่มจากโปรแกรมสำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุขที่ดูแลเกี่ยวกับมะเร็งปากมดลูก ทำให้เจ้าหน้าที่สาธารณสุขมีทักษะการใช้นวัตกรรมสุขภาพและสามารถนำแอปพลิเคชัน Cervical cancer guidebook ที่ได้ประยุกต์แบบแผนความเชื่อด้านสุขภาพเข้าไปด้วย ในเนื้อหาเพื่อให้เจ้าหน้าที่สาธารณสุขสามารถนำไปใช้กับสตรีอายุ 30-60 ปี ในการให้ความรู้เรื่องมะเร็งปากมดลูก พร้อมทั้งให้คำปรึกษา ให้กำลังใจกับสตรี จนเกิดการรับรู้และความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับมะเร็งปากมดลูก และส่งผลให้สตรีเข้ามารับบริการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกในอนาคตได้ เนื่องจากกลุ่มบุคลากรทางการแพทย์เป็นกลุ่มบุคคลที่มีอิทธิพลทำให้สตรีเข้ารับการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกได้

ข้อเสนอแนะในการวิจัย

1. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

จากผลการศึกษาการใช้ แอปพลิเคชัน Cervical cancer guidebook ทำให้การรับรู้ด้านต่าง ๆ เกี่ยวกับมะเร็งปากมดลูกดีขึ้น ควรมีการสนับสนุนเครื่องมือทางเทคโนโลยีที่ทันสมัยให้แก่เจ้าหน้าที่สาธารณสุขใช้เป็นเครื่องมือในการลงพื้นที่ เช่น สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต และ อินเทอร์เน็ตความเร็วสูง

2. ข้อเสนอแนะการนำไปใช้

ผลการพัฒนารูปแบบการจัดการตนเองเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูกด้วยนวัตกรรมสุขภาพมีประสิทธิภาพในการสร้างเสริมความเชื่อด้านสุขภาพ และส่งผลให้สตรีเข้ามาตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกในอนาคต เพราะฉะนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำรูปแบบการจัดการตนเองเกี่ยวกับการป้องกันมะเร็งปากมดลูกด้วยนวัตกรรมสุขภาพ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบล ในการวิจัยครั้งนี้ไปใช้กับพื้นที่อื่นได้

3. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

3.1 ควรเพิ่มการให้ความรู้กับกลุ่มที่มีอิทธิพลต่อการเข้ารับการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกของกลุ่มตัวอย่าง เช่น สามี เพื่อน คนในครอบครัว

3.2 ควรเพิ่มเติมเรื่องการฉีดวัคซีนมะเร็งปากมดลูก เนื่องจากการฉีดวัคซีนร่วมกับการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันมะเร็งปากมดลูกได้ดียิ่งขึ้น

3.3 ควรศึกษาวิจัยในการสนทนากลุ่ม (Focus group) เพิ่มเติม เพื่อได้ข้อมูลเชิงกลุ่มที่เพิ่มมากขึ้น

3.4 ควรเพิ่มแอปพลิเคชันบน iCloud เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างบางคนไม่ได้ใช้ Android

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือเป็นอย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร. พรสุข หุ่นนิรันดร์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่อง ด้วยความเอาใจใส่ตลอดมาตั้งแต่ต้นจนเสร็จเรียบร้อย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณไว้เป็นอย่างสูง และผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.พิมพ์พรรณ ศิลปะสุวรรณ ประธานกรรมการสอบ รองศาสตราจารย์ ดร.สุรีย์ จันทร์โมลี รองศาสตราจารย์ ดร.ประภาเพ็ญ สุวรรณ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลมาลย์ วิรัตน์เศรษฐิน ที่กรุณาให้คำแนะนำพร้อมทั้งตรวจแก้ไขข้อบกพร่อง

เอกสารอ้างอิง

- นันทิดา จันตะวงศ์, ปิยธิดา ตรีเดช, สุนธธา ศิริ, และชาญวิทย์ ตรีเดช. (2560). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเข้ารับบริการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก ในสตรีกลุ่มเป้าหมาย อายุ 30-60 ปี อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี. วารสารวิทยาลัยพยาบาลพระปกเกล้า จันทบุรี, 28(1), 63-79.
- บุญยัง อาจศึก, และน้ำอ้อย หล้าบาง. (2557). จาก Home visit สู่ Home ward ถึง Home OPD. สืบค้นจาก <http://cpho.moph.go.th/wp/wp-content/uploads/2014/04/13-มะเร็ง-รพ.สต.นางแดด.pdf>
- พรพิมล โสฬสกุลางกูร, และรัตนศิริ ทาโต. (2562). ปัจจัยทำนายนการมาตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกของแม่บ้านตำรวจ ในเขตกรุงเทพมหานคร. วารสารพยาบาลตำรวจ, 11(2), 407-420.
- พรสุข หุ่นนิรันดร์. (2564). ทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรม : แนวคิดและการประยุกต์ใช้ในงานวิจัย. การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 19 เรื่อง การบูรณาการงานวิจัยภายใต้การเปลี่ยนแปลงของโลกเพื่อสังคมที่ยั่งยืน, 28 พฤศจิกายน 2564 ณ มหาวิทยาลัยเวสเทิร์น จังหวัดปทุมธานี. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยเวสเทิร์น.
- มงคล เบญจจาภิบาล. (2564). มะเร็งปากมดลูก.....สามารถป้องกันได้. สืบค้นจาก <https://mgronline.com/qol/detail/9640000120123>
- สุวิมล สอนศรี, วาริณี เอี่ยมสวัสดิกุล, และชื่นจิตร โพธิ์ศัพท์สุข. (2564). ผลของโปรแกรมส่งเสริมการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกสตรีกลุ่มเสี่ยง อำเภอเสลภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด. วารสารพยาบาล, 70(3), 11-19.
- สถาบันมะเร็งแห่งชาติ. (2562). มะเร็งปากมดลูก. สืบค้นจาก <http://www.nci.go.th/th/Knowledge/downloads/%E0%B8%9B%E0%B8%B2%E0%B8%81%E0%B8%A1%E0%B8%94%E0%B8%A5%E0%B8%B9%E0%B8%812.pdf>
- สถาบันบริหารสารสนเทศและการจัดการความรู้. (2563). การถอดรหัสวิธีปฏิบัติที่เป็นเลิศ DECODING BEST PRACTICES. สืบค้นจาก <http://www.km.moc.go.th/download/doc/KM2558/BesPracticeRevise.pdf>
- อุไรวรรณ สัมมุตติ, และสมเดช พินิจสุนทร. (2558). ความตั้งใจไปรับบริการตรวจตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกของสตรี อายุ 30-60 ปี โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านพร้าว อำเภอเมือง จังหวัดหนองบัวลำภู. วารสารสุขภาพชุมชน, 3(4), 529-546.
- ไอริน เรืองขจร. (2561). มะเร็งปากมดลูก. กรุงเทพฯ: บริษัท พี.เอ. ลิฟวิ่งจำกัด.
- Daniel, W.W. (2010). Biostatistics: Basic Concepts and Methodology for the Health Sciences (9th ed.). New York: John Wiley & Sons.

World Health Organization. (2020). **WHO Health Innovation Group**. Retrieved from <https://www.who.int/life-course/about/who-health-innovation-group/en/>

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ต้านแบคทีเรียฉวยโอกาส และการเสริมฤทธิ์กับยาออกซิเตตราซัยคลิน และยาแอมพิซิลลินของสารสกัดหยาบจากผลสมอไทย

วิสาตรี คงเจริญสุนทร^{1*} สุกัญญา เพชรวงศ์² ชารีพะห์ วาเต็ง³

Received : November 22, 2022

Revised : March 27, 2023

Accepted : April 4, 2023

บทคัดย่อ

สมอไทยหรือ *Terminalia chebula* Retz. เป็นไม้ยืนต้น พบทั่วไปในเขตร้อน เป็นพืชสมุนไพรที่มีฤทธิ์ทางยาที่สำคัญหลายชนิด การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ต้านแบคทีเรีย และการเสริมฤทธิ์ของสารสกัดผลสมอไทยร่วมกับยาออกซิเตตราซัยคลินและยาแอมพิซิลลิน ด้วยวิธี Broth dilution Susceptibility Test ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH assay และ FRAP assay เมื่อทดสอบสารสกัดผลสมอไทยด้วยวิธี DPPH assay มีค่า $IC_{50} = 0.018$ มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และเมื่อใช้วิธี FRAP assay พบว่าสารสกัดผลสมอไทยสามารถรีดิวซ์ไอออนเหล็ก (Fe^{3+}) เท่ากับ 96.69 ± 0.003 มิลลิกรัมสมมูลของเฟอร์รัสซัลเฟตต่อกรัมของสารสกัดผลสมอไทย พบว่าสารสกัดผลสมอไทยสามารถยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli* ATCC 25922, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus mirabilis*, *P. vulgaris* และ *Serratia marcescens* โดยให้ค่า MIC 1.25-80 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ผลการทดสอบการเสริมฤทธิ์ของสารสกัดผลสมอไทยกับยาออกซิเตตราซัยคลินและยาแอมพิซิลลิน พบว่าสารสกัดผลสมอไทยสามารถเสริมฤทธิ์ของยาแอมพิซิลลินในการยับยั้งเชื้อ *E. coli* ATCC 25922, *P. mirabilis*, *P. vulgaris* และ *K. pneumoniae* และงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดผลสมอไทยสามารถใช้เพื่อเสริมฤทธิ์ของยาออกซิเตตราซัยคลิน และแอมพิซิลลินในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียฉวยโอกาส

คำสำคัญ: การเสริมฤทธิ์ ผลสมอไทย ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

¹ อาจารย์ประจำหลักสูตร ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี

อีเมล: wisatre@go.buu.ac.th

² นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี

อีเมล: 61030662@go.buu.ac.th

³ นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี

อีเมล: 61030345@go.buu.ac.th

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: wisatre@go.buu.ac.th

ANTIOXIDANT, ANTI-OPPORTUNISTIC BACTERIA AND SYNERGISTIC ACTION WITH OXYTETRACYCLINE AND AMPICILLIN OF *Terminalia chebula* CRUDE EXTRACT

Wisatre Kongcharoensuntorn^{1*} Sukanya Phetwong² Sareefah Wadeng³

Abstract

Terminalia chebula Retz, a perennial plant, is commonly found in tropical area. *T. chebula* is a medicinal plant of which has many therapeutic effects. This research was aimed to study antioxidant activity, antimicrobial activity, and synergistic effect of fruit extract from *Terminalia chebula* by broth dilution susceptibility test. Also, antioxidant activity was determined by DPPH radical scavenging activity (DPPH assay) and Ferric ion Reducing Antioxidant Power assay (FRAP assay). *T. chebula* fruit extract showed antioxidant activity with the IC₅₀ of 0.018 mg/mL by DPPH assay. By FRAP assay, *T. chebula* fruit extract showed reducing power of Fe³⁺ to Fe²⁺ by 96.69±0.003 mgFeSO₄/g extract. The results were shown that *T. chebula* fruit extract had antibacterial activity against *Escherichia coli* ATCC 25922, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus mirabilis*, *Proteus vulgaris* and *Serratia marcescens* with MICs ranging by 1.25-80 mg/ml. Synergistic action of *T. chebula* fruit extract in combination with oxytetracycline and ampicillin was investigated, and the results were shown that the synergism effect of *T. chebula* fruit extract combined with ampicillin showed additive effect against *E. coli* ATCC 25922, *P. mirabilis*, *P. vulgaris*, *K. Pneumoniae*. Finally, *T. chebula* fruit extract may be used as synergistic action when combined with oxytetracycline and ampicillin against opportunistic bacteria.

Keywords: Synergy effect, *Terminalia chebula* fruit, Antioxidant activity

¹ Lecturer of Department of Biology, Burapha University, Chonburi, e-mail: wisatre@go.buu.ac.th

² Undergraduate student of Science Program in Biology Department of Biology, Burapha University, Chonburi, e-mail: 61030662@go.buu.ac.th

³ Undergraduate student of Science Program in Biology Department of Biology, Burapha University, Chonburi, e-mail: 61030345@go.buu.ac.th

* Corresponding author, e-mail: wisatre@go.buu.ac.th

บทนำ

ปัจจุบันสถานการณ์เชื้อแบคทีเรียฉวยโอกาสดื้อยา จัดเป็นหนึ่งในปัญหาสาธารณสุขที่ร้ายแรงที่สุดในระดับโลกและในประเทศไทย ส่งผลกระทบต่อมนุษย์ สัตว์และสิ่งแวดล้อม ทำให้การติดเชื้อรุนแรง มีโอกาสเสียชีวิตสูง ผู้ติดเชื้อต้องเสียเวลาและเสียค่าใช้จ่ายสูงในการรักษาโรคติดเชื้อจากแบคทีเรียฉวยโอกาส เชื้อจุลินทรีย์ฉวยโอกาสที่เป็นสาเหตุเหล่านี้ ได้แก่ *Escherichia coli* *Pseudomonas aeruginosa* *Acinetobacter baumannii* (Majumder et al., 2020) มักพบอุบัติการณ์การติดเชื้อแบคทีเรียฉวยโอกาสในระบบทางเดินอาหาร ระบบทางเดินปัสสาวะ ระบบหมุนเวียนโลหิต ระบบทางเดินหายใจ เป็นต้น (Reygaert, 2018) เชื้อแบคทีเรียฉวยโอกาสดื้อยาเหล่านี้ มักพบในผู้ป่วยที่มีภูมิคุ้มกันต่ำ เนื่องจากผู้ป่วยได้รับการรักษาด้วยยาปฏิชีวนะ ยาด้านอิมมูโน และสารกดภูมิคุ้มกัน เช่น สเตียรอยด์เป็นเวลานาน (Majumder et al., 2020) ทำให้ยาด้านจุลชีพที่มีอยู่ในปัจจุบันรักษาไม่ได้ผล ทำให้นักวิทยาศาสตร์จึงต้องคิดค้น และวิจัยหาชนิดใหม่ทดแทนยาปฏิชีวนะเดิม พืชสมุนไพรนับเป็นทางเลือกใหม่ในนำมาใช้รักษาโรคติดเชื้อจากจุลินทรีย์ เพราะมีประวัติการใช้รักษาทางแพทย์แผนไทยมาอย่างยาวนาน มีระดับความเป็นพิษต่ำ มีฤทธิ์องค์รวมที่หลากหลาย เช่น ด้านการอักเสบ ลดการติดเชื้อจุลินทรีย์ ด้านอนุมูลอิสระ และเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน เป็นต้น (Majumder et al., 2020; Subramani et al., 2017)

มีรายงานการวิจัยที่กล่าวถึงความสามารถสารถออกฤทธิ์ทางชีวภาพสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย เช่น ฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *P. aeruginosa* (Gupta & Birdi, 2017) และรายงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้สารสกัดจากสมุนไพรมาเสริมฤทธิ์กับยาปฏิชีวนะ เช่น ยูจีนอล (Eugenol) ที่ได้จากการสกัดจากพันธุ์ *Eugenia aromatica* (Hemaiswarya & Doble, 2009) หรือน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยร่วมกับยา piperacillin สามารถยับยั้งเชื้อ *E. coli* (Yap et al., 2015) สารสกัดด้วยเฮกเซน (hexane) จากพืช *Petalostigma* spp. สามารถยับยั้งโปรตีนขับยาออกนอกเซลล์ของเชื้อ *Acinetobacter baylyi*. เมื่อใช้ร่วมกับยาเตตราไซคลิน (Cheesman et al., 2017) เป็นต้น สมอไทย *Terminalia chebula* Retz. เป็นไม้ยืนต้นพบทั่วไปในเขตร้อน สารเคมีที่พบทั่วไปในสมอไทย คือ กรดฟีโนลิก (Phenolic acid) และเทอร์พีน ฟลาโวนอยด์ อัลคาลอยด์ กรดกาแลค (Gallic acid) กรดเชบูลิก (Chebulic acid) มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้านอักเสบ สามารถลดระดับน้ำตาลในเลือด (Bulbul et al, 2022; Cock, 2015:) ปกป้องการทำงานของเซลล์ตับ (hepatoprotective activity) โดยการยับยั้งการแบ่งเซลล์ของเซลล์เนื้องอก เช่น มะเร็งต่อมลูกหมาก มะเร็งกระดุก มะเร็งเต้านม มะเร็งตับ มะเร็งปากมดลูก เป็นต้น (Bulbul et al, 2022; Bag et al., 2013) สารสกัดสมอไทยสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย เช่น *E. coli*, *K. pneumoniae* (Das et al., 2020; Bag et al., 2009) และที่สำคัญสารสกัดจากสมอไทยสามารถป้องกันการเกาะติดผิว และยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Streptococcus mutans* (Bhadoria et al., 2019) จากการทดสอบความเป็นพิษของสมอไทยต่อโรสน้ำตาล พบว่ามีความเป็นพิษต่ำ (LC₅₀ เท่ากับ 4356.76 µg/ml) (Eshwarappa et al., 2016) สมอไทยอาจใช้เป็นสมุนไพรทางเลือกใหม่ ในการรักษาโรคติดเชื้อแบคทีเรียฉวยโอกาสได้ (Das et al., 2020; Bag et al., 2013) ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ต้านแบคทีเรียฉวยโอกาส และการเสริมฤทธิ์ของสมอไทย มาใช้ร่วมกับยาปฏิชีวนะที่ใช้รักษาแล้วไม่ได้ผล เพื่อลดอุบัติการณ์การดื้อ

ยาของเชื้อแบคทีเรียฉวยโอกาส เพื่อช่วยลดค่าใช้จ่ายในการรักษา ลดผลข้างเคียงต่อดับและไต เป็นต้น รวมทั้งอาจจะมีการนำสารสกัดจากสมอไทยมาพัฒนาเป็นยารักษาโรคติดเชื้อแบคทีเรียในมนุษย์ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมลบฉวยโอกาสของสารสกัดจากผลสมอไทย และการเสริมฤทธิ์ของสารสกัดจากผลสมอไทยร่วมกับการใช้ยาออกซีเตตราซัยคลิน (oxytetracycline) และยาแอมพิซิลลิน (ampicillin)

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมสารสกัดสมอไทย (crude extract)

เก็บผลของสมอไทยจากเขตอำเภอพนัสนิคม จังหวัดชลบุรี ระหว่างเดือน มกราคม ถึง เมษายน 2563 นำตัวอย่างสมอไทยมาระบุพรรณไม้โดยได้รับความอนุเคราะห์จาก ดร. เบญจวรรณ ชิวปรีชา นักพฤกษศาสตร์ ภาควิชาชีววิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี สมอไทยเก็บได้มีรหัสพรรณไม้อ้างอิงเลขที่ Buu-Cho/64-2 (เต็ม สมิตินันท์, 2557) จากนั้นนำผลสมอไทยที่ไปสกัดด้วยตัวทำละลาย เอทานอล: น้ำ (อัตราส่วน 80:20) จากนั้นนำไประเหยแห้งด้วยเครื่อง evaporator ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เก็บสารสกัดหยาบ (crude extract) ไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

2. การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ของสารสกัดผลสมอไทย

2.1 การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (phenolic content)

ดัดแปลงจากวิธีของ Misbah et al. (2013) โดยเติมสารทดสอบความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรผสมกับสารละลายฟอลิน (Folin-Ciocalteu reagent, Sigma-Aldrich, U.S.A.) ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 นาที จากนั้นเติม Na_2CO_3 (Sigma-Aldrich, U.S.A.) ความเข้มข้น 7 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร แล้วนำไปบ่มในที่มืด เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนคลีนแสง ด้วยความยาวคลื่นแสงที่ 765 นาโนเมตร ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงชนิดอัลตราไวโอเล็ตและแบบแสงมองเห็น (UV-spectrophotometer) (Eppendorf, Basic, E.U.) ทำการทดสอบสามซ้ำที่เป็นอิสระต่อกัน นำไปหาปริมาณฟีนอลิก (Phenolic) เปรียบเทียบกับกรดแกลลิก (Gallic acid) คือสารมาตรฐาน

2.2 การหาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์

ดัดแปลงจากวิธีของ Srisawat et al. (2010) โดยเติมสารทดสอบความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 500 ไมโครลิตร ผสมกับโซเดียมไนไตรท์ (NaNO_2) 5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร แล้วเติมอะลูมิเนียมไคลไรด์ (AlCl_3) 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 0.03 มิลลิลิตร บ่มที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนคลีนแสง ด้วยความยาวคลื่นที่ 510 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงชนิดอัลตราไวโอเล็ตและแบบแสงมองเห็น ทำการทดสอบสามซ้ำที่เป็นอิสระต่อกัน นำข้อมูลมาสร้างกราฟมาตรฐานสมการเส้นตรงของสารมาตรฐาน คือเคอร์เซทินที่ความเข้มข้นต่างๆ และหาค่า R^2 จากนั้นคำนวณค่าปริมาณฟลาโวนอยด์ ของสารทดสอบในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของเคอร์เซทินต่อกรัมของส่วนสกัด (mg quercetin equivalent (QE)/g extract)

3. การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสมอไทย

3.1 วิธีดีพีพีเอซ (2, 2-diphenyl-1- picrylhydrazyl) (DPPH) radical scavenging assay) ดัดแปลงจาก Mokbel & Hashinaga (2005) ทำการทดสอบสามซ้ำที่เป็นอิสระต่อกัน จากนั้นคำนวณ radical scavenging (%) และคำนวณค่า IC_{50} คือ ค่าความเข้มข้นของสารที่มีความสามารถต้านอนุมูลอิสระร้อยละ 50

3.2 วิธีทดสอบความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารต้านออกซิเดชัน (Ferric ion reducing antioxidant power (FRAP) assay) ดัดแปลงจาก Mokbel & Hashinaga (2005) ทำการทดสอบสามซ้ำที่เป็นอิสระต่อกัน จากนั้นคำนวณค่าเป็นมิลลิกรัมของเฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4$) ต่อกรัมของส่วนสกัด (mg $FeSO_4$ /g extract)

4. การเตรียมแบคทีเรียทดสอบ

แบคทีเรียฉวยโอกาสทุกสายพันธุ์ ได้รับความอนุเคราะห์จากภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี ได้แก่ *E. coli* ATCC 25922, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus mirabilis*, *P. vulgaris* และ *Serratia marcescens* ยืนยันสายพันธุ์ด้วยการย้อมแกรม และทดสอบทางชีวเคมีด้วย API 20 NE system

5. การทดสอบฤทธิ์การยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดผลสมอไทย

ใช้วิธี broth microdilution assay (CLSI, 2017) เพื่อหาค่าความเข้มข้นที่น้อยที่สุดที่สารทดสอบสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย (Minimal Inhibitory Concentration (MIC)) โดยนำเชื้อแบคทีเรียมาเลี้ยงใน Mueller Hinton Broth (MHB) (Sigma-Aldrich, U.S.A.) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสในสภาวะเขย่าที่ 100 rpm เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำมาเทียบความขุ่นกับ McFarland No. 0.5 ให้มีปริมาณ 1×10^8 โคโลนีฟอร์มมิงยูนิต (Colony forming unit) ต่อมิลลิลิตร (CFU/mL) จากนั้นเตรียมสารทดสอบใส่ในไมโครไตเตอร์เพลท (Microtiter plate) เริ่มต้นความเข้มข้น 80 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 100 ไมโครลิตร แล้วนำสารทดสอบนำมาเจือจางด้วย MHB 100 ไมโครลิตร เพื่อให้มีความเข้มข้นลดลงทีละสองเท่า (0.625-80 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) จากนั้นเติมเชื้อแบคทีเรียทดสอบที่เทียบความขุ่นในมีปริมาณ 1×10^8 โคโลนีฟอร์มมิงยูนิตต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 100 ไมโครลิตร แล้วนำไมโครไตเตอร์เพลท ไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงของแบคทีเรียที่ความยาวคลื่น 610 นาโนเมตร และทำการทดสอบสามซ้ำที่เป็นอิสระต่อกัน โดยทำการเปรียบเทียบสารทดสอบกับยาออกซีเตตราซัยคลินและยาแอมพิซิลลิน บันทึกรูปภาพ เพื่อหาค่าความเข้มข้นต่ำที่สุดที่ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย MIC ของสารทดสอบ

6. การทดสอบการเสริมฤทธิ์ของยาปฏิชีวนะร่วมกับสารสกัดผลสมอไทย

ทำการทดลองเช่นเดียวกับ ข้อ 3 โดยวางแผนการผสมสารสกัดผลสมอไทยกับยาปฏิชีวนะ ด้วยวิธี Checkerboard assay (Chung et al., 2011) ทำการทดสอบสามซ้ำที่เป็นอิสระต่อกัน โดยเทียบกับยาออกซีเตตราซัยคลินและยาแอมพิซิลลิน บันทึกรูปภาพและนำข้อมูลไปหาค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพ (FICI) จากนั้นนำไปหาค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพ FICI (Fractional Inhibitory Concentration Index) (Chung et al., 2011) ค่า FICI คือค่าที่ใช้บอกประสิทธิภาพร่วมเมื่อใช้ยาสมุนไพรร่วมกับยาปฏิชีวนะ โดยพิจารณาว่ายาทั้งสองชนิดออกฤทธิ์ร่วมกัน โดยแสดงค่าในสัดส่วน

ของตัวเลข เช่น การออกฤทธิ์เสริมกัน หรือการต้านฤทธิ์กัน เป็นต้น ซึ่งพิจารณาจากค่า FIC ของค่า FIC ของยาปฏิชีวนะ ดังสมการที่ 1 กับ ค่า FIC ของส่วนสกัดเอทานอลจากผลสมอไทย ดังสมการที่ 2 จากนั้นนำค่า FIC ที่คำนวณได้จากสมการที่ 1 และ 2 มาบวกกัน จะได้ค่า FICI (ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพร่วม) แล้วนำค่าที่ได้ไปแปลผลต่อไป

1. FIC ของยาปฏิชีวนะ = ค่า MIC ของการออกฤทธิ์ร่วมกัน/ค่า MIC ของยาปฏิชีวนะเพียงชนิดเดียว
2. FIC ของสารบริสุทธิ์ = ค่า MIC ของการออกฤทธิ์ร่วมกัน/ค่า MIC ของสารบริสุทธิ์เพียงชนิดเดียว

แปลผลดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพร่วม FICI ดังนี้

เมื่อ $FICI \leq 0.5$	หมายถึง เสริมฤทธิ์กัน (Synergistic)
$0.5 < FICI < 0.99$	หมายถึง เสริมฤทธิ์กันบางส่วน (Partially Synergistic)
$FICI = 1$	หมายถึง มีแนวโน้มเสริมฤทธิ์ (Additive)
$1.01 < FICI \leq 4$	หมายถึง ฤทธิ์ไม่แตกต่างจากการใช้สารตัวเดียว (Indifferent)
$FICI > 4$	หมายถึง ต้านฤทธิ์กัน (Antagonistic)

7. การทดสอบทางสถิติ

สำหรับการทดลองทั้งหมดจะทำการทดสอบสามซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลอง ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (two-way ANOVA) โดยใช้โปรแกรม Minitab version 17 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ของสารสกัดผลสมอไทย

สารสกัดผลสมอไทยเมื่อวิเคราะห์ด้วยสารสกัดผลสมอไทย 0.05 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เมื่อนำมาสกัดด้วยเอทานอลต่อน้ำ สัดส่วน 80 ต่อ 20 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลรวม เท่ากับ 376.55 ± 8.34 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก จากสมการเส้นตรงของกรดแกลลิก คือ $y = 19.722x + 0.0272$ และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ (R^2) เท่ากับ 0.997 และพบว่าสารสกัดผลสมอไทยมีปริมาณฟลาโวนอยด์รวม เท่ากับ 1584.44 ± 31.81 มิลลิกรัมสมมูลของเคอร์เซตินต่อกรัมของส่วนสกัด เมื่อวิเคราะห์ด้วยปริมาณสารสกัดผลสมอไทยความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จากสมการเส้นตรงของเคอร์เซตินคือ $y = 1.8518x + 0.1066$ และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.9242

2. ผลการทดสอบการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดผลสมอไทย

ผลการวิเคราะห์พบว่าสารสกัดผลสมอไทยมีฤทธิ์การกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH[•] เพิ่มขึ้นแปรผันตามความเข้มข้นของสารสกัดผลสมอไทยตั้งแต่ 0.002-0.125 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แสดงค่า IC_{50} เท่ากับ 0.018 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แต่แสดงฤทธิ์การกำจัดอนุมูลอิสระน้อยกว่าสารมาตรฐาน Trolox (Trolox) ค่า IC_{50} เท่ากับ 0.033 เมื่อเปรียบเทียบกับสมการของสาร Trolox สมการเส้นตรงของ Trolox คือ $y = 1445.6x - 2.8417$ และแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.9961 และพบว่าสารสกัดผลสมอไทยสามารถรีดิวซ์ไอออนเหล็ก (Fe^{3+}) เท่ากับ 96.69 ± 0.003 มิลลิกรัมสมมูลของ

เพอร์ริสซัลเฟตต่อกรัมของส่วนสกัด เมื่อเปรียบเทียบกับสมการเส้นตรงของเพอร์ริสซัลเฟต คือ $y = 53.183x + 0.1428$ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.9999

3. ผลการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียด้วยสารสกัดผลสมอไทย

ผลการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียฉวยโอกาสของสารสกัดผลสมอไทย แสดงดังตารางที่ 1 โดยพบว่า สารสกัดผลสมอไทยที่สกัดด้วยเอทานอลต่อน้ำ ด้วยอัตราส่วน 80 ต่อ 20 สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียทั้งห้าสายพันธุ์ที่นำมาทดสอบ (ค่า MIC อยู่ระหว่าง 1.25- 80 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) และเมื่อเปรียบเทียบค่า MIC กับยาปฏิชีวนะ พบว่า ยาออกซีเตตราซัยคลินและแอมพิซิลลิน สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียได้แตกต่างกัน (ค่า MIC 1.25- 80 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) และ พบว่า ส่วนสกัดผลสมอไทย สามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *P. vulgaris* และ *S. marcescens* ได้ดีที่สุด (ค่า MIC เท่ากันคือเท่ากับ 1.25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) และเมื่อนำผลการทดสอบการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียทั้ง 5 สายพันธุ์ มาวิเคราะห์ทางสถิติ จะพบว่าสารสกัดผลสมอไทยมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียทั้ง 5 สายพันธุ์ได้แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดผลสมอไทยและยาปฏิชีวนะ ด้วยวิธี Broth dilution susceptibility test

แบคทีเรีย	ค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)		
	สารสกัดผลสมอไทย	ยาแอมพิซิลลิน	ยาออกซีเตตราซัยคลิน
<i>E. coli</i> ATCC 25922	80	80	20
<i>K. pneumoniae</i>	40	80	1.25
<i>P. mirabilis</i>	80	1.25	40
<i>P. vulgaris</i>	1.25	-	-
<i>S. marcescens</i>	1.25	2.5	10

หมายเหตุ (-หมายถึง ไม่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้)

4. ผลการทดสอบการเสริมฤทธิ์ของยาปฏิชีวนะร่วมกับสารสกัดผลสมอไทย

จากการทดสอบการเสริมฤทธิ์ร่วมกันของสารสกัดผลสมอไทยกับยาแอมพิซิลลิน แสดงดังตารางที่ 2 โดยพบว่า สารสกัดผลสมอไทยสามารถเสริมฤทธิ์กับยาแอมพิซิลลินในการยับยั้งแบคทีเรียบางชนิดคือ *E. coli* ATCC 25922 และ *K. pneumoniae* โดยแสดงค่า FICI เท่ากับ 0.156 และ FICI เท่ากับ 0.375 ตามลำดับ นอกจากนี้สารสกัดผลสมอไทยยังแสดงการเสริมฤทธิ์กันบางส่วนร่วมกับยาแอมพิซิลลินในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *P. mirabilis* และแสดงผลการต้านฤทธิ์กัน เมื่อนำมาทดสอบกับเชื้อ *S. marcescens* อย่างไรก็ตามพบว่าสารสกัดผลสมอไทยสามารถลดปริมาณการใช้ยา

แอมพิซิลลินให้น้อยลง 2-32 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เฉพาะยาแอมพิซิลลินเพื่อยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพการเสริมฤทธิ์ร่วมกันของสารสกัดผลสมอไทยกับยาแอมพิซิลลินในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทดสอบ

แบคทีเรีย	MIC ยา แอมพิ ซิลลิน	MIC combination ยาแอมพิซิลลิน	MIC สมอ ไทย	MIC combi nation สมอ ไทย	FIC ยา แอมพิ ซิลลิน	FIC สมอ ไทย	FICI	แปลผลดัชนี ชี้วัด ประสิทธิภาพ ร่วม
<i>E. coli</i> ATCC 25922	80	2.5	80	10	0.031	0.125	0.156	Synergistic
<i>K. pneumoniae</i>	80	10	40	10	0.125	0.25	0.375	Synergistic
<i>P. mirabilis</i>	1.25	0.625	80	20	0.5	0.25	0.75	Partially Synergistic
<i>S. marcescens</i>	2.5	1.25	1.25	10	0.5	8	8.5	Antagonistic

หมายเหตุ FICI $\leq$ 0.5 หมายถึง เสริมฤทธิ์กัน (Synergistic), 0.5<FICI<0.99 หมายถึง เสริมฤทธิ์กันบางส่วน (Partially Synergistic), FICI=1 หมายถึง มีแนวโน้มเสริมฤทธิ์ (Additive), 1.01<FICI $\leq$ 4 หมายถึง ฤทธิ์ไม่แตกต่างจากการใช้สารตัวเดียว (Indifferent), FICI> 4 หมายถึง ต้านฤทธิ์กัน (Antagonistic)

ผลการทดสอบการเสริมฤทธิ์ของสารสกัดผลสมอไทยกับยาออกซีเตตราซัยคลินแสดงดังตารางที่ 3 โดยพบว่าเมื่อใช้สารสกัดผลสมอไทยร่วมกับยาออกซีเตตราซัยคลิน จะสามารถเสริมฤทธิ์กันเพื่อยับยั้งการเจริญของเชื้อ *E. coli* ATCC 25922 (FICI เท่ากับ 0.25) และ *P. mirabilis* (FICI เท่ากับ 0.14) และมีฤทธิ์ไม่แตกต่างกันในการยับยั้งการเจริญต่อเชื้อ *K. pneumoniae* และ *S. marcescens* เมื่อใช้สารสกัดผลสมอไทยหรือยาออกซีเตตราซัยคลินเพียงชนิดเดียว พบว่าสารสกัดผลสมอไทยช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของยาออกซีเตตราซัยคลิน (ดังแสดงในตารางที่ 3) โดยสามารถลดปริมาณการใช้ยาออกซีเตตราซัยคลิน อย่างน้อย 8-64 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ยาออกซีเตตราซัยคลินเพียงชนิดเดียว (จากตารางที่ 3) จากผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า สารสกัดผลสมอไทยสามารถเสริมฤทธิ์กับยาออกซีเตตราซัยคลินและยาแอมพิซิลลินและในการยับยั้งการเจริญของเชื้อฉวยโอกาสบางสายพันธุ์ โดยพบว่าสารสกัดผลสมอไทยต้านฤทธิ์กับยาแอมพิซิลลินในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S. marcescens* การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการออกฤทธิ์ร่วมกันของสารสกัดผลสมอไทยกับยาปฏิชีวนะทั้งสองชนิดในงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า สารสกัดผลสมอไทยสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียฉวยโอกาสได้ (ดังตาราง ที่ 2 และ 3)

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพการเสริมฤทธิ์ร่วมกันของสารสกัดผลสมอไทยกับยาออกซีเตตราซัยคลินในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทดสอบ

แบคทีเรีย	MIC ยา ออกซี เตตรา ซัยคลิน	MIC combina tion ยาออกซี เตตรา ซัยคลิน	MIC สมอไทย	MIC combina tion สมอไทย	FIC ยา ออกซีเต ตรา ซัยคลิน	FIC สมอ ไทย	FICI	แปลผลดัชนี ชี้วัด ประสิทธิภาพ ร่วม
<i>E. coli</i> ATCC 25922	20	2.5	80	10	0.125	0.125	0.25	Synergistic
<i>K. pneumoniae</i>	1.25	1.25	40	2.5	1	0.063	1.06	Indifferent
<i>P. mirabilis</i>	40	0.625	80	10	0.016	0.125	0.14	Synergistic
<i>S. marcesens</i>	10	1.25	1.25	2.5	0.125	2	2.13	Indifferent

งานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นว่า ผลสมอไทยมีสารกลุ่มฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ปริมาณมาก (เมื่อสกัดด้วย เอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์) จึงทำให้สมอไทยสามารถต้านอนุมูลอิสระได้ดี เนื่องจากพบปริมาณ สารกลุ่มแทนนิน ไตรเทอร์พีน และฟีนอลิกในปริมาณสูง และสารเหล่านี้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยมักจะพบสารบริสุทธิ์เหล่านี้ในทุกส่วนของพืชวงศ์ *Combretaceae* เช่น สมอไทย และขมิ้นเครือ เป็นต้น (Cock, 2015) ในงานวิจัยนี้พบผลสมอไทยเมื่อทำการสกัดด้วยเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ จะมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ IC₅₀ เท่ากับ 0.018 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และแสดงผลการต้านอนุมูลอิสระที่ดีกว่างานวิจัยของ Mohammadi & Soltani (2021) ที่แสดงให้เห็นว่า สารสกัดผลสมอไทย เมื่อสกัดด้วยเอทานอล 70 เปอร์เซ็นต์ สามารถวัดด้วย DPPH ความเข้มข้น 30, 300, 3000 ไมโครกรัม และแสดงค่ารีดิวซ์ DPPH เท่ากับ 70-90 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้สารสกัดผลสมอไทยจากงานวิจัยนี้ สามารถรีดิวซ์ไอออนเหล็ก (Fe^{3+} to Fe^{2+}) ด้วยวิธี FRAP เมื่อใช้สารสกัดสมอไทยความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ดังนั้นจึงแสดงให้เห็นว่าการเลือกใช้ตัวทำละลายและวิธีการสกัดผลสมอไทยที่แตกต่างกัน ก็จะแสดงผลของการต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกันไป เช่น รายงานวิจัยของ Sheng et al. (2018) แสดงให้เห็นว่า สารสกัดผลสมอไทยสามารถรีดิวซ์ไอออนเหล็ก ได้ดีกว่าเมื่อสกัดด้วยวิธี Ultrasonic-assisted extraction โดยใช้ตัวทำละลายเอทานอล 68 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของการต้านอนุมูลอิสระของสมอไทยยังอาจคลาดเคลื่อนได้บ้างเมื่อใช้ตัวทำละลายที่แตกต่างกัน ดังนั้นควรตรวจสอบยืนยันผลการฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลสมอไทยกับสารอื่น เช่น วิธีการฟอกสีอนุมูลอิสระเอบีทีเอส (ABTS^{•+}) เป็นต้น เพื่อเป็นการเปรียบเทียบผลการวิจัยให้ชัดเจนยิ่งขึ้น และเพื่อทำการวิเคราะห์หาลักษณะสารบริสุทธิ์กลุ่มฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ที่ทำหน้าที่ต้านอนุมูลอิสระในลำดับต่อไป

ผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียฉวยโอกาสของสารสกัดผลสมอไทย ในงานวิจัยนี้ แสดงให้เห็นว่าสารสกัดผลสมอไทยสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียฉวยโอกาส ทุกสายพันธุ์ที่นำมาทดสอบ และแสดงให้เห็นว่าสารฟลาโวนอยด์ ฟีนอลิก และไตรเทอร์พีน (triterpene) ที่อยู่ในปริมาณและสัดส่วนที่ต่างกันทำให้ประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแตกต่าง

กัน เช่น การสกัดด้วยเมทานอลหรือเอทานอล (Mohammed et al., 2015; Penduka, 2015) สมอไทยสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียได้ดีอาจจะเกิดจากสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ อาจจะไปทำลายผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ให้แตกสลาย (Subramani et al., 2017; Mickymarry, 2019) หรือสารกลุ่มฟีนอลิกไปยับยั้งการสังเคราะห์เอทีพี (ATP) ของแบคทีเรีย หรือสารกลุ่มไตรเทอร์พีนอาจจะไปยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มของแบคทีเรีย (biofilm) เป็นต้น (Gupta & Birdi, 2017) และงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดเอทานอลจากผลสมอไทย เพราะสามารถยับยั้งการเจริญของ *E. coli* และ *P. mirabilis* เช่นเดียวกับการศึกษาโดย Bag (2009) ใช้ผลสมอไทยที่สกัดด้วยเอทานอลต่อน้ำ สัดส่วน 50 ต่อ 50 ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิตร ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *E. coli* (Das et al., 2020; Bag et al, 2013) เป็นต้น

ในปัจจุบันยาออกซิจิเตตราซัยคลินและยาแอมพิซิลลิน มักใช้รักษาโรคติดเชื้อในสัตว์ เช่น ในสุกรและสัตว์ปีก และมีการใช้ยาเกินความจำเป็นและใช้ปริมาณที่เกินมาตรฐานกำหนด จึงเป็นสาเหตุทำให้ยาเหล่านี้ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมเป็นจำนวนมาก (Reygaert, 2018). ดังนั้นการศึกษาการเสริมฤทธิ์ของสารสกัดผลสมอไทยกับยาออกซิจิเตตราซัยคลิน และยาแอมพิซิลลิน ในครั้งนี้อาจจะเป็นข้อมูลสนับสนุนเบื้องต้นที่สำคัญสำหรับแนวทางการลดปริมาณการใช้ยาทั้งสองชนิดนี้ และลดผลข้างเคียงของการใช้ยาปฏิชีวนะ จึงเป็นการช่วยลดโอกาสการปนเปื้อนของยาปฏิชีวนะในสิ่งแวดล้อม และงานวิจัยนี้ได้พิสูจน์ให้เห็นว่าสารสกัดผลสมอไทย สามารถเสริมฤทธิ์กับยาออกซิจิเตตราซัยคลิน และยาแอมพิซิลลิน ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียหลายสายพันธุ์ที่นำมาศึกษา เช่น *E. coli* ATCC 25922, *K. pneumoniae* และ *P. mirabilis* ทั้งนี้อาจเกิดจากสารสกัดผลสมอไทย และยาปฏิชีวนะสามารถออกฤทธิ์ร่วมกันแล้วส่งเสริมกันทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรียเสียหาย หรือทำให้เกิดการซึมผ่านของสารอิเล็กโทรไลต์ (electrolyte) ที่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ผิดปกติ หรือทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรียเกิดรูรั่ว และทำให้สารชีวโมเลกุลบางชนิดรั่วออกจากเซลล์ งานวิจัยของ Yap et al. (2015) แสดงให้เห็นว่าสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่มีอยู่ปริมาณมากในผลสมอไทย อาจจะไปช่วยส่งเสริมให้ยาแอมพิซิลลิน ยับยั้งการสร้างผนังเซลล์ของแบคทีเรียได้ดียิ่งขึ้น (Mickymarry, 2019; Subramani et al., 2017) เช่นเดียวกับรายงานของ Gupta & Birdi (2017) ที่พบว่าเบอเบอริน (Berberine) ร่วมกับยาปฏิชีวนะกลุ่มเบตาแลคแทม (β -lactam) สามารถเสริมฤทธิ์กัน เพื่อยับยั้งการเจริญของเชื้อ MRSA เป็นต้น หรือการศึกษาของ Mohamed et al. (2016) พบว่ายูคาลิปตัส (*Eucalyptus camaldulensis*) ที่สกัดด้วยเอทานอล เมื่อใช้ร่วมกับยาอะมิคาซิน (Amikacin) สามารถยับยั้งการเจริญของ *E. coli* ได้ดี หรือกรดคลาวูลานิก (Clavulanic acid) สามารถเสริมฤทธิ์ของยาแอมพิซิลลิน เซฟาโลทริน (Cephalothin) เซฟาโรริดีน (Cephalexin) หรือเซฟาแมนโดล (Cefamandole) เพื่อยับยั้งเชื้อ *S. aureus* และเชื้อวงศ์ *Enterobacteriaceae* (Cheesman et al., 2017) เป็นต้น และสารสกัดจากยูคาลิปตัสด้วยเอทานอล เมื่อนำมาผสมกับยาปฏิชีวนะแล้วสามารถลดค่า MIC ของยาปฏิชีวนะที่นำมาทดสอบกับเชื้อ *E. coli* (3.125 มิลลิกรัมต่อมิลลิตร) (Mohamed et al., 2015) หรือสนับสนุนกับงานวิจัยของ Hossain et al. (2021) ที่ผสมฟ้าทะลายโจรกับยาเจนตามัยซิน (Gentamicin) และอะซิโธรมัยซิน (Azithromycin) ซึ่งเป็นยาที่ใช้ยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีนเช่นเดียวกับยาเตตราซัยคลิน แล้วสามารถยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มของเชื้อ *P. aeruginosa* (%inhibition เท่ากับ 56%) (Hossain et al., 2021)

งานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดผลสมอไทยมีส่วนช่วยเสริมฤทธิ์ของยาออกซีเตตราซัยคลินและยาแอมพิซิลลิน ส่งผลให้สามารถลดปริมาณการใช้ยาปฏิชีวนะทั้งสองชนิด ซึ่งอาจจะเกิดจากยาปฏิชีวนะทั้งสองชนิดนี้ไปรวมตัวกับสารบริสุทธิ์บางตัวในสารสกัดผลสมอไทย แล้วทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปเป็นสารใหม่ที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้ดีขึ้นกว่าเดิม หรือเป็นผลจากฟลาโวนอยด์ในสารสกัดผลสมอไทย ไปช่วยส่งเสริมให้การออกฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียของยาปฏิชีวนะทั้งสองชนิดได้ดียิ่งขึ้น (Fakruddin et al., 2012) สารสกัดผลสมอไทยร่วมกับยาออกซีเตตราซัยคลินอาจไปร่วมกันขัดขวางการผ่านเข้าออกของสารอิเล็กโตรไลต์ บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ชั้นนอก (Outer membrane) และเยื่อหุ้มเซลล์ชั้นใน (inner membrane) ของแบคทีเรียแกรมลบ (Mickymarri, 2019; Subramani et al., 2017) หรืออาจจะช่วยกันขัดขวางการสังเคราะห์โปรตีนและเอนไซม์ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของแบคทีเรีย เช่น ไปขัดขวางการจับกันของไรโบโซม 30S ของเซลล์แบคทีเรีย จึงสามารถยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีนของยาออกซีเตตราซัยคลิน (Kumar & Schweizer, 2005)

นอกจากนี้งานวิจัยนี้พบข้อสังเกตว่าสารสกัดผลสมอไทยกลับไปด้านฤทธิ์กับยาแอมพิซิลลินต่อเชื้อ *S. marcescens* ซึ่งอาจจะเกิดจากสารบริสุทธิ์บางชนิดในผลสมอไทยอาจไปขัดขวางกลไกการทำงานของยาแอมพิซิลลิน อาจจะปลดประสิทธิภาพการทำงานของยาแอมพิซิลลินในการยับยั้งการสร้างผนังเซลล์แบคทีเรีย (Gupta & Birdi, 2017) หรือสารสกัดผลสมอไทยเมื่อผสมกับแอมพิซิลลินอาจทำให้เกิดสารใหม่แล้วไปขัดขวางการซึมผ่านของยาปฏิชีวนะเข้าไปในเซลล์แบคทีเรีย เป็นต้น จึงไปลดประสิทธิภาพของยาแอมพิซิลลิน (Hemaiswarya et al., 2009) อย่างไรก็ตามควรจะต้องทำการระบุหาสารบริสุทธิ์ที่ได้จากสารสกัดผลสมอไทย แล้วนำสารบริสุทธิ์มาศึกษากลไกในการออกฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย รวมทั้งนำไปศึกษากลไกการยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มของเชื้อแบคทีเรีย และควรศึกษาระดับความเป็นพิษของสมอไทยเมื่อนำมาผสมกับยาปฏิชีวนะก่อนนำไปใช้จริง แม้จะมีหลักฐานสนับสนุนว่าสมอไทยเมื่อใช้เพียงชนิดเดียวจะมีความเป็นพิษต่ำ เมื่อทดสอบความเป็นพิษกับไรสน้ำตาล (*A. salina*) (LC_{50} ของสมอไทยเท่ากับ 4356.76 ไมโครกรัมต่อไมโครลิตร) (Eshwarappa et al., 2016) ดังนั้นงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการนำสารสกัดผลสมอไทยมาผสมกับยาปฏิชีวนะ อาจจะเป็นการช่วยลดปริมาณยาปฏิชีวนะ จึงอาจจะช่วยลดโอกาสการเกิดอุบัติการณ์การดื้อยาของเชื้อแบคทีเรียในสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการนำสารสกัดผลสมอไทยมาผสมกับยาปฏิชีวนะ อาจจะเป็นทางเลือกใหม่ในการรักษาโรคติดเชื้อจากแบคทีเรียฉวยโอกาสทั้งในมนุษย์และสัตว์ ซึ่งมีข้อดีคือ ราคาไม่แพง เป็นสารสกัดจากธรรมชาติ สามารถหาได้ง่ายจากพื้นถิ่น และเป็นการเพิ่มมูลค่าของสมุนไพรไทย

สรุป

สารสกัดผลสมอไทยมีความสามารถต้านอนุมูลอิสระ และยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียฉวยโอกาสบางชนิด สารสกัดผลสมอไทยมีประสิทธิภาพในการเสริมฤทธิ์กับยาออกซีเตตราซัยคลินและยาแอมพิซิลลินในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียฉวยโอกาส อย่างไรก็ตามควรพิสูจน์ความเป็นพิษของสารสกัดผลสมอไทยในสัตว์ทดลองต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยสำเร็จลงด้วยดี เพราะได้รับการสนับสนุนภาควิชาชีพวิทยาศาสตร์ และภาควิชาชีพวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

เอกสารอ้างอิง

- เต็ม สมิตินันท์. ครั้งที่ 1. (2557). **ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย** (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2557).
กรุงเทพฯ: สำนักหอพรรณไม้ สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ
สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.
- Bag, A., Bhattacharyya, S.K., Bharati, P., Pal, N.K., & Chattopadhyay, R.R. (2009).
Evaluation of antibacterial properties of *Chebulic myrobalan* (fruit of
Terminalia chebula Retz.) extracts against methicillin resistant *Staphylococcus*
aureus and trimethoprim-sulphamethoxazole resistant uropathogenic
Escherichia coli. **African Journal of Plant Science**, 3(2), 25-29.
- Bag, A., Kumar, S., Rabi, B., & Chattopadhyay, R. (2013). The development of
Terminalia chebula Retz. (Combretaceae) in clinical research. **Asian Pacific**
Journal of Tropical Biomedicine, 3(3), 244-252.
- Bhadoria, N., Gunwal, M.K., Suryawanshi, H., Snehal, & Sonarkar, S.S. (2019)
Antiadherence and antimicrobial property of herbal extracts (*Glycyrrhiza*
glabra and *Terminalia chebula*) on *Streptococcus mutans*: An *in*
vitro experimental study. **Journal of Oral and maxillofacial pathology**,
23(1), 73-77.
- Bulbul, R.H., Chowdhury, M.N.U., Naima, T. A., Sami, S.A., Imtiaj, S., Huda, N., & Uddin, G.
(2022). A comprehensive review on the diverse pharmacological
perspectives of *Terminalia chebula* Retz. **Heliyon**, 8(8).
doi.org/10.1016/e10220.
- Cheesman, M.J., Ilanko, A., Blonk, B., & Cock, I.E. (2017). Developing New Antimicrobial
therapies: are synergistic combinations of plant extracts/compounds with
conventional antibiotics the solution?. **Pharmacognosy Reviews**, 11(22),
57-72.
- Chung, P.Y., Navaratnam, P., & Chung, L.Y. (2011). Synergistic antimicrobial activity
between pentacyclic triterpenoids and antibiotics against *Staphylococcus*
aureus strains. **Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials**, 10(25),
1-6.
- Clinical & Laboratory Standards Institute (CLSI). (2017). **Performance Standards for**
Antimicrobial Susceptibility Testing. 27th ed. Wayne, PA:
- Cock, I. (2015). The medicinal properties and phytochemistry of plants of the genus
Terminalia (Combretaceae). **Inflammopharmacology**, 23, 203-229.
doi.org/10.1007/s10787-015-0246-z.

- Das, G, Kim, D.K., Fan, C., Gutierrez-Grijalva, E.P., Heredia, J.B., Nissapatorn, V., Mitsuwan, W., Pereira, M.L., Nawaz, M., Siyadatpanah, A., Norouzi, R., Sawicka, B., Shin, H.S., & Patra, J. (2020). Plants of the Genus *Terminalia*: An Insight on Its Biological Potentials, Pre-Clinical and Clinical Studies. **Frontiers in Pharmacology**, 11, 561248. doi.org/10.3389/fphar.2020.561248.
- Eshwarappa, R.S.B., Ramachandra, Y.L., Subaramaihha, S.R., Subbaiah, S.G.P., Richard, R.S., & Dhananjaya B.L. (2016). *In vivo* Toxicity Studies on Gall Extracts of *Terminalia chebula* (Gaertn.) Retz. (Combretaceae). **Pharmacognosy Research**, 8(3), 199–201.
- Fakruddin, M., Mannan, K.S.B., Mazumdar, R.M., & Afroz, H. (2012). Antibacterial, antifungal and antioxidant activities of the ethanol extract of the stem bark of *Clausena heptaphylla*. **Biomed central Complementary and Alternative Medicine**, 232, 1-8.
- Gupta, P.D., & Birdi, T.J. (2017). Development of botanicals to combat antibiotic resistance. **Journal of Ayurveda and integrative medicine**, 8(4), 266-275.
- Hemaiswarya, S., & Doble, M. (2009). Synergistic interaction of eugenol with antibiotics against Gram negative bacteria. **Phytomedicine**, 16, 997-1005.
- Hossain, S., Urbi, Z., Karuniawati, H., Mohiuddin, R.B., Moh Qrimida, A., Allzrag, A.M.M., & Capasso, R. (2021). *Andrographis paniculata* (burm. F.) wall. Ex nees: an updated review of phytochemistry, antimicrobial pharmacology, and clinical safety and efficacy. **Life**, 11(4), 348.
- Kumar, A., & Schweizer, H. (2005). Bacterial resistance to antibiotics: active efflux and reduced uptake. **Advanced Drug Delivery Reviews**, 57, 1486-1513.
- Majumder, M.A.A., Rahman, S., Cohall, D., Bharatha, A., Singh, K., Haque, M., & Gittens-St Hilaire, M. (2020). Antimicrobial stewardship: fighting antimicrobial resistance and protecting global public health. **Infection and Drug Resistance**, 13, 4713-4738. doi.org/10.2147/IDR.S290835
- Mickymarry, S. (2019). Efficacy and mechanism of traditional medicinal plants and bioactive compounds against clinically important pathogen. **Antibiotics**, 8, 257. doi.org/10.3390/antibiotics8040257
- Misbah, H., Abdul, A.A., & Aminudin, N. (2013). Antidiabetic and antioxidant properties of *Ficus deltoidea* fruit extracts and fractions. **BMC Complementary and Alternative Medicine**, 13(118), 1-12.
- Mohammed, R.S., El Souda, S. S., Taie, H.A.A., Moharam, M.E., & Shaker, K.H. (2015). Antioxidant, antimicrobial activities of flavonoids glycoside from *Leucaena*

- leucocephala* leaves. **Journal of Applied Pharmaceutical Science**, 5(6), 138-147.
- Mohammadi, T., & Soltani, L. (2021). Effects of hydroethanolic extracts of of *Terminalia chebula* and *Thymbra spicata* on ram fresh semen under normal and oxidative stress conditions. **Veterinary Medicine and Science**, 7(5), 1778–1785.
- Mokbel, M.S., & Hashinaga, F. (2005). Antibacterial and antioxidant activities of banana (*Musa*, AAA cv. Cavandish) fruits peel. **American Journal of Biochemistry and Biotechnology**, 3, 125-131.
- Penduka, D., Gasa, N.P., Hlongwane, M.S., Amosa, R.A., Osunsanmi, F.O., & Opoku, A.R. (2015). The antibacterial activities of some plant-derived triterpenes. **African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines**, 12(6), 180–188.
- Reygaert, W.C. (2018). An overview of the antimicrobial resistance mechanisms of bacteria. **AIMS Microbiology**, 26(3), 482-501.
- Sheng, Z., Zhao, J., Muhammad, I., & Zhang, Y. (2018). Optimization of total phenolic content from *Terminalia chebula* Retz. fruits using response surface methodology and evaluation of their antioxidant activities. **PLOS ONE**, 13(8): doi.org/10.1371/0202368.
- Srisawat, U., Panunto, W., Kaendee, N., Tanuchit, S., Itharat, A., Lerdvuthisopon, N., & Hansakul, P. (2010). Determination of phenolic compounds, flavonoids, and antioxidant activities in water extracts of Thai red and white rice cultivars. **Journal of the Medical Association of Thailand**, 93(7), S83-S91.
- Subramani, R., Narayanasamy, M., & Feussner, K.D. (2017). Plant-derived antimicrobials to fight against multi-drug-resistant human pathogens. **3Biotech**, 7(3), 172. doi.org/10.1007/s13205-017-0848-9.
- Yap, P.S., Xi., Krishnan, T., Chan, K.G., & Lim, S.H.E. (2015). Antibacterial Mode of Action of cinnamomum verum bark essential oil, alone and in combination with piperacillin, against a multidrug-resistant *Escherichia coli* strain. **Journal of Microbiology and Biotechnology**, 25(8), 1299–1306.

การศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพของภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยน้ำว้าเสริมกากกล้วย**โสภิตา วิศาลศักดิ์กุล^{1*} อรวรรณ อูปถัมภ์มานนท์²**

Received : November 9, 2022

Revised : April 13, 2023

Accepted : April 25, 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการอัดขึ้นรูปภาชนะจากเปลือกกล้วยเสริมกากกล้วย โดยใช้อัตราส่วนของกากกล้วยในการขึ้นรูปภาชนะเท่ากับ ร้อยละ 20, 30 และ 40 ด้วยวิธีการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จากนั้นศึกษาคุณสมบัติของภาชนะที่เตรียมได้ ได้แก่ ค่าความหนา ค่าการดูดซึมน้ำ ค่าความต้านทานแรงดึง แรงกดทะลุ ค่าการทนความร้อน และวิเคราะห์พื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด แล้วคัดเลือกภาชนะที่มีคุณสมบัติดีที่สุด เพื่อศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ การย่อยสลายทางชีวภาพ และสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภค ผลการวิจัยพบว่า ภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยเสริมกากกล้วย ร้อยละ 30 มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งภาชนะที่ได้มีสีน้ำตาล ขอบและก้นภาชนะมีความหนา 1.83 มิลลิเมตร และ 2.03 มิลลิเมตร ตามลำดับ มีค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ 432.87 นาที่/มิลลิเมตร มีค่าความต้านทานแรงดึงขาด 32.54 นิวตัน ค่าความต้านทานแรงกดทะลุเท่ากับ 11.28 นิวตัน จากการทดสอบการทนความร้อนของวัสดุ พบว่า วัสดุมีอุณหภูมิเริ่มต้นการสลายตัวที่ 266.40 องศาเซลเซียส มีปริมาณสารที่เปลี่ยนแปลงไปร้อยละ 86.62 จากการวิเคราะห์พื้นผิวภาชนะด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดตามโครงสร้างตัดขวาง พบว่า เส้นใยมีการจับตัวกันเป็นกลุ่มก้อน มีช่องว่างระหว่างชั้นน้อย ภาชนะมีปริมาณจุลินทรีย์เท่ากับ 1.1×10^2 CFU/ชิ้น สามารถย่อยสลายได้ภายใน 45 วัน และผู้ตอบแบบสอบถามในกลุ่มผู้บริโภคทั่วไป รวมถึงกลุ่มผู้ประกอบการร้านอาหาร มีความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์โดยรวมเท่ากับ 4.73 ± 0.45 และ 4.40 ± 0.55 ตามลำดับ ซึ่งผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้บรรจุอาหารทดแทนการใช้กล่องโฟมที่ไม่สามารถย่อยสลายได้เองในธรรมชาติ และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรให้มีมูลค่าเพิ่มมากขึ้น

คำสำคัญ: กากกล้วย เปลือกกล้วย ภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
อีเมล: sopida_w@mutt.ac.th

² รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
อีเมล: orawan_o@mutt.ac.th

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: sopida_w@mutt.ac.th

THE STUDY OF CHEMICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF BIODEGRADABLE CONTAINERS FROM BANANA PEEL (*Musa sapientum* L.) SUPPLEMENT WITH BANANA SHEATH

Sopida Wisansakkul^{1*} Orawan Oupathumpanont²

Abstract

This research aimed to study the optimum ratio for extruding containers from banana peels, supplemented with banana sheaths. In conducting the research, three ratios of banana sheaths at 20, 30, and 40 percent were studied using a completely randomized design experiment. Then, the properties of the prepared containers such as thickness, water absorption, maximum force, hardness value, and heat resistance were studied. The surface was analyzed by electron microscopy scanning to select the container with the best properties for further analysis of the amount of microorganisms, biodegradation tests, and consumer satisfaction surveys. The results showed that the biodegradable containers made from banana peels reinforced with 30 percent banana sheaths were suitable for utilization. The containers obtained were brown in color, with a thickness of the edge of 1.83 mm and 2.03 at the bottom, a water absorption ability of 432.87 min/ml, a maximum force of 32.54 N, and a hardness value of 11.28 N. The heat resistance test of the material showed that the material had a decaying starting position of 266.40 °C and a change in the content of 86.62%. From the analysis of the surface of the container by electron microscopy scanning on the cross-sectional structure, it was found that the fibers were clustered and had little space between floors. The microbial content of the container was 1.1×10^2 CFU/piece, which could be degraded within 45 days. The respondents who were in the general consumer group, including a group of restaurant operators gave product satisfaction scores of 4.73 ± 0.45 and 4.40 ± 0.55 , respectively. The use of this product for food packaging can be concluded to be preferable to using foam boxes made of non-biodegradable materials. This is an alternate method of enhancing the value of agricultural waste.

Keywords: Banana Sheath, Banana Peels, Biodegradable Containers

¹ Assistant Professor, Department of Home Economics, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, e-mail: sopida_w@rmutt.ac.th

² Associate Professor, Department of Food and Nutrition, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, e-mail: orawan_o@rmutt.ac.th

* Corresponding author, e-mail: sopida_w@rmutt.ac.th

บทนำ

ขยะที่เกิดขึ้นจากการใช้ภาชนะที่ไม่สามารถย่อยสลายได้เองในธรรมชาติมีเป็นจำนวนมาก ไม่ว่าจะเป็นกล่องโฟม หรือกล่องพลาสติก เนื่องจากพฤติกรรมการบริโภคในปัจจุบันที่เลือกใช้ภาชนะแบบใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง (นพดล จันทรลักษณ์ และ สมนึก วัฒนศรีกุล, 2555) ซึ่งมักจะทำให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม โดยขยะจากภาชนะเหล่านี้ไม่สามารถนำกลับมารีไซเคิลได้ ซึ่งภาชนะร้อยละ 70 จะถูกนำไปกำจัดได้โดยวิธีการเผา เป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อน (Global warming) ส่วนอีกร้อยละ 30 นั้นก็จะอยู่ตามสภาพแวดล้อมธรรมชาติ ซึ่งภาชนะจากพลาสติกใช้เวลาย่อยสลาย 100 – 450 ปี กลายเป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในธรรมชาติ (สมเกียรติ สุทธิยาพิพัฒน์ และ ธมยันตี ประยูรพันธ์, 2563) เมื่อเกิดปัญหาต่าง ๆ เหล่านี้ ปัจจุบันจึงได้มีการคิดค้นภาชนะที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมขึ้นมาเป็นจำนวนมาก โดยจะทำขึ้นจากวัสดุธรรมชาติที่เกิดขึ้นใหม่ได้ในธรรมชาติและสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ (มลสุตา ลิ่วโฮง, 2556) เช่น ภาชนะจากใยพืชชนิดต่าง ๆ ประกอบด้วย โยมะพร้าว ใยผักตบชวา ใยปาล์ม ชานอ้อย ฯลฯ หรือภาชนะจากใบไม้ เช่น ใบทองกวาว และใบตองตึง (ผู้จัดการออนไลน์, 2565) รวมไปถึงการนำกากบักล้วยมาผลิตเป็นภาชนะซึ่งมลสุตา ลิ่วโฮง (2556) ได้ศึกษาการผลิตภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากกากบักล้วย โดยศึกษาการใช้สายพันธุ์มันสำปะหลังที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น และแปรงมันสำปะหลังในท้องตลาดเป็นตัวประสาน จากการศึกษาพบว่าการใช้แปรงมันสำปะหลังในท้องตลาดเป็นตัวประสานจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติที่ดีที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดในการศึกษาการนำเปลือกกล้วยน้ำว้ามาใช้ในการขึ้นรูปภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพเสริมกากบักล้วยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานให้กับภาชนะ และให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดโลก เรื่องภาชนะที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ที่กำลังขยายตัวขึ้นอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากข้อมูลจากเกษตรกรผู้ปลูกและส่งออกกล้วยพบว่าเปลือกกล้วยเป็นวัสดุเหลือทิ้งภายหลังจากกระบวนการผลิตและแปรรูปที่มีสูงถึง 3-5 ตันต่อวัน (ณรงค์ฤทธิ์เทพ และคณะ, 2547) ซึ่งส่วนใหญ่จะนำไปทิ้งทำให้เกิดปัญหาต่อสภาพแวดล้อม เช่น สกปรกเหม็น และเป็นแหล่งแพร่กระจายเชื้อโรค แต่ในบางส่วนจะมีการนำไปใช้ประโยชน์โดยการนำเปลือกกล้วยไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่น และจากการศึกษาข้อมูลพบว่าเปลือกกล้วยน้ำว้าไม่มีเส้นใยเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบ สามารถนำไปสกัดและประยุกต์ใช้เป็นส่วนประกอบหรือสารเพิ่มความคงตัวในอุตสาหกรรมการผลิตได้ (กนกกานต์ วีระกุล และคณะ, 2558) นอกจากนี้เซลลูโลสจากเปลือกกล้วยนั้นยังมีโครงสร้างระดับจุลภาค ที่มีลักษณะคล้ายเกล็ดและมีขนาดแตกต่างกัน มีรูพรุนมาก ทำให้เป็นการเพิ่มโอกาสในการเกาะตัวกับสารชนิดอื่น ๆ ได้ง่าย (วิภา สุโรจน์เมธกุล และคณะ, 2541) ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษาการนำเปลือกกล้วยน้ำว้ามาใช้เป็นวัตถุดิบในการขึ้นรูปภาชนะบรรจุอาหารโดยเสริมเส้นใยจากกากบักล้วยซึ่งเป็นเส้นใยที่มีคุณสมบัติสำคัญคือ มีความเหนียวและยืดหยุ่นสูง (ศศิณัฐ หล่อธนาภิรักษ์, 2558) ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงมากยิ่งขึ้น ซึ่งเส้นใยจากกากบักล้วยเป็นส่วนของลำต้นกล้วยที่ถูกโค่นทิ้งแล้วนำมาสกัดเป็นเส้นใยเพื่อเสริมความแข็งแรงให้กับภาชนะ โดยมีการใช้แปรงมันสำปะหลังเป็นตัวผสมในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ สอดคล้องกับสถานการณ์ในปัจจุบันที่มีการศึกษาการนำผลิตผลทางการเกษตรมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตพลาสติกชีวภาพหรือบรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้ทางชีวภาพเพื่อเป็นทางเลือกใหม่ในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์อาหารอย่างต่อเนื่อง (ศิริพร เติ่งรัง, 2558) เนื่องจากการใช้บรรจุภัณฑ์อาหาร หรือภาชนะบรรจุอาหารที่ผลิตขึ้นจากวัสดุธรรมชาติทดแทนการใช้ภาชนะจากโฟม จะช่วยลดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากภาชนะจากวัสดุธรรมชาติจะสามารถย่อยสลายได้เร็วภายใน 45 วัน และไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าเพิ่มให้กับวัสดุธรรมชาติ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปภาชนะสำหรับอาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยเสริมกากกล้วย
2. เพื่อทดสอบสมบัติทางเคมีและกายภาพของภาชนะสำหรับอาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมวัตถุดิบ

คัดเลือกเปลือกกล้วยน้ำว้าสุกที่เหลือทิ้งหลังกระบวนการแปรรูป และกากกล้วยสดซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการเก็บเกี่ยว ที่มีลักษณะสมบูรณ์ ไม่มีเชื้อรา ไม่เน่า และไม่มีร่องรอยของแมลงกัดกิน มาทำความสะอาดแล้วหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาดประมาณ 2 เซนติเมตร นำไปต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส โดยเปลือกกล้วยให้ทำการต้มเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และกากกล้วยให้ทำการต้มเป็นเวลา 2 ชั่วโมง พักให้สะเด็ดน้ำแล้วนำไปปั่นให้ละเอียดเป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบางและคั้นน้ำออกจนกระทั่งเหลือแต่กากของเปลือกกล้วยและกากกล้วย (ดังแสดงในภาพที่ 1) เพื่อนำไปใช้เป็นส่วนผสมในการขึ้นรูปเป็นแผ่นสำหรับขึ้นรูปเป็นภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพต่อไป



ภาพที่ 1 วัตถุดิบสำหรับขึ้นรูปภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยน้ำว้าเสริมกากกล้วย

2. การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการอัดขึ้นรูปภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยเสริมกากกล้วย

ในการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการอัดขึ้นรูปภาชนะจากเปลือกกล้วยเสริมกากกล้วย ปัจจัยที่ทำการศึกษา คือ ปริมาณกากกล้วยที่นำมาทดแทนเปลือกกล้วยน้ำว้าสุก จำนวน 3 อัตราส่วน คือ ร้อยละ 20, 30 และ 40 ทำการวางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) จะได้สิ่งทดลองทั้งหมด 3 สิ่งทดลอง ทำการขึ้นรูปเป็นภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพโดยเตรียมเปลือกกล้วยบดละเอียดและ

กากกล้วยบดละเอียดตามข้อ 1 โดยผสมกากกล้วยทดแทนเปลือกกล้วยน้ำว่าสุกตามปัจจัยที่ได้ทำการศึกษา แล้วนำแป้งมันสำปะหลังผสมกับน้ำสะอาดในอัตราส่วนแป้งมันสำปะหลัง 1 กิโลกรัม ต่อน้ำ 10 ลิตร เทส่วนผสมของเปลือกกล้วยและกากกล้วยลงไป กวนส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากันจนจับตัวกันเป็นก้อน นำส่วนผสมที่ได้เทลงในเครื่องอัดความร้อนเพื่อขึ้นรูปเป็นภาชนะ จับเวลา 15 นาที แล้วนำภาชนะที่ได้มาตัดตกแต่งขอบของภาชนะให้เรียบร้อย หลังจากนั้นให้นำสารละลายโซเดียมคลอไรด์บริเวณด้านในและด้านนอกภาชนะด้านละ 10 กรัม แล้วนำเข้าเครื่องอัดขึ้นรูปต่ออีก 5 นาที เมื่อดำเนินการเคลือบโซเดียมคลอไรด์เรียบร้อยแล้วให้นำภาชนะที่ได้ไปอบที่ตู้อบลมร้อนด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จนกระทั่งภาชนะมีความชื้นคงเหลือไม่เกินร้อยละ 8 จะได้ภาชนะสำหรับอาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยเสริมกากกล้วย ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยเสริมกากกล้วย

3. การทดสอบสมบัติทางเคมีและกายภาพของภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

ทำการทดสอบสมบัติทางเคมีและกายภาพของภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพของภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยเสริมกากกล้วยทั้ง 3 สิ่งทดลอง ประกอบด้วย

3.1 การศึกษาลักษณะที่ปรากฏ

ทำการศึกษาลักษณะที่ปรากฏของภาชนะสำหรับอาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยน้ำว่าเสริมกากกล้วย ด้วยวิธีการสังเกตลักษณะจากภายนอกของผลิตภัณฑ์แล้วบันทึกผลที่ได้

3.2 การทดสอบความหนา

ทำการศึกษาความหนาของขอบภาชนะและก้นภาชนะ โดยใช้ไมโครมิเตอร์วัดความหนาดังอย่างละ 5 จุด บันทึกผลเป็นมิลลิเมตร แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยความหนาของสิ่งทดลอง

3.3 การทดสอบการดูดซึมน้ำ (ดัดแปลงจากวิธีทดสอบ มอก.321-2560)

ทำการทดสอบโดยใช้ปิเปตตุน้ำปริมาตร 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในกระบอกตวงแล้วเทน้ำทั้งหมดลงตรงส่วนกลางของตัวอย่างภาชนะ (ก้นภาชนะ) และเริ่มต้นจับเวลาทันที จนตัวอย่างดูดซึมน้ำจนหมด บันทึกเวลาเป็นนาทีและรายงานค่าการดูดซึมน้ำเป็นเวลาต่อปริมาณน้ำที่ใช้ (นาทีต่อมิลลิลิตร)

3.4 การทดสอบความต้านทานแรงดึงและแรงกดทะลุ

ทำการทดสอบความต้านทานแรงดึง โดยใช้เครื่อง Texture analyzer ยี่ห้อ Stable micro systems รุ่น TA-XT plus.C ประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อหาความสามารถของภาชนะที่จะต้านแรงซึ่งทำให้ขึ้นทดสอบขาดต่อจากรายเดิม โดยการเตรียมตัวอย่างขนาด 50 มิลลิเมตร ทดสอบด้วยความเร็ว 0.5 มิลลิเมตรต่อวินาที โดยการใช้หัววัด Tensile Grips แล้วบันทึกผลที่ได้

และทำการทดสอบความต้านทานแรงกดทะลุ โดยใช้เครื่อง Texture analyzer ยี่ห้อ Stable micro systems รุ่น TA-XT plus.C ประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อหาความสามารถของภาชนะที่จะต้านแรงดันที่กระทำบนขึ้นทดสอบด้วยอัตราที่เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอจนทำให้ขึ้นทดสอบนั้นขาด ด้วยความเร็ว 2 มิลลิเมตรต่อวินาที แล้วบันทึกผลที่ได้

3.5 การทดสอบสมบัติทางความร้อน (TGA)

ทำการศึกษาพฤติกรรมการสลายตัวของชิ้นงาน ณ อุณหภูมิต่าง ๆ ทำได้โดยอาศัยเทคนิคการวัดการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของสารตัวอย่างเมื่อได้รับความร้อนภายใต้บรรยากาศที่สามารถควบคุมได้ โดยใช้เครื่อง Thermal gravity analyzer ยี่ห้อ Perkin Elmer รุ่น TGA7 ประเทศสหรัฐอเมริกา ด้วยวิธีการเตรียมปริมาณตัวอย่างประมาณ 5 มิลลิกรัม ซึ่งการทดสอบจะทำภายใต้สภาวะบรรยากาศของไนโตรเจน โดยเพิ่มอุณหภูมิให้แก่สารตัวอย่างมีอัตราเร็ว (Heating rate) เท่ากับ 20 องศาเซลเซียสต่อนาที เริ่มจากอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสถึง 600 องศาเซลเซียส น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบประมาณ 10 ถึง 15 มิลลิกรัม

3.6 การทดสอบลักษณะพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

ทำการศึกษาลักษณะพื้นผิวของภาชนะสำหรับอาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพทั้ง 6 สิ่งทดลองด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูงแบบ Scanning Electron Microscope (SEM) ยี่ห้อ JEOL รุ่น JSM-6510 ประเทศญี่ปุ่น โดยการศึกษาลักษณะพื้นผิวแบบ Surface ด้วยกำลังการขยาย 35 เท่า ทำการปรับเลือกภาพให้ได้รูปชัดที่สุด เพื่อบันทึกภาพของตัวอย่างที่ได้ลงคอมพิวเตอร์ตามต้องการ

ทำการคัดเลือกสิ่งทดลองที่มีคุณสมบัติที่ดีสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป โดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance : ANOVA) ถ้าพบปัจจัยสำคัญทางสถิติจะคำนวณค่าความแตกต่าง เพื่อทดสอบหาค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new Multiple Range Test (DMRT) แล้วนำสิ่งทดลองที่ได้มาทำการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ ด้วยวิธีทดสอบ APHA (Moberg, L. & Kornacki, J.L., 2015) และทำการทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพด้วยการทดสอบการฝังในดินที่มีความชุ่มน้ำต่อไป

4. การศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

ทำการสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพ จากกลุ่มผู้บริโภคทั่วไปที่มีอายุระหว่าง 20 - 50 ปี จำนวน 110 คน และกลุ่มผู้ประกอบการด้านอาหาร ประเภทอาหารผัดและทอด

จำนวน 5 คน ในเขตพื้นที่จังหวัดปทุมธานี ดำเนินการสำรวจข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อ ภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยน้ำว้าเสริมกากกล้วย

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการทดสอบสมบัติทางเคมีและกายภาพของภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

1.1 การศึกษาลักษณะที่ปรากฏ

จากการศึกษาลักษณะที่ปรากฏของภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพทั้ง 3 สิ่งทดลอง ที่ได้หลังจาก กระบวนการขึ้นรูปเป็นภาชนะรูปทรงถ้วย ได้ผลการศึกษาดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ลักษณะที่ปรากฏของภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (ก) ภาชนะจากเปลือกกล้วยน้ำว้าสุกเสริมกากกล้วยร้อยละ 20, (ข) ภาชนะจากเปลือกกล้วยน้ำว้าสุกเสริมกากกล้วยร้อยละ 30 และ (ค) ภาชนะจากเปลือกกล้วยน้ำว้าสุกเสริมกากกล้วยร้อยละ 40

จากภาพที่ 3 พบว่า ภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพทั้ง 3 สิ่งทดลอง มีลักษณะเป็นสีน้ำตาลเข้ม ซึ่งเกิดจากการทำปฏิกิริยาของแทนนินในเปลือกกล้วยกับออกซิเจนในอากาศ (พูลสุข บุญเนตร, 2553) และ ลักษณะของภาชนะสามารถเห็นลักษณะของเส้นใยจากกากกล้วยซึ่งเป็นส่วนเสริมในการขึ้นรูปภาชนะอย่างชัดเจน โดยภาชนะที่มีการเสริมกากกล้วยในปริมาณร้อยละ 20 ของปริมาณเปลือกกล้วย ลักษณะของภาชนะจะไม่สามารถอยู่ตัวได้ดีเท่ากับสิ่งทดลองที่มีการเสริมกากกล้วยตั้งแต่ร้อยละ 30 ขึ้นไป ซึ่งจะพบว่าภาชนะสามารถขึ้นรูปได้อย่างสวยงาม แต่ถ้าหากมีการเพิ่มปริมาณของกากกล้วยในระดับที่มากเกินไปผิวสัมผัสของภาชนะจะมีความหยาบและอาจทำให้เศษอาหารสามารถเกาะติดภาชนะได้ง่าย เนื่องจากมีปริมาณของกากกล้วยเป็นส่วนประกอบอยู่เป็นจำนวนมาก โดยให้การขึ้นรูปของวัสดุผสมที่ใช้เส้นใยปริมาณสูงทำให้มีรอยโหว่เกิดขึ้นมาก และมีผลให้สิ่งทดลองเกิดการแตกหักได้ง่ายขึ้น (ปราณี ชุมสำโรง, 2557) ซึ่งภาชนะที่ได้นั้นมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ในการใส่อาหารแห้งหรืออาหารที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบเพียงเล็กน้อย เช่น อาหารประเภทยา ลาบ

ส้มตำ ฯลฯ ไม่เหมาะสำหรับการนำไปใช้ในการใส่อาหารที่มีความร้อนจัด เนื่องจากอาจส่งผลต่อปริมาณไขมันที่
ใช้เคลือบภาชนะดังกล่าว

1.2 การวิเคราะห์ค่าความหนาของภาชนะและค่าการดูดซึมน้ำ

จากการวิเคราะห์ค่าความหนาบริเวณขอบภาชนะและก้นภาชนะจากเปลือกกล้วยเสริมกาบกล้วย และค่าการดูดซึมน้ำของภาชนะทั้ง 3 สิ่งทดลอง ได้ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าความหนาของภาชนะและค่าการดูดซึมน้ำของภาชนะจากเปลือกกล้วยเสริม
กาบกล้วย

สิ่งทดลอง	ปริมาณกาบกล้วยทดแทน เปลือกกล้วย (ร้อยละ)	ความหนาของภาชนะ (มิลลิเมตร)		การดูดซึมน้ำ* (นาท./มิลลิลิตร)
		ขอบภาชนะ ^{ns}	ก้นภาชนะ ^{ns}	
1	20	1.97 ± 0.11	2.00 ± 0.10	315.13 ^b ± 12.01
2	30	1.83 ± 0.06	2.03 ± 0.06	432.87 ^a ± 15.17
3	40	1.83 ± 0.06	2.03 ± 0.06	306.40 ^b ± 11.56

หมายเหตุ ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

* ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 1 พบว่า ภาชนะจากเปลือกกล้วยเสริมกาบกล้วยทั้ง 3 สิ่งทดลอง มีขนาดความหนาบริเวณขอบภาชนะและก้นภาชนะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และจากผลศึกษาการดูดซึมน้ำ พบว่า สิ่งทดลองที่ 2 มีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ในระดับสูงที่สุด ซึ่งใช้ระยะเวลาในการดูดซึมน้ำนานถึง 432.87 นาท./มิลลิลิตร เนื่องจากภายในเปลือกกล้วยน้ำว่าจะมีปริมาณของแป้งเป็นส่วนประกอบติดอยู่เป็นจำนวนมากทำให้ยากต่อการดูดซึมน้ำเข้าไปภายในแผ่นวัตถุดิบ (โสธญา สัมเขียวหวาน, 2557) หากมีการกำหนดอัตราส่วนในการขึ้นรูปในปริมาณที่เหมาะสมจะส่งผลให้สิ่งทดลองมีความแข็งแรงและมีผิวสัมผัสที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน เนื่องจากในการขึ้นรูปภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยเสริมกาบกล้วยมีการใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานจะสามารถต้านทานการซึมน้ำได้ดี เนื่องจากมีแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวเคลือบผิวภายนอก เมื่อชิ้นงานสัมผัสกับน้ำหรือความชื้นจะทำให้โมเลกุลของน้ำแทรกตัวเข้าไปภายในได้ยาก (มลสุตา ลิ่วไธสง, 2556) แต่หากสิ่งทดลองมีส่วนประกอบของเส้นใยกาบกล้วยในปริมาณมากอาจส่งผลต่อการเกาะตัวของตัวประสานส่งผลให้โมเลกุลของน้ำแทรกตัวเข้าไปภายในภาชนะได้ง่ายยิ่งขึ้น

1.3 การทดสอบความต้านทานแรงดึง และการทดสอบความต้านแรงกดทะลุ

จากการทดสอบความต้านทานแรงดึง และการทดสอบความต้านแรงกดทะลุ ด้วยเครื่อง Texture analyzer (Model TA-XT plus.C, Stable micro systems, สหรัฐอเมริกา) ของภาชนะจากเปลือกกล้วยเสริมกากกล้วยทั้ง 3 สิ่งทดลอง ได้ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึง และการทดสอบความต้านแรงกดทะลุ

สิ่งทดลอง	ปริมาณกากกล้วย ทดแทนเปลือกกล้วย (ร้อยละ)	Maximum Force* (นิวตัน)	Distance at Break ^{ns} (มล.)	Hardness ^{ns} (นิวตัน)
1	20	30.75 ^b ± 14.08	-0.45 ± 0.11	8.45 ± 0.97
2	30	32.54 ^b ± 8.09	-0.42 ± 0.07	11.28 ± 2.65
3	40	43.99 ^a ± 8.83	-0.41 ± 0.04	12.78 ± 4.65

หมายเหตุ * ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

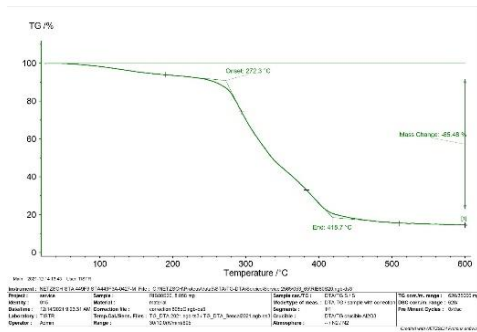
ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 2 พบว่า ภาชนะจากเปลือกกล้วยเสริมกากกล้วยทั้ง 3 สิ่งทดลอง มีค่าความต้านทานแรงดึงขาดที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่มีค่าความยืดที่จุดขาดและค่าความต้านทานแรงกดทะลุไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งจากตารางพบว่า สิ่งทดลองที่ 3 มีค่าความต้านทานแรงดึงอยู่ในระดับสูงที่สุด ซึ่งส่งผลให้ภาชนะมีความแข็งแรงไม่ขาดง่ายเมื่อนำไปใช้งาน เนื่องจากมีปริมาณเส้นใยของกากกล้วยเป็นส่วนเสริมในการขึ้นรูปภาชนะในปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปพร้อมกับเปลือกกล้วยแต่ละระดับ โดยเส้นใยจากกากกล้วยจะมีความหนาและความแข็งแรงมากกว่าเส้นใยจากเปลือกกล้วยน้ำว้า ซึ่งมีความหนาของผนังเส้นใยเท่ากับ 2.6 ไมโครเมตร (ทินกร อัญชลี วิทยากุล, 2546) สอดคล้องกับผลการศึกษาวิจัยของ มลสุตา ลิ่วโสสง (2556) รายงานว่าการผลิตภาชนะจากเส้นใยกากกล้วยโดยใช้เส้นใยยาวจะสามารถช่วยในการยึดเกาะตัวกันได้ดีกว่าเส้นใยสั้นเนื่องจากมีผิวสัมผัสระหว่างเส้นใยมาก จึงสามารถรับแรงได้ดีเมื่อมีแรงมากระทำ แต่หากมีการใช้เส้นใยยาวในปริมาณที่มากเกินไปร้อยละ 50 จะส่งผลให้ค่าความแข็งแรงลดลง

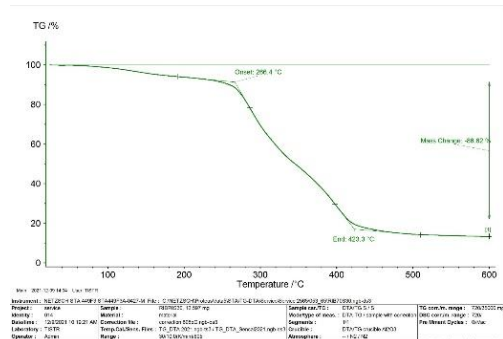
1.4 การทดสอบสมบัติทางความร้อน

จากการทดสอบการทนความร้อนของวัสดุจากการสลายตัวของวัสดุ ณ อุณหภูมิต่าง ๆ ด้วยเครื่อง Thermogravimetric analyzer (TGA) โดยทำการศึกษาการสลายตัวของวัสดุภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน ซึ่ง

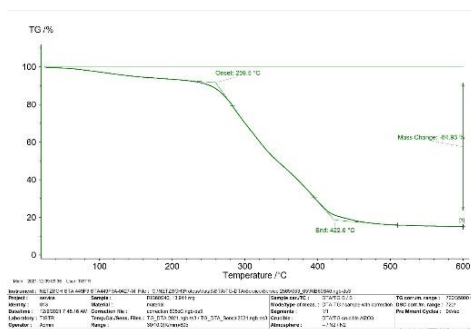
จะทำให้สามารถวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของสารเมื่อได้รับความร้อนตั้งแต่อุณหภูมิ 35 – 600 องศาเซลเซียส ได้ผลการศึกษาดังแสดงในภาพที่ 4



(ก)



(ข)



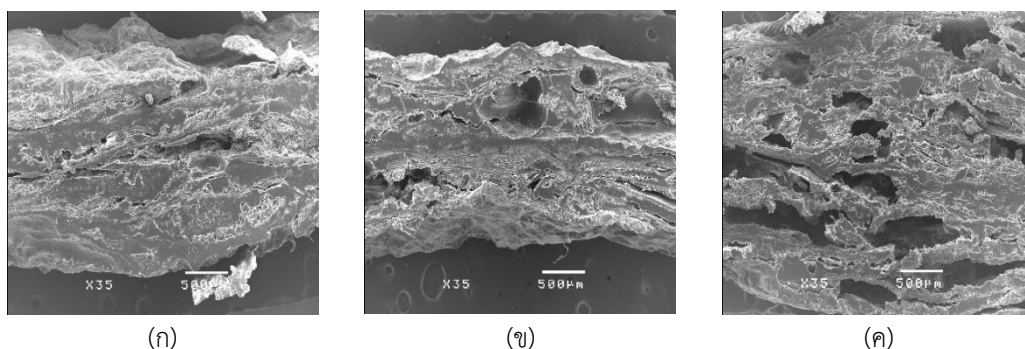
(ค)

ภาพที่ 4 เทอร์โมกราฟการทนความร้อนของวัสดุด้วยเครื่อง Thermogravimetric analyzer (TGA) (ก) ภาพขณะจากเปลือกกล้วยเสริมกากกล้วยร้อยละ 20, (ข) ภาพขณะจากเปลือกกล้วยเสริมกากกล้วยร้อยละ 30 และ (ค) ภาพขณะจากเปลือกกล้วยเสริมกากกล้วยร้อยละ 40

จากภาพที่ 4 พบว่า ภาพขณะจากเปลือกกล้วยเสริมกากกล้วยทั้ง 3 สิ่งทดลอง มีแนวโน้มในการสลายตัวไปในทิศทางเดียวกัน โดยมีตำแหน่งเริ่มต้นการสลายตัวที่อุณหภูมิในช่วง 259.50 – 270.50 องศาเซลเซียส ซึ่งใกล้เคียงกับผลการศึกษาวิจัยของมรสุดา ลิ่วไธสง (2556) ที่ได้ทำการศึกษากการทนความร้อนของภาพขณะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากกากกล้วย พบว่า สิ่งทดลองได้มีการสลายตัวที่อุณหภูมิประมาณ 270 องศาเซลเซียส โดยมีปริมาณการสูญเสียน้ำหนักประมาณร้อยละ 65 ซึ่งจะเป็นการสลายตัวขององค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยกล้วย และจากการทดสอบพบว่า สิ่งทดลองทั้ง 3 สิ่งทดลอง ได้สิ้นสุดการสลายตัวที่อุณหภูมิ 418.70 – 432.30 องศาเซลเซียส และมีปริมาณสารที่เปลี่ยนแปลงไปที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส อยู่ที่ประมาณร้อยละ 84.93 – 86.62

1.5 การทดสอบลักษณะพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

จากการทดสอบลักษณะพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของภาชนะจากเปลือกกล้วยเสริมกากกล้วยทั้ง 3 สิ่งทดลอง บริเวณโครงสร้างตัดขวางของภาชนะ ด้วยกำลังขยาย 35 เท่า ได้ผลการทดสอบดังแสดงในภาพที่ 5

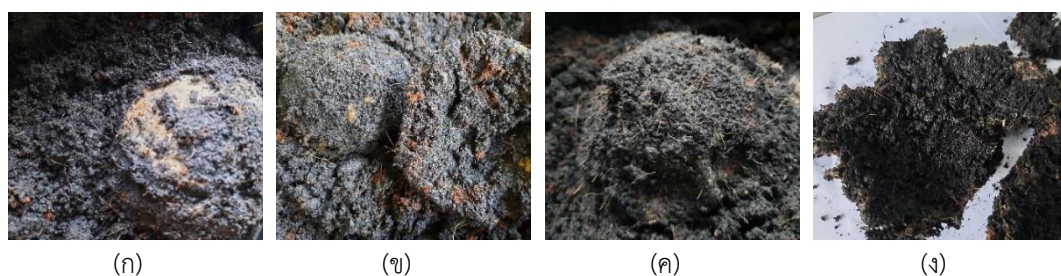


ภาพที่ 5 ภาพถ่ายโครงสร้างตัดขวางของภาชนะจากเปลือกกล้วยเสริมกากกล้วย (ก) ภาชนะจากเปลือกกล้วยเสริมกากกล้วยร้อยละ 20, (ข) ภาชนะจากเปลือกกล้วยเสริมกากกล้วยร้อยละ 30 และ (ค) ภาชนะจากเปลือกกล้วยเสริมกากกล้วยร้อยละ 40

จากภาพที่ 5 พบว่า ภาชนะจากเปลือกกล้วยเสริมกากกล้วยทั้ง 3 สิ่งทดลอง ถูกผสานเส้นใยของเปลือกกล้วยและกากกล้วยด้วยแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งจะเห็นได้จากรอยตัดที่เกิดขึ้น และจากการมองที่ภาพตัดขวางจะเห็นรอยโหว่เกิดขึ้นในทุกสิ่งทดลอง ซึ่งรอยโหว่ดังกล่าวนี้เกิดจากการระเหยตัวของไอน้ำระหว่างกระบวนการอัดขึ้นรูปขึ้นงาน และรอยโหว่นี้จะก่อให้เกิดจุดกำเนิดของการแตกหักของภาชนะเมื่อวัสดุมีแรงมากระทำ (มลสุตา ลิ่วโรสง, 2556) ซึ่งจากภาพ (ค) พบว่า สิ่งทดลองมีรอยโหว่ที่ใหญ่และมีอยู่เป็นจำนวนมากซึ่งไม่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้งาน ซึ่งจะส่งผลให้ภาชนะไม่มีความแข็งแรงสามารถแตกหักหรือฉีกขาดได้ง่าย

จากการศึกษาลักษณะที่ปรากฏ คุณภาพทางเคมี และกายภาพของภาชนะจากเปลือกกล้วยเสริมกากกล้วยทั้ง 3 สิ่งทดลอง พบว่า คุณสมบัติโดยรวมของภาชนะบรรจุอาหารที่ผ่านการอัดขึ้นรูปโดยเสริมกากกล้วยร้อยละ 30 มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการนำไปใช้ในการบรรจุอาหารที่มีลักษณะแห้งหรือมีน้ำเพียงเล็กน้อยได้ เนื่องจากสิ่งทดลองดังกล่าวมีค่าการดูดซึมน้ำค่อนข้างต่ำ มีความหนาที่เหมาะสม สามารถสลายตัวด้วยความร้อนได้ช้า และมีลักษณะโครงสร้างแบบตัดขวางที่เหมาะสมไม่มีรอยโหว่เกิดขึ้นในปริมาณที่มาก และมีความแข็งแรงเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป เมื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ พบว่า ภาชนะจากเปลือกกล้วยเสริมกากกล้วย มีปริมาณจุลินทรีย์อยู่ที่ 1.1×10^2 CFU/ชิ้น ซึ่งอยู่ในเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 3 (พ.ศ.2560) ที่กำหนดให้ภาชนะสัมผัสอาหาร เช่น จาน ชาม ถ้วย

แแก้วน้ำ และตะเกียบ มีจำนวนจุลินทรีย์น้อยกว่า 1,000 CFU/ชิ้นภาชนะหรือต่อคู่ (สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร, 2560) ดังนั้นภาชนะจากเปลือกกล้วยเสริมกากกล้วยสามารถนำมาใช้ในการบรรจุอาหารหรือนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ ต่อไปได้ ซึ่งหลังการนำภาชนะไปใช้ในการบรรจุอาหารหรือนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ แล้วสามารถกำจัดทิ้งได้ด้วยวิธีการฝังดิน หรือนำไปใช้เป็นปุ๋ยในการดูแลรักษาต้นไม้ต่อไป โดยจากการทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพ ด้วยการฝังไว้ใต้ดินที่มีความชุ่ม (รดน้ำเป็นประจำทุกวัน) จะทำการบันทึกผลการทดสอบเป็นสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ติดต่อกัน 3 สัปดาห์ และภายใน 45 วัน ได้ผลการศึกษาดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 การย่อยสลายทางชีวภาพด้วยการฝังใต้ดิน (ก) ระยะเวลา 7 วัน, (ข) ระยะเวลา 14 วัน, (ค) ระยะเวลา 21 วัน และ (ง) ระยะเวลา 45 วัน

จากภาพที่ 6 พบว่า ภาชนะจากเปลือกกล้วยเสริมกากกล้วย ที่ถูกนำไปทิ้งและฝังกลบไว้ใต้ดินในสภาวะดินที่มีความชุ่มชื้นหรือมีการรดน้ำเป็นประจำจะย่อยสลายได้เร็ว โดยจะเห็นได้ว่าดินเริ่มมีการเกาะตัวที่ภาชนะตั้งแต่สัปดาห์แรก แต่เมื่อผ่านไป 2 สัปดาห์ดินจะเกาะตัวอยู่บนภาชนะจนเต็มใบ แต่ตัวภาชนะยังไม่ถูกทำลาย และเมื่อเข้าสู่สัปดาห์ที่ 3 ภาชนะเริ่มมีการสลายตัว ภาชนะมีรอยฉีกขาดและเปื่อย ยุ่ย และเมื่อผ่านไป 45 วัน พบว่า ภาชนะที่อยู่ภายใต้ดินที่มีน้ำจะสลายไปในดินแทบทั้งใบ แต่ยังคงมีองค์ประกอบของภาชนะหลงเหลืออยู่เล็กน้อย ซึ่งจากการศึกษาของนันทิยา ลากสาธิต (ม.ป.ป.) ได้กล่าวว่าบรรจุภัณฑ์จากขานอ้อย ที่ผ่านการทดสอบด้านการย่อยสลายจากศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) สามารถย่อยสลายได้หมดภายใน 45 วัน หลังจากฝังกลบในดิน และหากฝังกลบพร้อมกับเศษอาหารที่เหลือติดอยู่ จะใช้เวลาในการย่อยสลายเพียง 31 วันเท่านั้น

2. ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

จากการสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพ กลุ่มผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 110 คน และกลุ่มผู้ประกอบการร้านอาหาร จำนวน 5 คน โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจ เรื่องภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยเสริมกากกล้วย ได้ผลสำรวจความพึงพอใจดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการสำรวจความพึงพอใจที่มีต่อภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยเสริมกากกล้วย

รายการประเมิน	กลุ่มผู้บริโภคทั่วไป (N = 110 คน)		กลุ่มผู้ประกอบการ ร้านอาหาร (N = 5 คน)	
	ค่าเฉลี่ย	ระดับความ พึงพอใจ	ค่าเฉลี่ย	ระดับความ พึงพอใจ
1. ด้านความเหมาะสมกับประโยชน์ใช้ สอย	4.62 ± 0.51	มากที่สุด	4.40 ± 0.51	มาก
1.1 ผลิตภัณฑ์เหมาะสมกับการใช้งาน	4.52 ± 0.50	มากที่สุด	4.40 ± 0.55	มาก
1.2 ผลิตภัณฑ์มีความทันสมัย	4.58 ± 0.55	มากที่สุด	4.40 ± 0.55	มาก
1.3 ผลิตภัณฑ์ตอบสนองการใช้งานได้ดี	4.75 ± 0.45	มากที่สุด	4.40 ± 0.55	มาก
2. ด้านความเหมาะสมกับความสวยงาม	4.65 ± 0.52	มากที่สุด	4.40 ± 0.63	มาก
2.1 ผลิตภัณฑ์มีรูปทรงสวยงาม	4.59 ± 0.53	มากที่สุด	4.80 ± 0.45	มากที่สุด
2.2 ผลิตภัณฑ์มีสีและลวดลายที่เป็น เอกลักษณ์	4.58 ± 0.60	มากที่สุด	4.00 ± 0.71	มาก
2.3 วัสดุมีความเหมาะสมกับ ผลิตภัณฑ์	4.79 ± 0.41	มากที่สุด	4.40 ± 0.55	มาก
3. ด้านความเหมาะสมกับวัสดุและกรรมวิธี การผลิต	4.69 ± 0.54	มากที่สุด	4.32 ± 0.63	มาก
3.1 วัสดุมีความเหมาะสมกับกรรมวิธี การผลิต	4.69 ± 0.46	มากที่สุด	4.60 ± 0.55	มากที่สุด
3.2 วัสดุมีความแข็งแรงทนทาน	4.28 ± 0.73	มาก	4.00 ± 0.71	มาก
3.3 การผสมผสานของวัสดุในการขึ้นรูป ภาชนะ	4.79 ± 0.43	มากที่สุด	4.40 ± 0.55	มาก
3.4 กรรมวิธีการผลิตมีความเหมาะสม	4.88 ± 0.35	มากที่สุด	4.60 ± 0.55	มากที่สุด
3.5 ผลิตภัณฑ์ง่ายต่อการทำความสะอาด	4.79 ± 0.45	มากที่สุด	4.00 ± 0.71	มาก
4. ด้านความพึงพอใจโดยรวม	4.73 ± 0.45	มากที่สุด	4.40 ± 0.55	มาก

จากตารางที่ 3 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจต่อภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยเสริมกากกล้วย กลุ่มผู้บริโภคทั่วไป มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์สูงกว่ากลุ่มผู้ประกอบการร้านอาหารในทุกหัวข้อ โดยมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจโดยรวม อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.73 ± 0.45 ซึ่งมีความพึงพอใจในด้านความเหมาะสมกับประโยชน์ใช้สอย อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.62 ± 0.51 ด้านความเหมาะสมกับความสวยงาม มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.65 ± 0.52 และด้านความเหมาะสมกับวัสดุและกรรมวิธีการผลิต อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.69 ± 0.54

สำหรับในกลุ่มผู้ประกอบการร้านอาหาร มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจโดยรวม อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 ± 0.55 ซึ่งมีความพึงพอใจในด้านความเหมาะสมกับประโยชน์ใช้สอย อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 ± 0.55 ด้านความเหมาะสมกับความสวยงาม มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 ± 0.63 และด้านความเหมาะสมกับวัสดุและกรรมวิธีการผลิต อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.32 ± 0.63

สรุป

ผลการทดสอบสมบัติทางเคมีและกายภาพของภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยเสริมกากกล้วยที่เตรียมได้ มีลักษณะเป็นสีน้ำตาลเข้ม มีความหนาของขอบภาชนะอยู่ระหว่าง 1.83-1.97 มิลลิเมตร ความหนาของก้นภาชนะเท่ากับ 2.00-2.03 มิลลิเมตร และมีค่าการดูดซึมน้ำตั้งแต่ 306.40 – 432.87 นาที่/มิลลิลิตร ภาชนะบรรจุอาหารจากเปลือกกล้วยเสริมกากกล้วยทั้ง 3 สิ่งทดลอง มีค่าความต้านทานแรงดึงขาดที่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่มีค่าความยืดที่จุดขาดและค่าความต้านทานแรงกดทะลุ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากการทดสอบการทนความร้อนของวัสดุ จากการสลายตัวของวัสดุ ณ อุณหภูมิต่าง ๆ พบว่า มีอุณหภูมิเริ่มต้นการสลายตัวในช่วง 259.50 – 272.30 องศาเซลเซียส จากการวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวของภาชนะ พบว่า ภาชนะมีรอยโหว่ซึ่งเกิดจากการระเหยตัวของไอน้ำ ระหว่างกระบวนการอัดขึ้นรูปชิ้นงานเล็กน้อย ซึ่งภาชนะบรรจุอาหารจากเปลือกกล้วยเสริมกากกล้วยที่ขึ้นรูปโดยเปลือกกล้วยน้ำว้าเสริมกากกล้วยร้อยละ 30 มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์มากที่สุด โดยมีปริมาณจุลินทรีย์อยู่ที่ 1.1×10^2 CFU/ชิ้น และสามารถย่อยสลายในดินที่มีความชุ่มชื้นได้ภายในระยะเวลา 45 วัน

ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อภาชนะสำหรับอาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพ จากกลุ่มผู้บริโภคทั่วไป พบว่า ผู้บริโภคทั่วไปมีความพึงพอใจโดยรวม ต่อภาชนะสำหรับอาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยเสริมกากกล้วย อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.73 ± 0.45 และในกลุ่มผู้ประกอบการร้านอาหาร พบว่า กลุ่มผู้ประกอบการร้านอาหารมีความพึงพอใจโดยรวมต่อภาชนะสำหรับอาหารย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเปลือกกล้วยเสริมกากกล้วย อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.40 ± 0.55

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

1.1 ในการเก็บรักษาคุณภาพของเปลือกกล้วยไม่ให้มีสีคล้ำควรแช่ในน้ำที่มีส่วนผสมของกรดซิตริก หลังการปอกเปลือกโดยเฉพาะในเปลือกกล้วยดิบ

1.2 การเตรียมเยื่อของเปลือกกล้วยและกากกล้วยสามารถทำเก็บไว้ในปริมาณมาก โดยให้บีบคั้นน้ำออกให้หมดด้วยผ้าขาวบางแล้วใส่ถุงซิปล็อคก่อนนำเข้าตู้เย็น

1.3 การเตรียมไข่ผำควรเตรียมเป็นฝอยละเอียดก่อนนำมาละลายด้วยหม้อต้มสองชั้น ซึ่งควรควบคุมอุณหภูมิให้ความร้อนสม่ำเสมอขณะนำมาทาที่ภาชนะ เพื่อป้องกันการจับตัวกันเป็นก้อน

2. ข้อเสนอแนะในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาวิธีการเตรียมเปลือกกล้วยเพื่อขึ้นรูปเป็นภาชนะให้มีสีขาวนวลมากกว่านี้

2.2 ควรศึกษาการขึ้นรูปเป็นภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพประเภทอื่น ๆ เช่น ภาชนะสำหรับปลูกต้นไม้ที่มีความแข็งแรงทนทานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ทูสนับสนุนการพัฒนาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ภายใต้กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์วิจัย และนวัตกรรม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 (รหัสทุน ววน. FRB640013 และรหัสโครงการวิจัย FR64E0303)

เอกสารอ้างอิง

กนกกานต์ วีระกุล, จิราภรณ์ สอดจิตร์, และเหรียญทอง สิงห์จามรงค์. (2558). การสกัดใยอาหารจากเปลือกกล้วยน้ำว้าโดยใช้เอนไซม์และการนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต. **วารสารวิจัย มสธ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 8(3), 61-80.

ณรงค์ ฤทธิเทพ, วรณยุพา วิทยาภรณ์, และสุภาภรณ์ สงห์เดช. (2547). การผลิตถ่านแท่งจากเปลือกกล้วยและวงเครือกล้วยน้ำว้าดิบ. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. กระทรวงพลังงาน. กรุงเทพมหานคร. 74 น.

ทินกร อัญชลีวิทยากุล. (2546). การผลิตกระดาษจากต้นกล้วยและการใช้ประโยชน์. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตร มหาบัณฑิต สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์เพื่อการพัฒนาชุมชน คณะคหกรรม, มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

นพดล จันทลักษณ์, และสมนึก วัฒนศรีกุล. (2555). การออกแบบและสร้างเครื่องขึ้นรูปภาชนะที่ทำจากเส้นใยธรรมชาติ. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ.2555 (1770-1775), จังหวัดเพชรบุรี: มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

นันทิยา ลากสาธิต. (ม.ป.ป.). **บรรจุภัณฑ์ขานอ้อยเพื่อสิ่งแวดล้อม**. สืบค้นจาก <https://www.npc-se.co.th/detailknowledgebase-7->.

ปราณี ชุมสำโรง. (2547). การศึกษาสมบัติเชิงกลของพลาสติกเสริมแรงด้วยเส้นใยธรรมชาติที่มีในประเทศไทย. รายงานการวิจัย สาขาวิชาวิศวกรรมพอลิเมอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ผู้จัดการออนไลน์. (2565). วว. โชว์ “ภาชนะจากวัสดุธรรมชาติ” เพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ทดแทนการใช้พลาสติก. สืบค้นจาก https://mgronline.com/science/detail/9650000046919?fbclid=IwAR320IEUCQzOriXox_NnBAhxldOs4sRqe5mcR-MrqjmqzqunhCG4kakAgmQ.

พลสุข บุญเอนตร. (2553). การเพิ่มความคงทนของสีในเส้นด้ายฝ้ายย้อมสีธรรมชาติด้วยไอน้ำ. วารสารคหเศรษฐศาสตร์, 53(1), 18-24.

มลสุดา ลิวโฮสง. (2556). การผลิตภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากกากกล้วย. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

วิภา สุโรจนะเมธกุล, และคณะ. (2541). การใช้ดอกกระเจี๊ยบและเปลือกถั่วเหลืองเพื่อผลิตเซลลูโลสผง. อาหาร, 28(47), 255-267.

ศศิณัฐ หล่อจรรย์รักษ์. (2558). การศึกษาคุณสมบัติการแปรรูปจากต้นกล้วยเพื่อนำมาออกแบบผลิตภัณฑ์ของตกแต่งภายในบ้าน. วิทยานิพนธ์ศิลปมหาบัณฑิต สาขาวิชาการออกแบบผลิตภัณฑ์ คณะมัณฑนศิลป์, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ศิริพร เต็งรัง. (2558). วิจัยและพัฒนาบรรจุภัณฑ์. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพมหานคร.

สมเกียรติ สุทธิยาพิพัฒน์, และธมนันตี ประยูรพันธ์. (2563). การออกแบบ และพัฒนาบรรจุภัณฑ์อาหารจากกากหมากเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มที่นำสู่ความเข้มแข็งของชุมชนและเศรษฐกิจฐานราก. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, 12(1), 120-131.

สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร. (2560). เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 3. นครปฐม: บริษัท ฟิฟู ดีไซน์ แอนด์ พรินท์ จำกัด.

โสธญา สัมเขียวหวาน. (2557). ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตกระดาษอย่างง่ายจากเปลือกกล้วยสดและจากผลผลิตเหลือทิ้งหลังการหมักเอทานอล. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Moberg, L & Kornacki, JL. (2015). Microbiological Monitoring of the Food Processing Environment. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. Washington: American Public Health Association.

ผลของคุณภาพอากาศทางจุลชีววิทยาต่อการเสื่อมสภาพทางชีวภาพของเจดีย์ชัยมงคล วัดใหญ่ชัยมงคล จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

ทรงพลธนฤทธิ์ มฤคธรรณินแปลง¹ สุจิตกัลยา มฤคธรรณินแปลง^{2*} สันญา กุดัน³

Received : August 22, 2022

Revised : April 18, 2023

Accepted : April 25, 2023

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบคุณภาพทางจุลชีววิทยาของอากาศของโบราณสถาน เจดีย์ชัยมงคล วัดใหญ่ชัยมงคล จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ต่อการเสื่อมสภาพทางชีวภาพ โดยการศึกษาคุณภาพของอากาศด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) และวิธีการเก็บตัวอย่างอากาศโดยหลักการตกตามแรงโน้มถ่วง (Gravity plate method) ศึกษาจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และผลกระทบของการเสื่อมสภาพทางชีวภาพของแอคติโนมัยซีท์ที่แยกได้จากอากาศ โดยแยกให้เป็นเชื้อบริสุทธิ์ด้วยอาหารแข็งสตาร์ช-เคซีน (SCA) และอาหารแข็งสำหรับแยกแอคติโนมัยซีท์ (AIA) ทดสอบความสามารถในการผลิตสารที่ส่งผลต่อค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว และการหลั่งสารสีของแอคติโนมัยซีท์บริสุทธิ์ที่แยกได้ ผลการศึกษาตัวอย่างอากาศบนกระดาดชรองด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบสิ่งแปลกปลอมรูปร่างต่าง ๆ การเปรียบเทียบคุณภาพอากาศทางจุลชีววิทยาภายในกับคุณภาพอากาศภายนอกโบราณสถาน ด้วยการเก็บตัวอย่างอากาศโดยหลักการตกตามแรงโน้มถ่วง พบว่าตัวอย่างอากาศภายนอกมีจำนวนจุลินทรีย์มากกว่าตัวอย่างอากาศภายในโบราณสถาน ยกเว้นตัวอย่างอากาศที่เก็บในเดือนกรกฎาคมและเดือนเมษายน สามารถแยกแอคติโนมัยซีท์ได้จากตัวอย่างอากาศ ทั้งหมด 65 ไอโซเลท พบว่ามี 64 ไอโซเลทหลั่งสารที่มีฤทธิ์เป็นด่าง และมี 1 ไอโซเลทหลั่งสารที่มีฤทธิ์เป็นกรด และมีแอคติโนมัยซีท์ 56% ที่ผลิตสารสีได้ โดยผลิตสารสีน้ำตาล ชมพู เหลือง ส้ม ม่วง และเขียว คิดเป็น 44%, 33%, 11%, 6%, 3% และ 3%

คำสำคัญ: การเสื่อมสภาพทางชีวภาพ คุณภาพอากาศทางจุลชีววิทยา เจดีย์ชัยมงคล โบราณสถาน

¹ อาจารย์ประจำหลักสูตร วิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ อีเมล: Songpoltanarit@vru.ac.th

² อาจารย์ประจำหลักสูตร สาขาวิชาจุลชีววิทยา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา อีเมล: Sujidkanlaya@gmail.com

³ อาจารย์ประจำหลักสูตร ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง อีเมล: kudansan54@gmail.com

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: Sujidkanlaya@gmail.com

THE EFFECT OF MICROBIOLOGICAL AIR QUALITY ON THE BIOLOGICAL DETERIORATION OF
THE CHAI-MONGKHON PAGODA AT WAT YAI CHAI-MONGKHON
IN PHRA NAKHON SI AYUTTHAYA PROVINCE

Songpoltanarit Maruekarajtinplaeng¹ Sujidkanlaya Maruekarajtinplaeng^{2*} Sanya Kudan³

Abstract

The aim of this research was to study the effects of the microbiological quality of the air in the archeological site of Chai Mongkhon pagoda at Wat Yai Chai Mongkhon in Phra Nakhon Si Ayutthaya province on biodeterioration. For this purpose, the air quality was investigated by scanning electron microscope (SEM), gravitational plate method, and the total bacterial count. The effects of pure actinomycetes isolated from air by starch-casein agar (SCA) and actinomycete isolation agar (AIA) on biodeterioration, the pH of the culture broth, and pigment secretion ability were studied. The results showed that the various shape particles from the air samples on the filter membrane were detected by electron microscope. In addition, the indoor microbiological air quality was compared with the outdoor air quality by the gravity plate method. The result showed that the outdoor samples had a higher number of microorganisms than the indoor air samples except for the samples which were collected in July and April. A total of 65 isolates of actinomycetes were isolated from the air samples. All 65 pure actinomycetes produced substances that affected the pH of the culture broth. Sixty-four isolates secreted an alkaline substance, and only 1 isolate secreted an acidic substance. Fifty-six percent of the isolates were able to secrete pigment from the cell that was brown, pink, yellow, orange, purple, and green, respectively (44%, 33%, 11%, 6%, 3%, and 3%).

Keywords: Biological deterioration, Microbiological air quality, Chai-Mongkhon pagoda,
Archaeological site

¹ Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, e-mail: Songpoltanarit@vru.ac.th

² Department Of Microbiology, Faculty of Science and Technology, Pharmakon Si Ayutthaya Rajabhat University, e-mail: Sujidkanlaya@gmail.com

³ Department of Biotechnology, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University, e-mail: Kudannsan54@gmail.com

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

บทนำ

เจดีย์ชัยมงคล เป็นเจดีย์ทรงระฆังคว่ำขนาดใหญ่ มีความสำคัญทางประวัติศาสตร์ของชาติไทย ตั้งอยู่ในวัดใหญ่ชัยมงคล จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เป็นสถานที่ท่องเที่ยวทางวัฒนธรรมสำคัญของประเทศไทยที่ได้รับความนิยมจากนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติ สร้างในสมัยอยุธยา ปัจจุบันเจดีย์ชัยมงคลเกิดการเสื่อมสภาพลงมาก ทั้งการเสื่อมสภาพด้านสี พื้นผิว และโครงสร้าง แม้ว่าที่ผ่านมาจะมีการบูรณะซ่อมแซมแล้วหลายครั้งแต่การเสื่อมสภาพยังคงมีให้เห็นได้อย่างชัดเจน ซึ่งสาเหตุของการเสื่อมสภาพมาจากหลายปัจจัย เช่น ความเก่าแก่ของเจดีย์ สภาพแวดล้อมต่าง ๆ ทั้งสภาพแวดล้อมทางกายภาพ เช่น สภาพอากาศ อุณหภูมิ แสง และสภาพแวดล้อมทางชีวภาพ เช่น คน พืช สัตว์และจุลินทรีย์ ทั้งนี้การเสื่อมสภาพของสิ่งปลูกสร้างที่มีสาเหตุมาจากสภาพแวดล้อมทางชีวภาพเรียกว่า การเสื่อมสภาพทางชีวภาพ หรือ Biodeterioration (Johnson, 1965) สิ่งมีชีวิตที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมสภาพเรียกไบโอดีเทอริโอเจน (Biodeteriogen) (Kumer & Kumer, 1999) ซึ่งจุลินทรีย์เป็นสิ่งมีชีวิตกลุ่มหนึ่งที่มีส่วนทำให้เกิดการเสื่อมสภาพทางชีวภาพได้ (Li et al., 2021)

การเสื่อมสภาพของโบราณสถานที่ยุคินทรีย์มีส่วนเกี่ยวข้องจะเกิดอย่างขึ้นช้า ๆ และค่อยเป็นค่อยไป เริ่มจากจุลินทรีย์มีการเจริญและเพิ่มจำนวนโดยใช้โบราณสถานเป็นแหล่งที่อยู่ (Johnson, 1965) สืบเนื่องจากในสภาพแวดล้อมทั่วไปมีอนุภาคจุลินทรีย์แขวนลอยอยู่ในรูปของเซลล์และสปอร์ เมื่อเซลล์หรือสปอร์ของจุลินทรีย์เหล่านั้นตกลงบนพื้นผิวโบราณสถานร่วมกับการมีระยะเวลาและภาวะที่เหมาะสม ทำให้จุลินทรีย์เหล่านั้นเจริญเพิ่มจำนวน ในกระบวนเมแทบอลิซึมของจุลินทรีย์ก่อให้เกิดสารเคมีชีวภาพชนิดต่าง ๆ ที่มีโครงสร้างและคุณสมบัติที่หลากหลาย (Nakaew et al., 2009) ซึ่งส่งผลให้โบราณสถานซึ่งเป็นแหล่งที่อยู่เกิดการเสื่อมสภาพทางชีวภาพในรูปแบบต่าง ๆ เช่น วัสดุที่ใช้ก่อสร้าง เกิดร่องรอยการถูกกัดกร่อน การเปลี่ยนแปลงสี การเกิดคราบสีต่าง ๆ บนพื้นผิว ที่เนื่องมาจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ กลุ่มที่ผลิตสารที่มีฤทธิ์เป็นกรดหรือด่าง จะทำให้เกิดการกัดกร่อนพื้นผิวส่งผลให้เกิดการแตกหักได้ (พรพรรณ รัตนสัจจะ และ ดวงหทัย สิงห์คะ, 2560; Johnson, 1965) ส่วนการเกิดคราบสีที่เกิดจากสีของเส้นใยราหรือสีของสปอร์แบคทีเรียกลุ่มที่สร้างสปอร์ได้ รวมทั้งกลุ่มจุลินทรีย์ที่ผลิตและหลั่งสารสีออกนอกเซลล์ จะส่งผลต่อการเสื่อมสภาพด้านการเปลี่ยนแปลงสีของโบราณสถานไปในทิศทางที่ไม่ต้องการ มีรายงานการวิจัยที่สนับสนุนการเสื่อมสภาพของโบราณสถานที่เกิดจากจุลินทรีย์ เช่น Bartoli et al. (2014) พบว่าบริเวณพื้นผิวโดยรอบของปราสาทนครวัด ประเทศกัมพูชา มีจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ เจริญปกคลุมทั้งบนพื้นของผิวปราสาท และเจริญแทรกตัวลงในหินที่เป็นวัสดุก่อสร้างได้ พบว่ากลุ่มของจุลินทรีย์ที่โดดเด่น ได้แก่ สาหร่ายสีเขียว ไชยาโนแบคทีเรีย โลเคน และมอส เมื่อตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่า สาหร่ายสีเขียว โดยเฉพาะสกุล *Trentepohlia* ส่งผลกระทบต่อการเสื่อมสภาพทางชีวภาพสูงที่สุด De Leo et al. (2012) รายงานการแยกเชื้อจุลินทรีย์จากตัวอย่างของสถานที่สำคัญทางประวัติศาสตร์ 3 แห่ง คือ สุสานเซนต์คาลิสตัส กรุงโรม ประเทศอิตาลี (CSC13) ถ้ำค้างคาว ในเมืองซูเฮอร์ส ประเทศสเปน (Cave of Bats) และสุสาน เซนต์อากาธา (St. Agatha) ประเทศมอลตา นำมาแยกและจำแนกชนิดโดยใช้คุณสมบัติทางสัณฐานวิทยา สรีรวิทยาและลายพิมพ์ DNA ของชิ้นส่วน 16S rDNA พบว่า จำนวนและชนิดของกลุ่มจุลินทรีย์ที่พบแต่ละแห่งมีความแตกต่างกันมาก โดยพบว่า ตัวอย่างจาก CSC13 พบจุลินทรีย์ คลาส *Actinobacteria* สูงที่สุดคิดเป็น 76.3% รองลงมาคือ คลาส *Proteobacteria* และ คลาส *Firmicutes* คิดเป็น 15.2% และ 8.5% ตามลำดับ ตัวอย่างจาก Cave of Bats พบจุลินทรีย์ คลาส *Proteobacteria* สูงที่สุดคิดเป็น 49.4% รองลงมาคือ คลาส *Firmicutes* และ คลาส *Actinobacteria* คิดเป็น 41.4% และ 9.2% ตามลำดับ ในขณะที่ตัวอย่างจาก

St. Agatha พบจุลินทรีย์เพียง 2 คลาส คือ *Actinobacteria* และ *Firmicutes* คิดเป็น 55.9% และ 44.1% ตามลำดับ ชนิดจุลินทรีย์ที่โดดเด่นจากตัวอย่างทั้ง 3 แห่ง พบว่าเป็นจุลินทรีย์ใน คลาส *Actinobacteria* ทั้งนี้เนื่องจากสภาพแวดล้อมที่ปริมาณสารอาหารต่ำ อุณหภูมิต่ำและความชื้นสัมพัทธ์และปริมาณแร่ธาตุสูง เป็นสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มนี้ Abdulla et al. (2008) ศึกษาผลกระทบจากแอคติโนมัยสิตต่อการเสื่อมสภาพของหินจากสุสาน เทล-บาสตา เมืองซากาซิก อียิปต์ พบว่าปริมาณของเชื้อในฤดูหนาวซึ่งระดับอุณหภูมิเฉลี่ย 18-20 องศาเซลเซียส มีปริมาณเชื้อระหว่าง $10^3 - 10^4$ CFU/g ในขณะที่ตัวอย่างที่เก็บในฤดูร้อนซึ่งอุณหภูมิระหว่าง 28-38 องศาเซลเซียส พบปริมาณเชื้อต่ำกว่า เมื่อจำแนกชนิดของแอคติโนมัยสิตจากเชื้อที่แยกได้ทั้งหมด 160 ไอโซเลท แบ่งได้เป็น 4 กลุ่ม โดยกลุ่ม *Streptomyces* มีจำนวนมากที่สุด คิดเป็น 54%, รองลงมาคือกลุ่ม *Nocardia*, *Micromonospora* และ *Sporangiate-type* คิดเป็น 26%, 14% และ 6% ตามลำดับ เชื้อที่แยกได้ผลิตสารสีและหลังออกนอกเซลล์ 88% ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ พบว่าเชื้อแอคติโนมัยสิตสามารถทำลายต่อหินโดยทำให้น้ำหนักสูญเสียไป 4%

ในอากาศทั่วไปจะมีจุลินทรีย์ปะปนอยู่ในรูปอนุภาคแขวนลอยขนาดเล็ก เรียกว่า ไบโอะแอโรซอล (Bioaerosols) จุลินทรีย์ที่แขวนลอยในอากาศมาจากดิน พืชและน้ำ แต่อากาศไม่ใช่แหล่งที่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ เพียงแต่สามารถรอดชีวิตอยู่ได้นานโดยเฉพาะสปอร์ของราและแบคทีเรีย (Bugajny et al., 2005) ปริมาณของจุลินทรีย์ในอากาศขึ้นกับหลายปัจจัย มีรายงานการวิจัยที่ศึกษาผลของคุณภาพอากาศทางจุลชีววิทยาต่อการเสื่อมสภาพทางชีวภาพของโบราณวัตถุและโบราณสถานที่มีความสำคัญทางประวัติศาสตร์ เช่น Bugajny et al. (2005) รายงานคุณภาพทางจุลชีววิทยาของอากาศนอกอาคารเมืองพอลซัน ประเทศโปแลนด์ ระหว่างปี ค.ศ. 2002-2003 พบว่ามีแบคทีเรีย ยีสต์ และรา สายพันธุ์ราที่พบส่วนใหญ่คือสกุล *Cladosporium* และ *Alternaria* Borrego et al. (2010) รายงานผลการศึกษาคูณภาพอากาศในหอจดหมายเหตุแห่งชาติ ประเทศคิวบา (PLNARC) และในพิพิธภัณฑ์ลาลาตา (HAMP) พบว่าอากาศของสถานที่ทั้งสองแห่งพบทั้งเชื้อราและเชื้อแบคทีเรีย โดยปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศของ PLNARC มีปริมาณจุลินทรีย์สูงกว่าในอากาศของ HAMP (PLNARC มีปริมาณเชื้อรา 492.8 CFU/m^3 ปริมาณแบคทีเรีย $1,010.4 \text{ CFU/m}^3$ ส่วน HAMP มีปริมาณเชื้อรา 229.8 CFU/m^3 ปริมาณแบคทีเรีย 176.9 CFU/m^3) Tomassetti et al. (2017) รายงานบทบาทของจุลินทรีย์ต่อการเสื่อมสภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนังของสุสานเดกลี สคูโล ประเทศอิตาลี พบว่าจุลินทรีย์ที่เก็บตัวอย่างจากอากาศ พื้นผิวและดิน ชนิดที่โดดเด่นคือ *Bacillus* sp. Rajendran & Nisy (2012) ศึกษาจุลินทรีย์ในและนอกอาคารที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพทางชีวภาพของภาพจิตรกรรมฝาผนังในวัดเสกโรปุรัมวิษณุ ประเทศอินเดีย พบว่าเชื้อราเป็นเชื้อที่พบเป็นกลุ่มหลักในตัวอย่างอากาศ เมื่อจำแนกชนิดพบว่า เป็นเชื้อราในจีนัส *Alternaria*, *Aspergillus*, *Bitrimonospora*, *Beltrania*, *Chaetomium*, *Cladosporium*, *Curvularia*, *Drechslera*, *Emmericella*, *Fusariella*, *Haplosporiella*, *Rhizopus* และ *Trichoderma* ในประเทศไทย Nakaew et al. (2009) รายงานการแยกและจัดจำแนกเชื้อแอคติโนมัยสิต ของตัวอย่างดินที่เก็บจากวนอุทยานถ้ำผาเทพและถ้ำผานางคอย โบราณสถานที่ตั้งอยู่ทางภาคเหนือของประเทศไทย ผลการจำแนกชนิดพบว่าประกอบด้วยหลายจีนัส ได้แก่ จีนัส *Micromonospora*, *Spirillospora*, *Catellatospora* และ *Nonomuraea* นอกจากนี้ยังมีรายงานการวิจัยมากมายที่รายงานเกี่ยวกับความสามารถในการผลิตและหลังสารสีออกนอกเซลล์ของเชื้อกลุ่มแอคติโนมัยสิต (Kheiralla et al, 2016; El-Naggar & El-Ewasy, 2017; Bayran, 2021) จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นที่มีวิจัยจึงสนใจศึกษาคูณภาพอากาศทางจุลชีววิทยาของเจดีย์ชัยมงคล

ด้านปริมาณจุลินทรีย์ และผลกระทบของเชื้อจุลินทรีย์โดยเฉพาะกลุ่มแอคติโนมัยสีท ต่อการเสื่อมสภาพทางชีวภาพของเจดีย์ชัยมงคล เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานที่จะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในการอนุรักษ์โบราณสถานอื่น ๆ รวมทั้งเจดีย์ชัยมงคล วัดใหญ่ชัยมงคล จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณภาพทางจุลชีววิทยาของอากาศภายในและภายนอกเจดีย์ชัยมงคล
2. เพื่อแยกเชื้อแอคติโนมัยสีทจากอากาศจากภายในและภายนอกเจดีย์ชัยมงคล
3. เพื่อศึกษาผลกระทบต่อการเสื่อมสภาพทางชีวภาพของเจดีย์จากแอคติโนมัยสีทที่แยกได้

วิธีดำเนินการวิจัย

การเก็บตัวอย่างอากาศ

การเก็บตัวอย่างอากาศ และการเก็บตัวอย่างพื้นผิวเพื่อใช้วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในงานวิจัยนี้ ได้เก็บจำนวน 3 ครั้ง จากภายในและภายนอกเจดีย์ชัยมงคล โดยแบ่งการเก็บตัวอย่างออกเป็นช่วงระยะเวลาต่าง ๆ คือ เก็บตัวอย่างในเดือนกุมภาพันธ์ เพื่อเป็นตัวแทนฤดูหนาว เก็บตัวอย่างเดือนเมษายน เพื่อเป็นตัวแทนฤดูร้อน และเก็บตัวอย่างเดือนกรกฎาคม เพื่อเป็นตัวแทนฤดูฝน

การศึกษาคุณภาพอากาศทางจุลชีววิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

เก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้ปั๊มดูดอากาศแบบติดตัวบุคคล (Personal sampling pump) ปั๊มอากาศผ่านกระดาษกรองปลอดเชื้อชนิดเมมเบรนที่มีความละเอียด 0.45 ไมครอน ให้อัตราการไหลของอากาศเป็น 50 มิลลิลิตรต่อนาที ใช้ระยะเวลาการเก็บตัวอย่างอากาศตำแหน่งละ 10 นาที (ปราโมช เขียวชาญ, 2554) โดย ตำแหน่งในการเก็บตัวอย่างคือทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก ของเจดีย์ชัยมงคล จากนั้นนำกระดาษกรองไปตรวจสอบภายใต้กล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) ยี่ห้อ JEOL รุ่น JSM-5410LV

การศึกษาคุณภาพอากาศทางจุลชีววิทยาโดยหลักการตกตามแรงโน้มถ่วงโลก

เก็บตัวอย่างอากาศ ตามหลักการตกตามแรงโน้มถ่วงโลก (Gravity plate method) (Samuel & Bahilu, 2015) โดยใช้อาหารแข็งสูตร Malt Extract Agar (MEA) สำหรับการตรวจสอบเชื้อรา และ Tryptic Soy Agar (TSA) สำหรับการตรวจสอบเชื้อแบคทีเรีย โดยการเปิดฝาจานอาหารให้สัมผัสอากาศนาน 10 นาที การเก็บตัวอย่างอากาศภายนอกเจดีย์ จะวางจานอาหารสูงจากพื้น 1 เมตร ด้านทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก ส่วนการเก็บตัวอย่างอากาศภายในเจดีย์ จะวางจานอาหารสูงจากพื้น 50 เซนติเมตร เนื่องจากบริเวณภายในเจดีย์มีข้อจำกัดด้านความสูง โดยวางจานอาหาร 4 จด จากนั้นนำจานอาหาร มาบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

การศึกษาจำนวนแบคทีเรียบนพื้นผิวเจดีย์

เก็บตัวอย่างจากพื้นผิวภายในและพื้นผิวนอกเจดีย์ โดยการกวาดเชื้อ (Swab) บนพื้นที่ขนาด 1x1 ตารางนิ้ว นำมาเจือจางแบบลดลำดับครั้งละ 10 เท่า จากนั้นดูดตัวอย่างแต่ละระดับความเจือจาง ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงใน Petrifilm-3M ชนิด Petri film aerobic count plate โดยแต่ละระดับความเจือจางทำการทดลอง 3 ซ้ำ (สุจิตกัลยา มฤครัฐอินแปลง, 2558; 2560a) บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24-

48 ชั่วโมง แล้วนับโคโลนีที่เจริญ โดยเลือกนับเฉพาะแผ่นฟิล์มที่มีจำนวนโคโลนีระหว่าง 30-250 โคโลนี นำมาคำนวณหาจำนวนเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด

การแยกเชื้อแอคติโนมัยสีทจากตัวอย่างอากาศของเจดีย์ชัยมงคล

เก็บตัวอย่างอากาศด้วยเทคนิค Gravity plate method ภายในและภายนอกเจดีย์ชัยมงคล ด้านทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสูตร Starch-Casein Agar (SCA) และ Actinomycete Isolation Agar (AIA) (Jeffrey & Azrizal, 2007; สุจิตกัลยา มฤครัฐอินแปลง, 2560b) บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส คัดเลือกเฉพาะเชื้อที่มีลักษณะโคโลนีของแอคติโนมัยสีท กล่าวคือ ผิวหน้าโคโลนีคล้ายกำมะหยี่ มีทั้งส่วนที่เจริญบนผิวหน้าอาหาร (Aerial mycelium) และส่วนที่จมลงในเนื้ออาหาร (substrate mycelium) มาแยกให้บริสุทธิ์ โดยการ Re-streak ด้วยอาหาร Hickey & Tresner's Agar (HTA) (Abdulla et al., 2008) บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 วัน เมื่อได้เชื้อบริสุทธิ์แล้ว เก็บเชื้อไว้บนอาหารแข็งเยือกสูตร HTA สำหรับการศึกษาในขั้นตอนต่อไป

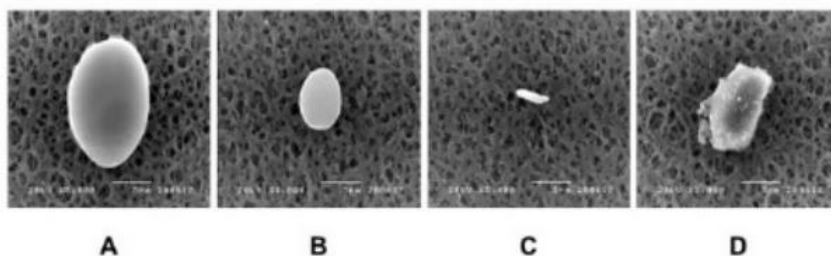
การศึกษาการเปลี่ยนค่า pH ของอาหารเลี้ยงเชื้อและการผลิตสี

เพาะเชื้อแอคติโนมัยสีท ในอาหารเหลวสูตรกลูโคส (Glucose broth) ที่ประกอบด้วย Glucose ปริมาณ 10 กรัม Peptone ปริมาณ 5 กรัม Beef extract ปริมาณ 3 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ที่บรรจุในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร บ่มใน Incubator shaker ความเร็วรอบ 200 rpm อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน จากนั้น วัดค่า pH ของอาหารเลี้ยงเชื้อโดยใช้เครื่องวัด pH ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงสีของอาหารเลี้ยงเชื้อเปรียบเทียบกับสีอาหารเลี้ยงเชื้อเริ่มต้น (Parmar et al., 2017)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการศึกษาคุณภาพอากาศทางจุลชีววิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

ผลการนำกระดาศกรองจากการเก็บตัวอย่างอากาศด้วย personal sampling pump ตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน SEM ได้ผลดังภาพที่ 1



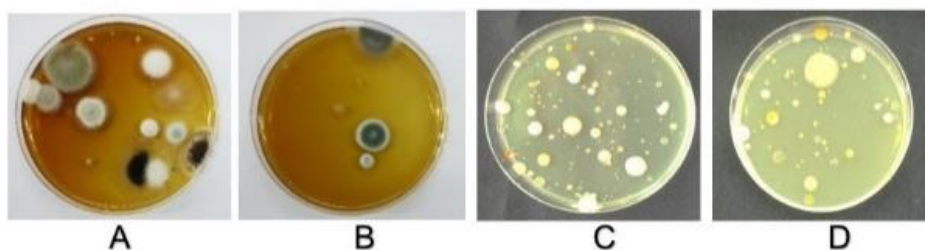
ภาพที่ 1 ภาพใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน SEM ของตัวอย่างอากาศ

จากภาพที่ 1 พบว่าสิ่งแปลกปลอมที่ติดอยู่บนแผ่นกระดาศกรอง มีลักษณะหลายแบบ เช่น รูปไข่ (ภาพที่ 1 A, B) รูปท่อนสั้นคล้ายเมล็ดข้าวสาร (ภาพที่ 1 C) และรูปร่างไม่แน่นอน (ภาพที่ 1 D) โดยพบว่าขนาดของสิ่งแปลกปลอมมีหลายขนาด เช่น เล็กกว่า 5 ไมโครเมตร (ภาพที่ 1 C) ขนาดระหว่าง 5-10 ไมโครเมตร (ภาพที่ 1 B, C) และขนาดใหญ่กว่า 10 ไมโครเมตร (ภาพที่ 1 A) ซึ่งสิ่งแปลกปลอมที่พบนี้อาจเป็นเซลล์หรือสปอร์ของจุลินทรีย์ที่แขวนลอยในอากาศ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยหลายเรื่องที่ว่าในอากาศทั่วไปจะพบจุลินทรีย์ได้

ในรูปเซลล์และสปอร์ของเชื้อ ทั้งเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา (Borrego et al., 2010; Bugajny et al., 2005; Tomassetti et al., 2017) ซึ่งชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ที่พบจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายด้าน เช่น สภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ เป็นต้น การพบสิ่งแปลกปลอมดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าอากาศในบริเวณเจดีย์ชัยมงคลอาจมีเซลล์ของจุลินทรีย์ล่องลอยปะปนอยู่

ผลการศึกษาคุณภาพอากาศทางจุลชีววิทยาโดยหลักการตกตามแรงโน้มถ่วงโลก

ผลจากการเก็บตัวอย่างอากาศ ภายในและภายนอกเจดีย์ชัยมงคล โดยใช้หลักการตกตามแรงโน้มถ่วงโลก ด้วยอาหาร MEA เพื่อตรวจสอบเชื้อรา และ TSA เพื่อตรวจสอบเชื้อแบคทีเรีย ได้ผลดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การเจริญของจุลินทรีย์บนอาหาร MEA และ TSA ของตัวอย่างอากาศที่เก็บด้วยวิธีการตกตามแรงโน้มถ่วงของโลกจากภายนอกเจดีย์และภายในเจดีย์

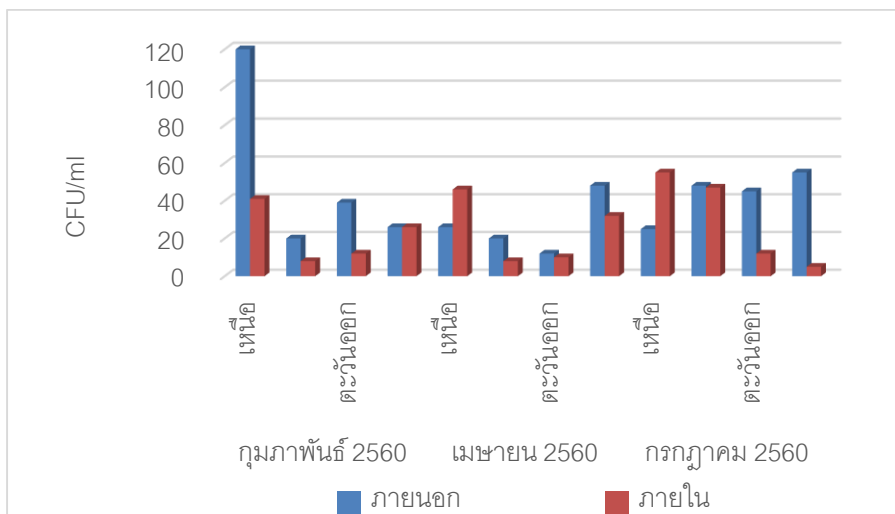
- A: การเจริญของราบนอาหาร MEA ของอากาศที่เก็บจากภายนอกเจดีย์
- B: การเจริญของราบนอาหาร MEA ของอากาศที่เก็บจากภายในเจดีย์
- C: การเจริญของแบคทีเรียบนอาหาร TSA ของอากาศที่เก็บจากภายนอกเจดีย์
- D: การเจริญของแบคทีเรียบนอาหาร TSA ของอากาศที่เก็บจากภายในเจดีย์

จากภาพที่ 2 เป็นภาพตัวแทนผลการเก็บตัวอย่างอากาศจากเจดีย์ชัยมงคล เมื่อใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสูตร MEA ซึ่งเป็นอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของเชื้อราเก็บตัวอย่างอากาศจากภายนอกเจดีย์ (ภาพที่ 2 A) พบว่ามีจำนวนโคโลนีของราเจริญมากกว่าตัวอย่างอากาศที่เก็บจากภายในเจดีย์ (ภาพที่ 2 B) โดยราที่เจริญมีลักษณะของเส้นใยและสปอร์หลายสี เช่น เส้นใยและสปอร์สีขาว สปอร์สีเขียว สีเทา สีน้ำตาลและสีดำ เป็นต้น เมื่อใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสูตร TSA ซึ่งเป็นอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย พบว่ามีแบคทีเรียที่มีลักษณะโคโลนีหลายแบบเจริญ เช่น แบคทีเรียที่มีโคโลนีขนาดเล็ก (เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี ระหว่าง 0.1- 0.3 มิลลิเมตร) โคโลนีขนาดกลาง (เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี ระหว่าง 0.3- 0.5 มิลลิเมตร) และ โคโลนีขนาดใหญ่ (เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี มากกว่า 0.5 มิลลิเมตร ขึ้นไป) (ภาพที่ 2 C, D) นอกจากนี้ยังพบว่าแบคทีเรียที่เจริญมีโคโลนีสีต่าง ๆ เช่น สีขาว สีครีม สีส้ม และสีเหลือง รวมทั้งพบแบคทีเรียที่มีสัณฐานวิทยาเบื้องต้นที่เป็นสมบัติเฉพาะของเชื้อแอคติโนมัยซีท คือ ผิวหน้าโคโลนีคล้ายกำมะหยี่ มีส่วนของโคโลนีที่เจริญจมลงในอาหาร และเป็นเส้นใยสั้น ๆ คล้ายรา เจริญให้เห็นในอาหาร TSA ด้วยด้านปริมาณของเชื้อแบคทีเรียในตัวอย่างอากาศ พบว่าตัวอย่างอากาศที่เก็บจากภายนอกเจดีย์ (ภาพที่ 2 C) จะมีจำนวนโคโลนีของแบคทีเรียมากกว่าตัวอย่างอากาศที่เก็บจากภายในเจดีย์ (ภาพที่ 2 D) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Kim et al. (2016) ที่พบว่าโบราณสถานใน

เกาหลีที่เป็นอาคารแบบเปิดจะพบเชื้อราที่มีความหลากหลายพันธุ์กรรมสูงโดยสามารถแยกเชื้อบริสุทธิ์ของเชื้อราเพื่อจำแนกชนิดได้มากกว่าโบราณสถานที่เป็นอาคารแบบปิด และจากงานวิจัยของ Rajendran & Nisy (2012) ที่พบว่าปริมาณของจุลินทรีย์ในอากาศที่เก็บภายนอกโบสถ์ของวัดเสกโรปุรัมวิษณุจะมีปริมาณมากกว่าอากาศที่เก็บภายนอกโบสถ์ จากการตรวจพบเชื้อราและเชื้อแบคทีเรียของตัวอย่างอากาศจากภายในและภายนอกเจดีย์ที่พบว่ามีเชื้อจุลินทรีย์ทั้งราและแบคทีเรียที่มีลักษณะสัณฐานวิทยา รวมทั้งสปีชีส์และสปีชีส์ของสปอร์ที่หลากหลายเจริญได้ หากจุลินทรีย์เหล่านี้ตกลงพื้นผิวของเจดีย์และเจริญเพิ่มจำนวนย่อมส่งผลต่อการเสื่อมสภาพด้านสีของเจดีย์ เช่น คราบสีต่าง ๆ ของพื้นผิวที่เปลี่ยนแปลงตามสีของสปอร์เชื้อรา หรือคราบสีที่มาจากสปีชีส์ของแบคทีเรีย ปัจจุบันพบว่า พื้นผิวเจดีย์ชัยมงคลทั้งภายใน และภายนอก เกิดการเสื่อมสภาพอย่างเห็นได้ชัด โดยพบคราบสีต่าง ๆ โดยเฉพาะคราบสีดำที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าบนพื้นผิวเจดีย์โดยเฉพาะพื้นผิวด้านนอก

ผลการศึกษาแบคทีเรียบนพื้นผิวเจดีย์

ผลการศึกษาแบคทีเรียบนพื้นผิวเจดีย์ โดยการเก็บตัวอย่างด้วยการ swab พื้นผิวภายในและภายนอกเจดีย์ มาตรวจสอบปริมาณแบคทีเรียโดยการเพาะเชื้อด้วย petri-film aerobic count plate ได้ผลดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ปริมาณแบคทีเรียบนพื้นผิวภายในและภายนอกเจดีย์ชัยมงคล เมื่อเก็บตัวอย่าง ในเดือนกุมภาพันธ์ เดือนเมษายน และเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2560

จากภาพที่ 3 พบว่าปริมาณแบคทีเรียของตัวอย่างจากพื้นผิวภายในและภายนอกเจดีย์ ในเดือนกุมภาพันธ์ เดือนเมษายน และเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2560 มีปริมาณแบคทีเรียจากตัวอย่างพื้นผิวภายนอกเจดีย์สูงกว่าตัวอย่างจากพื้นผิวภายในเจดีย์ ยกเว้นตัวอย่างที่เก็บจากด้านทิศเหนือ ในเดือนเมษายนและเดือนกรกฎาคม เมื่อพิจารณาปริมาณแบคทีเรียบนพื้นผิวเจดีย์ โดยเปรียบเทียบตามฤดูกาลในการเก็บตัวอย่าง พบว่าปริมาณแบคทีเรียของตัวอย่างที่เก็บจากพื้นผิวในเดือนกรกฎาคม (ตัวแทนฤดูฝน) จะพบปริมาณแบคทีเรียสูงกว่าตัวอย่างที่เก็บในเดือนอื่น ๆ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ สุจิตกัลยา มฤครัฐอินแปลง (2560a, 2560b) ที่พบว่าฤดูฝนจะพบปริมาณจุลินทรีย์สูงกว่าฤดูกาลอื่น เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแบคทีเรียจากภายนอกและภายในเจดีย์

โดย ตัวอย่างที่เก็บจากภายนอกเจดีย์ จะมีปริมาณแบคทีเรียสูงกว่าตัวอย่างที่เก็บจากพื้นผิวภายในเจดีย์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bugajny et al. (2005) และ Kim et al. (2016) ที่พบปริมาณจุลินทรีย์ของอากาศภายนอกอาคาร สูงกว่าปริมาณจุลินทรีย์ของอากาศภายในอาคาร เนื่องจากภายนอกอาคารเป็นส่วนที่สัมผัสกับสิ่งแวดล้อมโดยตรง อนุภาคจุลินทรีย์ที่แขวนลอยในอากาศจึงสามารถตกลงบนพื้นผิวภายนอกได้ อย่างไรก็ตาม การที่ปริมาณจุลินทรีย์ที่พบบนพื้นผิวทั้งภายนอกและภายในอาคารมีปริมาณมาก หรือน้อย นอกจากฤดูกาลที่เกี่ยวข้องแล้ว ยังมีปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น ระดับความชื้น อุณหภูมิ และความสูงของสิ่งก่อสร้างจากระดับน้ำทะเล เป็นต้น (Kim et al., 2016)

ผลการแยกแอคติโนมัยสัทบริสุทธิ

เมื่อเก็บตัวอย่างอากาศ โดยใช้หลักการตกตามแรงโน้มถ่วงโลก โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสูตร SCA และ AIA นำมาแยกให้เป็นเชื้อบริสุทธิ์ เน้นแยกเชื้อกลุ่มแอคติโนมัยสัท เพราะเป็นแบคทีเรียที่สร้างสปอร์ ทนต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดีรวมทั้งมีรายงานวิจัยหลายเรื่องที่น่าสนใจสนับสนุนผลกระทบของเชื้อกลุ่มดังกล่าวต่อการเสื่อมสภาพทางชีวภาพ (Borrego et al., 2010; Bugajny et al., 2005; Tomasseti et al., 2017) ผลการแยกเชื้อแอคติโนมัยสัทจากตัวอย่างอากาศและผลการศึกษาการหลังสารเมแทบอลิต์ออกนอกเซลล์ของเชื้อแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตำแหน่งการเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อแยกเชื้อแอคติโนมัยสัทบริสุทธิจากเจดีย์ชัยมงคล และความสามารถในการผลิตสารเมแทบอลิต์ของเชื้อ

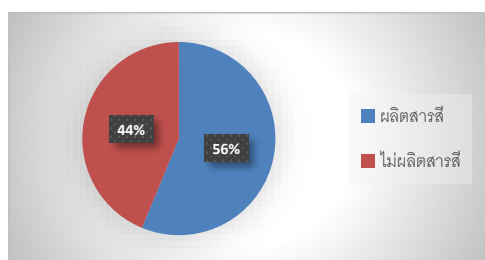
ตำแหน่ง การเก็บตัวอย่าง	จำนวนเชื้อที่แยกได้ (ไอโซเลต)	ฤทธิ์ของสารที่เชื้อผลิต ต่าง	กรด	จำนวนไอโซเลตที่ผลิตสาร สื่อออกนอกเซลล์
ภายนอก	27	26	1	14
ภายใน	38	38	0	22
รวม	65	64	1	36

จากตารางที่ 1 พบว่าแยกเชื้อแอคติโนมัยสัทจากตัวอย่างอากาศภายนอกเจดีย์ได้จำนวน 27 ไอโซเลต และจากตัวอย่างอากาศภายในเจดีย์ได้จำนวน 38 ไอโซเลต รวมเชื้อแอคติโนมัยสัทบริสุทธิทั้งหมดที่แยกได้จำนวน 65 ไอโซเลต พบว่าจำนวนเชื้อแอคติโนมัยสัทบริสุทธิที่แยกได้จากตัวอย่างอากาศภายในเจดีย์ มีจำนวนมากกว่าตัวอย่างอากาศที่ภายนอกเจดีย์ ถึงแม้ว่าปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดที่พบในอากาศภายนอกจะสูงกว่าปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดของอากาศภายในเจดีย์ แต่เนื่องจากสภาพแวดล้อมภายในเจดีย์เป็นสภาพแวดล้อมที่มีลักษณะคล้ายในถ้ำ มีอุณหภูมิค่อนข้างต่ำ ความชื้นสูง และไม่ถูกรบกวนจากแสงแดด ซึ่งเป็นสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อเชื้อกลุ่มแอคติโนมัยสัท ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Nakaew et al. (2009) รายงานการแยกและจำแนกชนิดของแอคติโนมัยสัทจากถ้ำทางภาคเหนือของประเทศไทยและพบว่าถ้ำนับเป็นแหล่งใหม่ที่มีความหลากหลายทางพันธุกรรมของแบคทีเรีย จีนัส Actinomycetes สูง นอกจากนี้ Farda et al. (2022) รายงานว่า

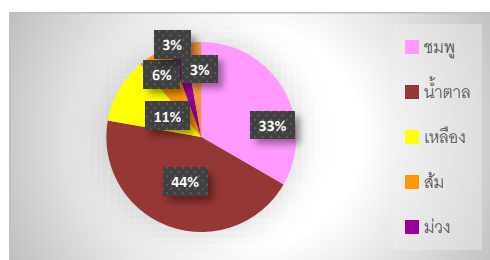
ในสภาพแวดล้อมภายในถ้ำ สามารถสังเกตเห็นเชื้อแอคติโนมัยซีท์ได้ด้วยตาเปล่า เช่น ตามผนังถ้ำหรือตามพื้นผิวของแผ่นหินภายในถ้ำที่สามารถพบโคโลนีของเชื้อที่มีขนาด 1- 10 มิลลิเมตร ได้ เป็นต้น

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของอาหารเลี้ยงเชื้อและความสามารถในการผลิตสารสี

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของอาหารเลี้ยงเชื้อแสดงดังรายละเอียดในตารางที่ 1 พบว่าแอคติโนมัยซีท์ที่แยกได้มีความสามารถในการผลิตสารเมแทบอลิต์ที่มีคุณสมบัติเป็นต่างจำนวน 64 ไอโซเลท และผลิตสารเมแทบอลิต์ที่มีคุณสมบัติเป็นกรดจำนวน 1 ไอโซเลท ซึ่งจากความสามารถดังกล่าวของเชื้อแสดงให้เห็นว่าหากเชื้อเหล่านี้เจริญบนพื้นผิวของเจดีย์และผลิตสารเมแทบอลิต์ดังกล่าวออกนอกเซลล์ย่อมส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพด้านการกัดกร่อนพื้นผิวของเจดีย์ โดยส่งผลให้พื้นผิวเจดีย์เกิดการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ไม่สวยงาม เช่น จากเดิมพื้นผิวเรียบเนียน มันวาว สวยงาม เปลี่ยนเป็นพื้นผิวไม่เรียบ ขรุขระ เป็นต้น ในขณะที่ผลด้านความสามารถในการผลิตและหลั่งสารที่มีสีออกนอกเซลล์ของแอคติโนมัยซีท์ที่แยกได้ แสดงดังภาพที่ 4



A



B

ภาพที่ 4 ปริมาณของแอคติโนมัยซีท์บริสุทธิ์ที่มีความสามารถในการผลิตสารสี เมื่อเลี้ยงในอาหารเหลวสูตรกลูโคสโดยการบ่มในสภาวะเขย่า (ความเร็วรอบ 200 rpm) อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน

จากภาพที่ 4 พบว่าเชื้อแอคติโนมัยซีท์ทั้ง 65 ไอโซเลท ผลิตสารสีได้มีจำนวน 36 ไอโซเลท คิดเป็น 56% โดยพบว่าสารสีที่เชื้อผลิตได้มีหลายสี ส่วนใหญ่จะผลิตสารสีน้ำตาล คิดเป็น 44% รองลงมาคือผลิตสารสีชมพู คิดเป็น 33% และผลิตสารสีเหลือง สีส้ม สีม่วงและสีเขียว คิดเป็น 11%, 6%, 3% และ 3% ตามลำดับ (ภาพที่ 4B) จากผลการทดลองที่พบว่าเชื้อกลุ่มแอคติโนมัยซีท์สูงถึง 56% ที่สามารถผลิตสารสีและหลั่งสารสีออกนอกเซลล์ได้ ย่อมแสดงว่าหากมีเชื้อเหล่านี้เจริญบนพื้นผิวของเจดีย์ จะส่งผลให้เกิดการเสื่อมสภาพด้านสีของเจดีย์ที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

สรุป

จากผลงานวิจัยนี้พบว่าอากาศในบริเวณเจดีย์ชัยมงคล ทั้งภายในและภายนอกเจดีย์มีอนุภาคจุลินทรีย์แขวนลอยอยู่ในรูปของ Bioaerosols อาจปะปนในรูปของเซลล์หรือสปอร์ โดยปริมาณจุลินทรีย์ของอากาศภายในเจดีย์มีน้อยกว่าอากาศภายนอกเจดีย์ สามารถแยกเชื้อแอคติโนมัยซีท์จากตัวอย่างอากาศได้ 65 ไอโซเลท เชื้อแอคติโนมัยซีท์ที่แยกได้มีความสามารถในการผลิตสารเมแทบอลิต์ที่มีคุณสมบัติเป็นต่างจำนวน 64 ไอโซเลท และผลิตสารเมแทบอลิต์ที่มีคุณสมบัติเป็นกรดจำนวน 1 ไอโซเลท และมีเชื้อแอคติโนมัยซีท์ 56% ที่สามารถผลิตสารสีและหลั่งสารสีออกนอกเซลล์ได้ แสดงว่าเชื้อมีส่วนทำให้เกิดการเสื่อมสภาพทางชีวภาพของเจดีย์อย่าง

น้อย 2 ด้าน คือ ด้านพื้นผิวถูกกัดกร่อนจากสารเมแทบอลต์ที่เชื้อผลิต และเกิดการเปลี่ยนแปลงสีจากสารสีที่เชื้อผลิตและหลั่งออกนอกเซลล์ ดังนั้นหากในอากาศมีจุลินทรีย์แขวนลอยอยู่ในปริมาณมาก โอกาสที่จุลินทรีย์เหล่านั้นจะตกสู่พื้นผิวของเจดีย์ย่อมสูงด้วย อาจส่งผลให้อัตราการเสื่อมสภาพทางชีวภาพที่มีเชื้อจุลินทรีย์เป็นสาเหตุเกิดได้เร็วขึ้น

ข้อเสนอแนะ

การมีปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศสูงมีส่วนทำให้เกิดการเสื่อมสภาพทางชีวภาพของเจดีย์ชัยมงคล ดังนั้นควรหาแนวทางในการลดปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศ โดยเฉพาะพื้นที่ภายในเจดีย์อาจใช้รังสี UV เพื่อกำจัดจุลินทรีย์ แต่ควรศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมด้านความถี่และระยะเวลาที่เหมาะสมของการใช้รังสี UV ในการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ และการใช้รังสี UV ฆ่าเชื้อที่ตกลงพื้นผิวเจดีย์เพื่อป้องกันการเพิ่มจำนวนของเชื้อ รวมทั้งศึกษาผลกระทบของรังสี UV ต่อการเสื่อมสภาพของเจดีย์ เพื่อการอนุรักษ์โบราณสถานให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์ และการศึกษาข้อมูลเชิงลึกด้านสรีรวิทยาและพันธุกรรมของแอคติโนมัยซีท์ที่แยกได้เพื่อศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรม ซึ่งจะเป็นประโยชน์เชิงวิชาการต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ สำนักศิลปากรที่ 3 พระนครศรีอยุธยา ด้านการอำนวยความสะดวกในการเก็บตัวอย่าง จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- ปราโมช เชี่ยวชาญ. (2554). การเก็บตัวอย่างมลพิษอากาศ: ตอนที่ 1. สืบค้นจาก <https://www.stou.ac.th/schools/shs/booklet/book543/sanitation.html>
- พรพรรณ รัตนสัจจะ, และ ดวงหทัย สิงห์คะ. (2560). ผลกระทบของจุลินทรีย์ต่อโบราณสถาน. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิ**, 1(2), 27-35.
- สุจิตกัลยา มฤครัฐอินแปลง. (2558). ความหลากหลายของแอคติโนมัยซีท์ที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพทางชีววิทยาของวัดราชบูรณะจังหวัดพระนครศรีอยุธยา. **วารสารวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม**, 16(2), 300-311.
- สุจิตกัลยา มฤครัฐอินแปลง. (2560a). การแยกและศึกษาสมบัติบางประการของแอคติโนมัยซีท์ที่แยกจากโบราณสถานในอุทยานประวัติศาสตร์กำแพงเพชรที่ส่งผลกระทบต่อการเสื่อมสภาพทางชีววิทยา. **วารสารวิทยาศาสตร์ มศว**, 33(2), 51-69.
- สุจิตกัลยา มฤครัฐอินแปลง. (2560b). การคัดแยกและศึกษาสมบัติบางประการของแอคติโนมัยซีท์ที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพทางชีววิทยาของโบราณสถานในอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย. **วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 12(1), 107-117.

- Abdulla, H., May, E., Bahgat, M., & Dewedar, A. (2008). Characterization of actinomycetes isolation from ancient stone and their potential for deterioration. **Polish Journal of Microbiology**, 57(3), 213-220.
- Bartoli, F., Municchia, A. C., Futagami, Y., Kashiwadani, H., & Moon, K. H. (2014). Biological colonization patterns on the ruins of Angkor temples (Cambodia) in the biodeterioration vs bioprotection debate. **International Biodeterioration & Degradation**, 96, 157-165.
- Bayram, S. (2021). Production, purification, and characterization of *Streptomyces* sp. strain MPPS2 extracellular pyomelanin pigment. **Archives of microbiology**, 203(7), 4419–4426.
- Borrego, S., Guiamet, P., Gomez de Saravia, S., Batistini, P., Garcia, M., Lavin, P., & Perdomo, L. (2010). The quality of air at archives and biodeterioration of photographs. **International Biodeterioration & Biodegradation**, 64, 139-145.
- Bugajny, A., Knopkiewicz, M., Piotraszewski, Pajak, A., Sekulski-Strykowski, M., Stach, A., & Filipiak, M. (2005). On the microbiological quality of the outdoor air in Poznan, Poland. **Polish Journal of Environmental Studies**, 14(3), 287-293.
- De Leo F., Iero A., Zammit G., & Urzi C. (2012). Chemoorganotrophic bacteria isolated from biodeteriorated surfaces in cave and catacombs. **International Journal of Speleology**, 41(2), 125-136.
- El-Naggar, N. E. A., & El-Ewasy, S. M. (2017). Bioproduction, characterization, anticancer and antioxidant activities of extracellular melanin pigment produced by newly isolated microbial cell factories *Streptomyces glaucescens* NEAE-H. **Scientific reports**, 7(1), 42129.
- Farda, B., Djebaili, R., Vaccarelli, I., Del Gallo, M., & Pellegrini, M. (2022). **Actinomycetes from Caves: An overview of their diversity, biotechnological properties, and insights for their use in soil environments**. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8875103/pdf/microorganisms-10-00453.pdf>
- Jeffrey, L. S. H., & Azrizal, M. R. (2007). Screening for cellulose activities in actinomycetes isolated from different location of Peninsular Malaysia. **Journal of Tropical Agriculture and Food Science**, 35(1), 153-157.
- Johnson, H. M. (1965). **Concerted structure: causes of deterioration and preventive measure. Deterioration, Maintenance and Repair of Structure**. New York: MacGraw-Hill
- Kheiralla, Z. H., Hewedy, M. A., Mohammed, H. R., & Drawesh, O. M. (2016). **Isolation of Pigment Producing Actinomycetes from Rhizosphere Soil and Application It in Textiles Dyeing**. Retrieved from [https://www.rjpbcs.com/pdf/2016_7\(5\)/\[270\].pdf](https://www.rjpbcs.com/pdf/2016_7(5)/[270].pdf)
- Kim, M. J., Shin, H. K., Choi, Y., Kim, G., & Kim, G. H. (2016). An aero mycological study of various wooden cultural heritages in Korea. **Journal of Cultural Heritage**, 17, 123-130.

- Kumer, R., & Kumer, A. V. (1999). Biodeterioration of stone in tropical environment: an overview. **The Getty Conservation institute**, 1-9.
- Li, J., Deng, M., Gao, L., Yen, S, Katayama, Y., & Gu, J. D. (2021). The active microbes and biochemical processes contributing to deterioration of Angkor sandstone monuments under the tropical climate in Cambodia – A review. **Journal of cultural heritage**, 47, 218-226.
- Nakaew, N., Pathom-aree, W., & Lumyong, S. (2009). Genetic diversity of rare Actinomycetes from Thai cave and their possible use as new bioactive compounds. **Actinomycetologica**, 23(2), 21-26.
- Parmar, R.S., Singh, C., & Kumar, A. (2017). Optimization of cultural parameters for pigment production from *Streptomyces flavofuscus* ARITM02, isolated from rhizosphere soil. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, 6(2), 961-966.
- Rajendran, R., & Nisy, P. (2012). A study on the indoor and outdoor microflora associated with the biodeterioration of mural painting at Sekharaipuram Visnu temple, Adakkaputhur, Palakkad, Kerala, India. **International Journal of Environmental Sciences and Research**, 1(4), 104-108.
- Samuel, F., & Bahilu, G. (2015). Microbiological assessment of indoor air of teaching hospital wards: a case of Jimma university specialized hospital. **Ethiop Journal Health Science**, 25(2), 117-122.
- Tomassetti, M. C., Crligiano, A., Arrighi, C., Negri, R., Mura, F., Maneschi, M. L., Gentili, M. D., Stirpe, M., Mazzoni, C., & Rinaldi, T. (2017). A role for microbial selection in frescoes deterioration in *Tomba degli Scudi* in Tarquinia, Italy. **Scientific report**, 7, 6027-6035.

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับสีย้อมคองโกเรดด้วยวัสดุดูดซับชีวมวลผักตบชวา

ประดินันท์ เอี่ยมสะอาด^{1*} วชิราภรณ์ ตันติพนาทิพย์²

Received : September 20, 2022

Revised : April 17, 2023

Accepted : April 26, 2023

บทคัดย่อ

การปนเปื้อนของสีสังเคราะห์ในสิ่งแวดล้อมก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศและสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ รวมทั้งสุขภาพของมนุษย์เป็นอย่างมาก นำไปสู่ความสนใจในการพัฒนาแนวทางการบำบัดสีย้อมอุตสาหกรรมที่มักพบปนเปื้อนในน้ำทิ้งที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของชีวมวลผักตบชวา (*Eichhornia crassipes*) ซึ่งเป็นวัชพืชน้ำและเป็นของเหลือทิ้งทางการเกษตรมาพัฒนาเป็นวัสดุดูดซับสีย้อมคองโกเรด โดยการเตรียมวัสดุดูดซับจากชีวมวลผักตบชวาที่มีขนาด 250 - 425 μm เพื่อใช้ในการศึกษาผลของปัจจัยต่าง ๆ ในการดูดซับสีย้อมคองโกเรดในระดับห้องปฏิบัติการ ผลการทดลองพบว่าปริมาณวัสดุดูดซับ 1 g ความเข้มข้นเริ่มต้นสีย้อมคองโกเรด 60 mg/l ระยะเวลาดูดซับ 150 นาที และค่า pH สารละลายเท่ากับ 2 เป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการดูดซับสีย้อมคองโกเรดของวัสดุดูดซับชีวมวลผักตบชวา โดยให้ประสิทธิภาพการดูดซับสูงสุดในช่วงระหว่าง 75.58 – 93.25% นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ค่าประจุรวมบนพื้นผิวของวัสดุดูดซับยังพบว่าประจุรวมบนพื้นผิวของวัสดุดูดซับชีวมวลผักตบชวาเป็นประจุบวก ($\text{pH}_{\text{zpc}} = 5.8$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมคองโกเรดที่สูงสุดในสารละลายสีย้อมที่มีค่า $\text{pH} = 2.0$ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าชีวมวลผักตบชวาสามารถพัฒนาเป็นวัสดุดูดซับสีย้อมคองโกเรดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ยังพบว่าการศึกษาสภาวะต่าง ๆ ที่มีผลต่อการดูดซับยังเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนารูปแบบการบำบัดสีย้อมอุตสาหกรรมชนิดอื่น ๆ ที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย

คำสำคัญ: การดูดซับ ผักตบชวา (*Eichhornia crassipes*) วัสดุดูดซับ สีย้อมคองโกเรด

¹ อาจารย์ประจำหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิตสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
อีเมล: pradinunt.e@aru.ac.th

² อาจารย์ประจำหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิตสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
อีเมล: watcharaporn@aru.ac.th

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: pradinunt.e@aru.ac.th

OPTIMIZATION OF CONGO RED DYE ADSORPTION ONTO WATER HYACINTH BIOMASS ADSORBENT

Pradinunt Eiamsa-ard^{1*} Watcharaporn Tantipanathip²

Abstract

The contamination of synthetic dyes in the environment affects the ecosystem and many forms of life as well as deteriorates large-scale human health, leading to the remediation process development of the supplemented chemical dyes involved in industrial effluent. The purpose of this study was to determine the efficiency of water hyacinth biomass (*Eichhornia crassipes*), an aquatic weed and agricultural waste, as an adsorbent for the removal of Congo red dye. The derived 250 - 425 μm water hyacinth biomass adsorbent was applied for evaluation of factors affecting the Congo red dye adsorption in the batch experiment. The results revealed the maximum adsorption efficiency was properly demonstrated at 75.58–93.25% based on the variable conditions along with 1 g adsorbent dose, 60 mg/l initial Congo red concentration, 150 min of contact time as well as the solution pH of 2.0. Furthermore, the point of zero charges (pH_{zpc}) of water hyacinth biomass adsorbent was identified as the positively charged ($\text{pH}_{\text{zpc}} = 5.8$) in agreement with the highest adsorption capacity under the optimized pH 2.0 of Congo red dye solution. The experimental data, hence, confirmed the applicability of water hyacinth biomass categorized as the adsorbent for Congo red dye removal. The determination of adsorption parameters also exhibited an excellent method to treat an environment contaminated with other industrial dyes.

Keywords: Adsorption, Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*), Adsorbent, Congo red dye

¹ Department of Environmental science, Faculty of Science and Technology, Phranakorn Si Ayutthaya Rajabhat University, e-mail: pradinunt.e@aru.ac.th

² Department of Environmental science, Faculty of Science and Technology, Phranakorn Si Ayutthaya Rajabhat University, e-mail: watcharaporn@aru.ac.th

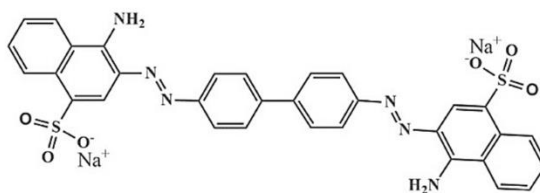
* Corresponding author, e-mail: pradinunt.e@aru.ac.th

บทนำ

สีย้อมสังเคราะห์ (Synthetic dyes) เป็นสารประกอบเคมีที่มีคุณสมบัติในการย้อมเกาะกับพื้นผิววัสดุ โดยเฉพาะผ้าหรือสิ่งทอจึงนิยมนำไปใช้ในอุตสาหกรรมหลายชนิด ได้แก่ อุตสาหกรรมย้อมผ้า การผลิตกระดาษ และเครื่องสำอาง เป็นต้น (Yagub et al., 2014) โครงสร้างหลักของสีย้อมส่วนใหญ่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างซับซ้อนและมักพบวงแหวนอะโรมาติก (Aromatic ring) ในโครงสร้าง นอกจากนี้ยังพบว่าสีย้อมที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ นั้นสามารถละลายได้ดีในน้ำ แต่ย่อยสลายได้ยากเนื่องจากคุณสมบัติของโครงสร้างที่ทนต่อปัจจัยทางกายภาพทั้งแสง ความร้อน รวมไปถึงความเป็นกรด-ด่าง ของแหล่งน้ำที่พบการปนเปื้อน เป็นต้น (Khatri et al., 2018) จึงทำให้การบำบัดหรือกำจัดสีย้อมเหล่านี้ไม่สามารถทำได้ง่ายภายในระยะเวลาจำกัด ทั้งนี้พบว่าการปนเปื้อนของสีย้อมในสิ่งแวดล้อมนั้นส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศเป็นอย่างมาก ดังเช่นการปนเปื้อนของ สีย้อมในแหล่งน้ำผิวดินไม่เพียงแต่ทำให้น้ำเปลี่ยนสีเพียงเท่านั้น แต่ยังขัดขวางการส่องผ่านของแสงทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลง (Imran et al., 2014) ส่งผลต่อการเจริญของสัตว์น้ำ เนื่องจากการลดลงของปริมาณออกซิเจนละลาย (Dissolved oxygen, DO) นอกจากนี้ยังพบว่าสีย้อมที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมยังก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ โดยพบว่าองค์ประกอบของสีย้อมส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มสารก่อมะเร็ง และยังเป็นสารในกลุ่มที่กระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพันธุกรรมสิ่งมีชีวิตทุกชนิดอีกด้วย (Lellis et al., 2019)

ในแต่ละปีทั่วโลกมีการผลิตสีย้อมสังเคราะห์เพิ่มขึ้นถึง 108 ตัน โดยส่วนใหญ่เป็นสีในกลุ่มอะโซ (Azo dye) ซึ่งคิดเป็น 60 – 70% ของการผลิตทั้งหมด หนึ่งในผลิตภัณฑ์สีย้อมกลุ่มอะโซที่มีการใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลายโดยเฉพาะในอุตสาหกรรมสิ่งทอ (Harja et al., 2022) ได้แก่ สีย้อมคองโกเรด (Congo red) ซึ่งจัดเป็นสีย้อมในกลุ่มอะโซประจุลบ (Anionic azo dye) ที่มีความเป็นพิษสูงต่อสิ่งมีชีวิต โดยพบว่าเมื่อได้รับสัมผัสมักก่อให้เกิดอาการแพ้ โครงสร้างและองค์ประกอบของสีคองโกเรด ทำให้เกิดการระคายเคืองผิวหนัง ดวงตา และระบบทางเดินอาหาร นอกจากนี้ยังพบว่าการได้รับเข้าสู่ร่างกายยังทำให้เกิดภาวะลิ่มเลือดและรบกวนระบบทางเดินหายใจอีกด้วย (Roy & Mondal, 2017) สีย้อมคองโกเรดเป็นสารประกอบเคมีในกลุ่มที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้ยากเนื่องจากโครงสร้างที่ประกอบด้วยวงแหวนอะโรมาติก (ภาพที่ 1) และยังทนต่อการเสื่อมสภาพด้วยปัจจัยทางกายภาพ-เคมี อุณหภูมิ ความร้อน รวมไปถึงการคงตัวต่อแสง (Foroughi-Dahr et al., 2014) เนื่องด้วยความสามารถในการย่อยสลายสีย้อมคองโกเรดที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีทางชีวภาพเกิดขึ้นได้ช้าจึงเป็นแนวทางที่ไม่ได้รับความนิยมในการเลือกใช้เพื่อการบำบัดสีย้อมที่ปนเปื้อนในน้ำเสียอุตสาหกรรม ทั้งยังพบว่าวิธีการทางชีวภาพยังสามารถบำบัดได้ในสภาวะที่พบการปนเปื้อนในระดับความเข้มข้นไม่สูงมาก (Mondal, 2008) จึงนำไปสู่การศึกษาเทคโนโลยีอื่น ๆ เพื่อนำมาใช้ในการบำบัดสีย้อมคองโกเรดที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เช่น การแยกด้วยเยื่อเมมเบรน (Membrane separation)

(Radoor et al., 2020) การตกตะกอนและรวมตะกอน (Coagulation and flocculation) (Luo et al., 2019) และ กระบวนการโอโซนเนชั่น (Ozonation process) (Tapalad et al., 2008) เป็นต้น



ภาพที่ 1 โครงสร้างสีย้อมคองโกเรด (ประยุกต์จาก Radoor et al., 2020)

จากเทคโนโลยีในการกำจัดสีย้อมที่ได้กล่าวมานั้นส่วนใหญ่มีต้นทุนค่าใช้จ่ายสูง และยังพบว่าในการดำเนินงานในหลาย ๆ ขั้นตอนมีความยุ่งยากซับซ้อน รวมทั้งบางเทคโนโลยีทำให้เกิดสารผลิตภัณฑ์ที่มีความเป็นพิษสูงขึ้น (Rajamohan, 2009) ดังนั้นการพิจารณาเลือกใช้เทคนิคการดูดซับ (Adsorption technique) จึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจเนื่องจากให้ประสิทธิภาพการดูดซับสูง การดำเนินการไม่ซับซ้อนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ทั้งยังสามารถเลือกใช้วัสดุในการดูดซับที่ไม่มีความเป็นพิษได้หลายชนิด (Wong et al., 2020) หนึ่งในวัสดุที่น่าสนใจในการเลือกใช้เป็นวัสดุดูดซับ ได้แก่ ผักตบชวา (*Eichhornia crassipes*) ซึ่งพบมากในแหล่งน้ำทั่วไป และยังเป็นวัชพืชน้ำที่สำคัญชนิดหนึ่ง เนื่องด้วยการเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำและการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรน้ำ (Roy & Mondal, 2017) เป็นที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่งเกี่ยวกับรายงานการเตรียมวัสดุดูดซับในการกำจัดสีย้อมคองโกเรดจากรากผักตบชวาที่ขนาดอนุภาค 75 – 300 μm พบว่าประสิทธิภาพการดูดซับสูงถึง 96% ในสภาวะของปัจจัยต่าง ๆ ที่เหมาะสมต่อการดูดซับ ในระยะเวลา 90 นาที (Wanyonyi et al., 2014) ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงมีความสนใจนำผักตบชวามาเตรียมเป็นวัสดุดูดซับในการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสีย้อมคองโกเรดในระดับห้องปฏิบัติการ เพื่อพัฒนาสู่ทางเลือกในการกำจัดสีย้อมที่ปนเปื้อนในน้ำเสียอุตสาหกรรมเป็นลำดับต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุดูดซับที่เตรียมจากชีวมวลผักตบชวาในการดูดซับสีย้อมคองโกเรด ควบคู่กับการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับในระดับห้องปฏิบัติการ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมวัสดุดูดซับจากชีวมวลผักตบชวา

ชีวมวลผักตบชวา (*Eichhornia crassipes*) เก็บจากคลองสาธารณะในพื้นที่อำเภอบึงสามพัน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พิจารณาเลือกเก็บลำต้นที่มีการเจริญเต็มที่และพบการแพร่กระจายมากบริเวณพื้นที่ศึกษา โดยเฉลี่ยมีความสูงลำต้นประมาณ 30 cm กำจัดส่วนใบและรากก่อนนำมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง ก่อนนำมาหั่นให้มีขนาดประมาณ 1 – 2 cm แล้วล้างอีกครั้งด้วยน้ำกลั่นปราศจากประจุ (Deionized water) (Adrona B30, Latvia) ทำให้แห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง บดละเอียดด้วยเครื่องปั่นเอนกประสงค์ แล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 และ 60 mesh (Cole-parmer, USA) (ประยุกต์จาก Foroughi-Dahr et al., 2014) ก่อนนำตัวอย่างชีวมวลไปใช้ในการดูดซับสีย้อมคองโกเรดได้ดำเนินการกำจัดคลอโรฟิลล์โดยนำอนุภาคชีวมวลผักตบชวาที่เตรียมไว้แช่ในสารละลายเอทานอล 95% ในอัตราส่วน 1 : 10 (w/v) เป็นเวลา 30 นาที (ประยุกต์จาก Khan et al., 2015) จากนั้นกำจัดสารละลายเอทานอลออกแล้วตามด้วยการล้างชีวมวลผักตบชวากับน้ำกลั่นปราศจากประจุจำนวน 2 ครั้ง กรองแยกชีวมวลด้วยกระดาษกรองใยแก้ว (GF/C Glass microfilter membrane, Whatman) ในระบบสุญญากาศ นำชีวมวลผักตบชวาไปทำให้แห้งอีกครั้งที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วบดละเอียดด้วยเครื่องปั่นเอนกประสงค์ ก่อนนำไปร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 40 และ 60 mesh จะได้วัสดุดูดซับจากชีวมวลผักตบชวาที่มีขนาดอนุภาคระหว่าง 250 - 425 μm เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

2. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมคองโกเรด

เตรียมกราฟมาตรฐานสีย้อมคองโกเรด (Standard curve) โดยเตรียมสารละลายสีย้อมที่มีความเข้มข้น 0 20 40 60 80 และ 100 mg/L วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 497 nm (UV/Visible Spectrophotometer SP-8001, Metertech, Taiwan) แล้วนำค่าที่ได้ไปสร้างกราฟมาตรฐาน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของสีย้อมคองโกเรดภายหลังจากการดูดซับด้วยวัสดุดูดซับชีวมวลผักตบชวาที่เตรียมขึ้น ซึ่งในการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมคองโกเรด (%CR adsorption) สามารถคำนวณจากค่าความเข้มข้นสีย้อมคองโกเรดก่อนและหลังการดูดซับภายใต้สภาวะในการดูดซับที่กำหนด นำค่าความเข้มข้นที่ได้ในการทดลองมาคำนวณประสิทธิภาพการดูดซับดังสมการที่ 1 (ประยุกต์จาก Ponnusamy & Subramaniam, 2013)

$$\% \text{CR adsorption} = \frac{(C_0 - C_t) \times 100}{C_0} \quad (1)$$

เมื่อ C_0 = ความเข้มข้นเริ่มต้นสีย้อมคองโกเรด (mg/L)

C_t = ความเข้มข้นสุดท้ายสีย้อมคองโกเรด (mg/L)

3. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับสีย้อมคองโกเรด

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมคองโกเรดของวัสดุดูดซับที่เตรียมจากชีวมวลผักตบชวาได้พิจารณาการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ปริมาณวัสดุดูดซับ ความเข้มข้นเริ่มต้นสีย้อมคองโกเรด ระยะเวลาดูดซับ และค่า pH ของสารละลาย (ประยุกต์จาก Ponnusamy & Subramaniam, 2013)

3.1 การศึกษาปริมาณวัสดุดูดซับที่เหมาะสม (Adsorbent dose) ทำได้โดยศึกษาปริมาณวัสดุดูดซับชีวมวลผักตบชวาที่ 0 1 2 3 4 5 และ 6 g ในการดูดซับสารละลายสีย้อมคองโกเรดที่มีความเข้มข้น 20 mg/l ปริมาตร 100 ml ภายใต้สภาวะในการดูดซับที่ค่า pH = 7 ($\pm$ 0.5) ระยะเวลาดูดซับ 60 นาที อุณหภูมิ 30°C เขย่าที่ความเร็วรอบ 200 rpm เมื่อครบกำหนดเวลาจึงกำจัดวัสดุดูดซับออกจากสารละลายสีย้อมคองโกเรดด้วยการกรองบนกระดาษกรองใยแก้ว (GF/C Glass microfilter membrane, Whatman) แล้วนำสารละลายสีย้อมที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 497 nm เปรียบเทียบความเข้มข้นกับกราฟมาตรฐานสีย้อมคองโกเรด คำนวณประสิทธิภาพการดูดซับตามสมการที่ 1 และพิจารณาเลือกปริมาณวัสดุดูดซับที่เหมาะสมไปใช้ในการทดลองถัดไป (ดำเนินการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ)

3.2 การศึกษาความเข้มข้นเริ่มต้นสีย้อมคองโกเรดที่เหมาะสม (Initial dye concentration) ดำเนินการโดยศึกษาความเข้มข้นเริ่มต้นสีย้อมคองโกเรดที่ 0 20 40 60 และ 80 mg/l ปริมาตร 100 ml โดยเลือกใช้ปริมาณวัสดุดูดซับที่ 1 g (ปริมาณวัสดุดูดซับที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 3.1) ปรับค่า pH สารละลายเท่ากับ 7.0 ($\pm$ 0.5) กำหนดระยะเวลาดูดซับที่ 60 นาที อุณหภูมิ 30°C และเขย่าที่ความเร็วรอบ 200 rpm จากนั้นศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับของสีย้อมคองโกเรดตามขั้นตอนที่ระบุในขั้นตอนที่ 3.1 แล้วพิจารณาเลือกค่าความเข้มข้นเริ่มต้นสีย้อมคองโกเรดที่เหมาะสมไปใช้ในการทดลองถัดไป

3.3 การศึกษาระยะเวลาดูดซับที่เหมาะสม (Contact time) ดำเนินการโดยกำหนดระยะเวลาในการดูดซับที่ 0 30 60 90 120 150 และ 180 นาที โดยใช้ปริมาณวัสดุดูดซับ 1 g และความเข้มข้นเริ่มต้นสีย้อมคองโกเรด 60 mg/l (ความเข้มข้นเริ่มต้นสีย้อมที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 3.2) ปริมาตร 100 ml ปรับค่า pH สารละลายเท่ากับ 7.0 ($\pm$ 0.5) อุณหภูมิ 30°C และเขย่าที่ความเร็วรอบ 200 rpm จากนั้นศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับของสีย้อมคองโกเรดตามขั้นตอนที่ระบุในขั้นตอนที่ 3.1 แล้วพิจารณาเลือกระยะเวลาดูดซับที่เหมาะสมไปใช้ในการทดลองถัดไป

3.4 การศึกษาค่า pH ของสารละลายที่เหมาะสม โดยการเตรียมสารละลายสีย้อมคองโกเรดที่มีความเข้มข้น 60 mg/l ปรับค่า pH ของสารละลายเท่ากับ 2 4 6 8 และ 10 ($\pm$ 0.5) ด้วยสารละลาย 0.1 N NaOH หรือ 0.1 N H₂SO₄ จากนั้นศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับโดยใช้วัสดุดูดซับปริมาณ 1 g อุณหภูมิ 30 °C ระยะเวลาในการดูดซับ 150 นาที (ระยะเวลาการดูดซับที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 3.3) และเขย่าที่ความเร็วรอบ 200 rpm จากนั้นศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับของสีย้อมคองโกเรดตามขั้นตอนที่ระบุในขั้นตอนที่ 3.1

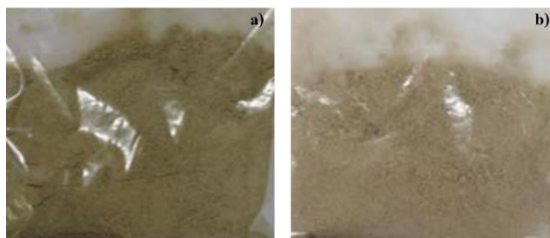
4. การศึกษาค่า pH ที่ทำให้ประจุบนผิวของวัสดุดูดซับมีค่าเป็นศูนย์ (pH_{zpc} : point of zero charge)

การศึกษาค่า pH_{zpc} ของวัสดุดูดซับทำได้โดยเตรียมสารละลาย 0.01 M NaCl ปริมาตร 50 ml (เตรียมโดยใช้น้ำกลั่นปราศจากประจุ) ปรับค่า pH ของสารละลาย 0.01 M NaCl ให้มีค่าเท่ากับ pH 2 – 12 (จำนวน 11 ชุดการทดลอง) ด้วยสารละลาย 0.01 N NaOH หรือ 0.01 N H_2SO_4 แล้วนำวัสดุดูดซับชีวมวล ผักตบชวา 0.01 g ใส่ลงในสารละลาย 0.01 M NaCl ที่ปรับค่า pH ตามที่กำหนด ศึกษาการดูดซับที่อุณหภูมิ $30^\circ C$ เขย่าด้วยความเร็วรอบ 200 rpm เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลาแล้วจึงวัดค่า pH ของสารละลาย 0.01 M NaCl สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างของค่า pH ที่วัดได้ภายหลังจากที่ครบกำหนดเวลา (pH_{final}) กับค่า pH เริ่มต้น ($pH_{initial}$) เพื่อประเมินค่า pH_{zpc} ซึ่งเป็นจุดที่ $pH_{final} - pH_{initial} = 0$ (Khaniabadi et al., 2017b; Bamroongwongdee et al., 2019)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. การเตรียมวัสดุดูดซับจากชีวมวลผักตบชวา

การเตรียมชีวมวลผักตบชวาเป็นวัสดุดูดซับสำหรับการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับสีย้อมคองโกเรดโดยการเตรียมชีวมวลผักตบชวาให้มีขนาดอนุภาค 250 - 425 μm (ภาพที่ 2a) ซึ่งก่อนการนำไปใช้ในการทดลองได้ผ่านขั้นตอนการกำจัดคลอโรฟิลล์ด้วยการแช่อนุภาคชีวมวลผักตบชวาในสารละลายเอทานอล 95% (ภาพที่ 2b) ทั้งนี้เพื่อลดการรบกวนการดูดกลืนแสงจากสีของรงควัตถุโดยเฉพาะคลอโรฟิลล์ที่อาจละลายในสารละลายสีย้อมคองโกเรดในระหว่างการทดลอง (Khan et al., 2015) โดยในการศึกษาวัสดุดูดซับในครั้งนี้ได้พิจารณาเลือกผักตบชวาเนื่องจากโครงสร้างของผนังเซลล์ประกอบด้วยลิกโนเซลลูโลส (Lignocellulosic material) โดยเฉพาะในส่วนของรากและลำต้น ซึ่งประกอบด้วยสัดส่วนของพอลิเมอร์ชนิดเฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส และลิกนินในสัดส่วนประมาณ 33 25 และ 10% ตามลำดับ (Salahuddin et al., 2021) จึงทำให้ชีวมวลผักตบชวาสามารถพัฒนาเป็นวัสดุดูดซับสีย้อมได้เนื่องจากความสามารถในการจับยึดกันระหว่างโครงสร้างสีย้อมและหมู่ฟังก์ชันที่เป็นองค์ประกอบหลักของพอลิเมอร์ลิกโนเซลลูโลส เช่น หมู่ไฮดรอกซิล ($-OH$) และหมู่คาร์บอกซิลิก ($-COOH$) เป็นต้น (Kezerle et al., 2018) แต่อย่างไรก็ตาม ในการพัฒนาอนุภาคชีวมวลผักตบชวาให้เป็นวัสดุดูดซับควรพิจารณาถึงสมบัติทางเคมี ได้แก่ องค์ประกอบและโครงสร้างทางเคมี รวมไปถึงการวิเคราะห์ลักษณะฐานวิทยาและพื้นผิววัสดุดูดซับ



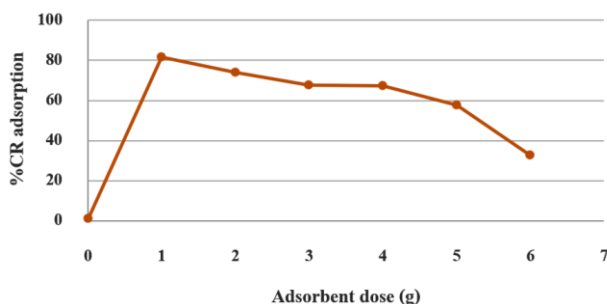
ภาพที่ 2 อนุภาคชีวมวลผักตบชวาที่มีขนาด 250 μm (a) และขนาด 250 μm ที่ผ่านการกำจัดคลอโรฟิลล์ (b)

2. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับสีย้อมคองโกเรด

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมคองโกเรดของวัสดุดูดซับที่เตรียมจากชีวมวลผักตบชวาได้พิจารณาการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ปริมาณวัสดุดูดซับ ความเข้มข้นเริ่มต้นสีย้อมคองโกเรด ระยะเวลาดูดซับ และค่า pH ของสารละลาย ผลการทดลองแสดงได้ดังนี้

2.1 การศึกษาปริมาณวัสดุดูดซับที่เหมาะสม (Adsorbent Dose)

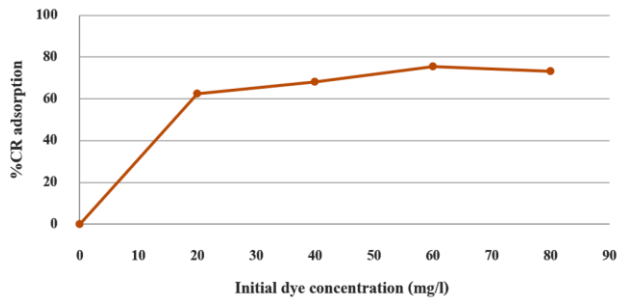
ปริมาณวัสดุดูดซับเป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการดูดซับ โดยพบว่าบริเวณจำเพาะ (Active site) ของวัสดุดูดซับเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับสีย้อมคองโกเรด (Tejada-Tovar et al., 2021) เมื่อวัสดุดูดซับเกิดการอิ่มตัวหรือเกิดสมดุลของการดูดซับจะส่งผลให้ความสามารถในการดูดซับลดลงแม้ว่าจะเพิ่มปริมาณวัสดุดูดซับให้มากขึ้นก็ตาม (Forgacs et al., 2004) นอกจากนี้ยังพบว่า ในขณะที่ปริมาณวัสดุดูดซับในสารละลายมีความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้นนั้น อาจส่งผลให้เกิดการรวมตัวของอนุภาควัสดุดูดซับ (Particle aggregation) ทำให้พื้นที่ผิวสำหรับการดูดซับลดลง และส่งผลต่อความสามารถในการดูดซับ (Pavin et al., 2019) จากการทดลองใช้วัสดุดูดซับผักตบชวาที่ปริมาณ 0 1 2 3 4 5 และ 6 g ในการดูดซับสีย้อมคองโกเรด พบว่าการใช้วัสดุดูดซับปริมาณ 1 g ให้ประสิทธิภาพการดูดซับสูงสุดที่ $81.70 \pm 0.15\%$ และยังพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณวัสดุดูดซับมากขึ้นส่งผลให้ประสิทธิภาพการดูดซับลดลง (ภาพที่ 3) ซึ่งผลการทดลองในครั้งนี้สอดคล้องกับการทดลองใช้ไคตินจากเปลือกกุ้งในการดูดซับสีย้อมคองโกเรดที่พบว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของวัสดุดูดซับมากกว่า 2 mg มีผลให้ประสิทธิภาพการดูดซับลดลง อาจเนื่องมาจากสีย้อมถูกดูดซับบนวัสดุดูดซับอย่างสมดุลเมื่อใช้ปริมาณวัสดุดูดซับไม่เกิน 2 mg (Hou et al., 2021) ทั้งนี้จึงได้พิจารณาเลือกใช้วัสดุดูดซับชีวมวลผักตบชวาปริมาณ 1 g ไปใช้ในการทดลองต่อไป



ภาพที่ 3 ประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมคองโกเรดเมื่อใช้วัสดุดูดซับชีวมวลผักตบชวาปริมาณ 0 1 2 3 4 5 และ 6 g

2.2 การศึกษาความเข้มข้นเริ่มต้นสีย้อมคองโกเรดที่เหมาะสม (Initial dye concentration)

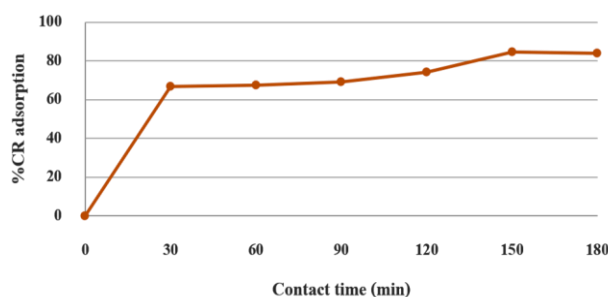
ความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อมคองโกเรดและปริมาณวัสดุดูดซับซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการดูดซับสีย้อมของวัสดุดูดซับและส่งผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมคองโกเรดอย่างสัมพันธ์กัน โดยผลการทดลองศึกษาความเข้มข้นสีย้อมในช่วงระหว่าง 20 – 80 mg/l พบว่าการดูดซับสีย้อมของวัสดุดูดซับค่อย ๆ เพิ่มขึ้นสอดคล้องกับความเข้มข้นสีย้อมที่เพิ่มขึ้นและพบว่าประสิทธิภาพการดูดซับ (%CR adsorption) สูงสุดที่ 75.58 ± 1.14 % เมื่อความเข้มข้นสีย้อมคองโกเรดเท่ากับ 60 mg/l และลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นเริ่มต้นเป็น 80 mg/l (ภาพที่ 4) สอดคล้องกับการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมคองโกเรดของวัสดุดูดซับชีวมวลผักตบชวาที่ผ่านการปรับสภาพด้วยกรดไฮโดรคลอริก (HCl) พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดสีย้อมเพิ่มขึ้นระหว่าง 90 – 93% เมื่อเพิ่มความเข้มข้นสีย้อมจาก 25 – 100 ppm และจะลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นสีย้อมถึง 500 ppm (Pavin et al., 2019) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความเข้มข้นสีย้อมที่มากขึ้นส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่ของโมเลกุลสีในสารละลาย ทำให้เกิดการสัมผัสและยึดจับระหว่างโมเลกุลสีกับวัสดุดูดซับผักตบชวา แต่อย่างไรก็ตามหากความเข้มข้นสีย้อมที่เพิ่มขึ้นในขณะทำการทดลองที่มีปริมาณวัสดุดูดซับเท่าเดิม ทำให้เกิดการแข่งขันเข้าจับบริเวณจำเพาะ (Active site) บนพื้นผิวของวัสดุดูดซับและเกิดสมดุลของการดูดซับ โมเลกุลสีส่วนใหญ่จึงไม่สามารถดูดซับบนพื้นผิววัสดุดูดซับได้อีกและยังคงอยู่ในสารละลายจึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมคองโกเรดลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นสีย้อมที่สูงเกินไป (Stjepanović et al., 2021; Tejada-Tovar et al., 2021) ทั้งนี้จึงได้พิจารณาเลือกความเข้มข้นสีย้อมคองโกเรด 60 mg/l ไปใช้ในการทดลองต่อไป



ภาพที่ 4 ประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมคองโกเรดที่ความเข้มข้นเริ่มต้นสีย้อมคองโกเรด 0 20 40 60 และ 80 mg/l

2.3 การศึกษาระยะเวลาดูดซับที่เหมาะสม (Contact time)

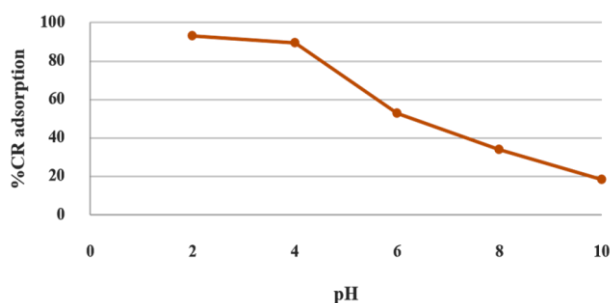
ในกระบวนการดูดซับสีย้อมทั่ว ๆ ไปพบว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาที่วัสดุดูดซับสัมผัสกับโมเลกุลสีย้อมมักส่งผลให้ประสิทธิภาพในการดูดซับเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะในช่วงแรกจะพบว่าการดูดซับเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากระดับความเข้มข้นสีย้อมในสารละลายและบริเวณจำเพาะ (Active site) ของพื้นผิววัสดุดูดซับมีมากพอสำหรับกระตุ้นกลไกการดูดซับ และหลังจากนั้นการดูดซับจะเริ่มคงที่และเข้าสู่ภาวะสมดุล ในระยะนี้โมเลกุลสีที่สัมผัสอยู่บนพื้นผิวจะถูกดูดซับและอาจเกิดการแพร่เข้าสู่รูพรุนของวัสดุดูดซับ (Hu et al., 2010; Wanyonyi et al., 2014) ซึ่งจากการทดลองพบว่าที่ระยะเวลา 150 นาที การดูดซับสีย้อมคองโกเรดของวัสดุดูดซับชีวมวลผักตบชวาเกิดขึ้นสูงสุดที่ $84.56 \pm 0.02\%$ และเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการดูดซับที่ 180 นาที ประสิทธิภาพการดูดซับเริ่มคงที่และมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย (ภาพที่ 5) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองดูดซับสีย้อมคองโกเรดด้วยวัสดุดูดซับที่เตรียมจากไม้ป้อปลา (*Populus euroamericana*) พบว่าในช่วง 60 นาทีแรกอัตราการดูดซับเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและเข้าสู่สมดุลของการดูดซับในระยะเวลา 180 นาที โดยพบว่า ประสิทธิภาพการดูดซับคงที่แม้ว่าระยะเวลาการดูดซับเพิ่มมากขึ้น (Stjepanović et al., 2021) ทั้งนี้จึงได้พิจารณาเลือกระยะเวลาการดูดซับที่ 150 นาที ไปใช้ในการทดลองต่อไป



ภาพที่ 5 ประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมคองโกเรด ที่ระยะเวลาดูดซับ 0 30 60 90 120 150 และ 180 นาที

2.4 การศึกษาค่า pH ของสารละลายที่เหมาะสม

ค่า pH ของสารละลายเป็นปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างประจุบนพื้นผิววัสดุดูดซับและประจุของโมเลกุลสีย้อม จากผลการทดลองพบว่าวัสดุดูดซับชีวมวลผักตบชวาสามารถดูดซับสีย้อมคองโกเรตได้สูงในสภาวะที่สารละลายเป็นกรด โดยเฉพาะที่ pH 2.0 พบว่าประสิทธิภาพการดูดซับสูงสุดที่ $93.25 \pm 0.35\%$ และเมื่อค่า pH ของสารละลายสูงขึ้นส่งผลให้ประสิทธิภาพการดูดซับลดลง ซึ่งพบว่าประสิทธิภาพการดูดซับที่ pH 10.0 มีค่าต่ำที่สุด ($18.25 \pm 1.27\%$) (ภาพที่ 6) สอดคล้องกับผลการทดลองกำจัดสีย้อมคองโกเรตด้วยการดูดซับบนวัสดุดูดซับเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ พบว่าประสิทธิภาพการดูดซับสูงสุดที่ pH ต่ำ (pH = 2.0) (Ponnusamy & Subramaniam, 2013) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในสารละลายที่มี pH ต่ำ ความเข้มข้นของ H^+ มีปริมาณสูง จึงทำให้พื้นผิวของวัสดุดูดซับอึดตัวไปด้วยอนุภาค H^+ และมีคุณสมบัติเป็นประจุบวก ดังนั้นในสภาวะสารละลายที่มี pH ต่ำ จึงเกิดแรงดึงดูดระหว่างประจุ (Electrostatic attraction) ของประจุบวกบนพื้นผิววัสดุดูดซับกับประจุลบในโมเลกุลสีย้อมคองโกเรต ส่งผลให้การดูดซับเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Al-Degs et al., 2008; Khaniabadi et al., 2017a) นอกจากนี้ยังพบว่าในสภาวะสารละลายสีย้อมคองโกเรตที่ pH ต่ำ สามารถกระตุ้นให้เกิดการดูดซับที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นอาจเนื่องมาจากพันธะเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างโมเลกุลสีย้อมกับหมู่ฟังก์ชันที่เป็นองค์ประกอบหลักของวัสดุดูดซับประเภทลิกโนเซลลูโลส เช่น พันธะไฮโดรเจนและพันธะไอออนิก เป็นต้น (Foroughi-Dahr et al., 2014)

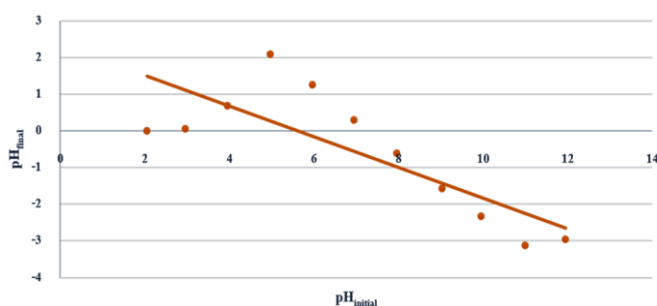


ภาพที่ 6 ประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมคองโกเรตที่ค่า pH ของสารละลายเท่ากับ 2 4 6 8 และ 10

3. การศึกษาค่า pH ที่ทำให้ประจุบนผิวของวัสดุดูดซับมีค่าเป็นศูนย์ (pH_{zpc} : point of zero charge)

ผลการศึกษาค่า pH_{zpc} ของวัสดุดูดซับผักตบชวาพบว่ามีค่าเท่ากับ 5.8 ($pH_{zpc} = 5.8$) (ภาพที่ 7) ซึ่งแสดงถึงประจุรวมบนวัสดุดูดซับ และค่า pH_{zpc} ยังเป็นการยืนยันรูปแบบการดูดซับของพื้นผิวได้อีกด้วย จากผลการทดลองพบว่า pH_{zpc} ของวัสดุดูดซับผักตบชวาเท่ากับ 5.8 สามารถอธิบายได้ว่าที่สภาวะสารละลายที่มี $pH < 5.8$ นั้น บนพื้นผิวของวัสดุดูดซับมีประจุบวก ซึ่งมีผลต่อการกำจัดสีย้อมคองโกเรตซึ่งเป็นสารสีกลุ่ม

ประจุลบ (Anionic dye) เนื่องจากแรงดึงดูดระหว่างประจุ (Electrostatic attraction) สอดคล้องกับผลการศึกษา pH สารละลายที่เหมาะสมต่อประสิทธิภาพ การดูดซับที่พบว่าการดูดซับจะเกิดได้ดีที่ pH ต่ำ ($\text{pH} = 2$) ในขณะที่สภาวะของสารละลายที่มี $\text{pH} > 5.8$ พื้นผิวของวัสดุดูดซับชีวมวลมีประจุเป็นลบ ส่งผลให้แรงดึงดูดระหว่างประจุของวัสดุดูดซับผักตบชวากับสีย้อมคองโกเรตเกิดขึ้นได้น้อยกว่าในสารละลายที่มีค่า $\text{pH} < 5.8$ ทั้งนี้จากผลการทดลองศึกษาค่า pH_{zpc} ของวัสดุดูดซับผักตบชวานั้นพบว่า การดูดซับสีย้อมคองโกเรตเกิดขึ้นได้ดีเมื่อ pH ของสารละลายมีค่าน้อยกว่า pH_{zpc} เนื่องจากประจุรวมบนพื้นผิววัสดุดูดซับมีค่าเป็นบวก (Bamroongwongdee et al., 2019; Wu et al., 2020)



ภาพที่ 7 pH_{zpc} ของวัสดุดูดซับชีวมวลผักตบชวา

สรุป

การเตรียมวัสดุดูดซับสีย้อมคองโกเรตจากผักตบชวา (*Eichhornia crassipes*) ซึ่งเป็นชีวมวลกลุ่มวัชพืชน้ำและเป็นวัสดุอินทรีย์ที่พบปริมาณมากในระบบนิเวศน้ำจืดทั่วไป โดยในการทดลองครั้งนี้ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับสีย้อมคองโกเรตซึ่งได้แก่ ปริมาณวัสดุดูดซับ ความเข้มข้นเริ่มต้นสีย้อมคองโกเรต ระยะเวลาดูดซับ และค่า pH ของสารละลาย ผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการดูดซับ ได้แก่ ปริมาณวัสดุดูดซับ 1 g ความเข้มข้นเริ่มต้นสีย้อมคองโกเรต 60 mg/L ระยะเวลาดูดซับ 150 นาที และค่า pH เท่ากับ 2 เป็นสภาวะที่ให้ประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมสูงสุดในช่วงระหว่าง 75.58 – 93.25% และจากผลการทดลองศึกษาค่า pH_{zpc} ของวัสดุดูดซับ พบว่าประจุรวมบนพื้นผิวของวัสดุดูดซับชีวมวลผักตบชวาเป็นประจุบวก ($\text{pH}_{\text{zpc}} = 5.8$) สอดคล้องกับผลการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมคองโกเรตสูงสุดที่ 93.25% ในสภาวะสารละลายที่มีค่า $\text{pH} = 2.0$ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากผลการทดลองพบว่าชีวมวลผักตบชวาสามารถพัฒนาเป็นวัสดุดูดซับสีย้อมคองโกเรตโดยเฉพาะกลุ่มสีย้อมอะโซที่ได้รับความนิยมใช้มากในอุตสาหกรรมหลายประเภท

ข้อเสนอแนะ

ในการทดลองศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุดูดซับประเภทชีวมวลในการดูดซับสีย้อมอาจจำเป็นต้องมีการศึกษาสมบัติทางกายภาพของวัสดุดูดซับนอกเหนือจากการศึกษาสภาพประจุบนพื้นผิว เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงสภาพพื้นผิวของวัสดุดูดซับให้สามารถดูดซับสีได้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าในการประยุกต์ใช้วัสดุดูดซับจากชีวมวลผักตบชวาเพื่อการบำบัดสีย้อมที่ปนเปื้อนในสภาพแวดล้อมนั้น จำเป็นต้องมีการพัฒนารูปแบบของวัสดุดูดซับให้เหมาะสมต่อการใช้งาน และมีประสิทธิภาพในการดูดซับสีย้อมได้มีสูงสุด ควบคู่กับการศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ ที่อาจมีผลต่อการดูดซับ รวมทั้งยังสามารถนำไปสู่การพัฒนาารูปแบบกระบวนการการดูดซับที่เหมาะสมกับสีย้อมประเภทอื่น ๆ ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมปัจจุบัน ตลอดจนการประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนของสีย้อมอุตสาหกรรมให้มีประสิทธิภาพต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- Al-Degs, Y. S., El-Barghouthi, M. I., El-Sheikh, A. H. & Walker, G. M. (2008). Effect of solution pH, ionic strength, and temperature on adsorption behavior of reactive dyes on activated carbon. *Dyes and Pigments*, 77(1), 16-23.
- Bamroongwongdee, C., Suwannee, S. & Kongsomsaksiri, M. (2019). Adsorption of Congo red from aqueous solution by surfactant-modified rice husk: Kinetic, isotherm and thermodynamic analysis. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 41(5), 1076-1083.
- Forgacs, E., Cserhádi, T. & Oros, G. (2004). Removal of synthetic dyes from wastewaters: a review. *Environment International*, 30(7), 953-971.
- Foroughi-Dahr, M., Abolghasemi, H., Esmaili, M., Shojamoradi, A. & Fatoorehchi, H. (2014). Adsorption characteristics of congo red from aqueous solution onto tea waste. *Chemical Engineering Communications*, 202(2), 181-193.
- Harja, M, Buema, G. & Bucur, D. (2022). Recent advances in removal of Congo Red dye by adsorption using an industrial waste. *Scientific Reports*, 12(6087), 1-18.
- Hou, F., Wang, D., Ma, X., Fan, L., Ding, T., Ye, X. & Liu, D. (2021). Enhanced adsorption of Congo red using chitin suspension after sonoenzymolysis. *Ultrasonics Sonochemistry*, 70(105327), 1-9.
- Hu, Z., Chen, H., Ji, F. & Yuan, S. (2010). Removal of congo red from aqueous solution by cattail root. *Journal of Hazardous Material*, 173, 292-297.

- Imran, M., Crowley, D. E., Khalid, A., Hussain, S., Mumtaz, M. W. & Arshad, M. (2014). Microbial biotechnology for decolorization of textile wastewaters. **Reviews in Environmental Science and Bio/Technology**, 14, 73-92.
- Kezerle, A., Velić, N., Hasenay, D. & Kovačević, K. (2018). Lignocellulosic materials as dye adsorbents: adsorption of methylene blue and congo red on brewers' spent grain. **Croatia Chemica Acta**, 9(1), 53-64.
- Khan, M. I., Zafar, S., Ahmad, H. B., Hussain, M. & Shafiq, Z. (2015). Use of *Morus alba* L. leaves as biosorbent for the removal of congo red dye. **Fresenius Environmental Bulletin**, 24(6a), 2251-2258.
- Khaniabadi, Y. O., Basiri, H., Nourmoradi, H., Mohammadi, M. J., Yari, A. R., Sadeghi, S. & Amrane, A. (2017a). Adsorption of congo red dye from aqueous solutions by montmorillonite as a low-cost adsorbent. **International Journal of Chemical Reactor Engineering**, 16(1), 20160203.
- Khaniabadi, Y. O., Mohammadi, M. J., Shegerd, M., Sadeghi, S., Saeedi, S. & Basiri, H. (2017b). Removal of congo red dye from aqueous solutions by a low-cost adsorbent: activated carbon prepared from Aloe vera leaves shell. **Environmental Health Engineering and Management Journal**, 4(1), 29-35.
- Khatri, J., Nidheesh, P. V., Singh, T. A. & Kumar, M. S. (2018). Advanced oxidation processes based on zero-valent aluminium for treating textile wastewater. **Chemical Engineering Journal**, 348, 67-73.
- Lellis, B., Fávaro-Polonio, C. Z., Pamphile, J. A. & Polonio, J. C. (2019). Effects of textile dyes on health and the environment and bioremediation potential of living organisms. **Biotechnology Research and Innovation**, 3(2), 275-290.
- Luo, X., Liang, C. & Hu, Y. (2019). Comparison of different enhanced coagulation methods for azo dye removal from wastewater. **Sustainability**, 11(7), 4760.
- Mondal, S. (2008). Methods of dye removal from dye house effluent: an overview. **Environmental Engineering Science**, 25(3), 383-396.

- Pavin, S., Hossen, A., Ranman, W., Hossen, I., Halim, A., Biswas, B. K. & Khan, A. S. (2019). Uptake hazardous dye from wastewater using water hyacinth as bio-adsorbent. **European Journal of Sustainable Development Research**, 3(1), em0065.
- Ponnusamy, S. K. & Subramaniam, R. (2013). Process optimization studies of congo red dye adsorption onto cashew nut shell using response surface methodology. **International Journal of Industrial Chemistry**, 4(17), 1-10.
- Radoor, S., Karayil, J., Parameswaranpillai, J. & Siengchin, S. (2020). Removal of anionic dye Congo red from aqueous environment using polyvinyl alcohol/sodium alginate/ZSM-5 zeolite membrane. **Scientific Reports**, 10, 15452.
- Rajamohan, N. (2009). Equilibrium studies on sorption of anionic dye onto acid activated water hyacinth roots. **African Journal of Environmental Science and Technology**, 3(11), 399-404.
- Roy, T. K. & Mondal, N. K. (2017). Biosorption of Congo Red from aqueous solution onto burned root of *Eichhornia crassipes* biomass. **Applied Water Science**, 7, 1841-1854.
- Salahuddin, N., Abdelwahab, M. A., Akelah, A. & Elnagar, M. (2021). Adsorption of congo red and crystal violet dyes onto cellulose extracted from Egyptian water hyacinth. **Natural Hazards**, 105, 1375-1394.
- Stjepanović, M., Velić, N., Galić, A., Kosović, I., Jakovljević, T. & Habuda-Stanić, M. (2021). From waste to biosorbent: removal of congo red from water by waste wood biomass. **Water**, 13(3), 279.
- Tapalad, T., Neramittagapong, A., Neramittagapong, S. & Boonmee, M. (2008). Degradation of congo red dye by ozonation. **Chiang Mai Journal of Science**, 35(1), 63-68.
- Tejada-Tovar, C., Villabona-Ortiz, Á. & Gonzalez-Delgado, Á. D. (2021). Adsorption of azo-anionic dyes in a solution using modified coconut (*Cocos nucifera*) mesocarp: kinetic and equilibrium study. **Water**, 13(10), 1382.
- Wanyonyi, W. C., Onyari, J. M. & Shiundu, P. M. (2014). Adsorption of Congo red dye from aqueous solutions using roots of *Eichhornia crassipes*: kinetic and equilibrium studies. **Energy Procedia**, 50, 862-869.

- Wong, S., Ghafar, N. A., Ngadi, N., Razmi, F. A., Inuwa, I. M., Mat, R. & Amin, N. A. S. (2020). Effective removal of anionic textile dyes using adsorbent synthesized from coffee waste. **Scientific Reports**, 10, 2928.
- Wu, K., Pan, X., Zhang, J., Zhang, X., Zene, A. S. & Tian, Y. (2020). Biosorption of congo red from aqueous solutions based on self-immobilized mycelial pellets: Kinetics, isotherms, and thermodynamic studies. **ACS Omega**, 5, 24601-24612.
- Yagub, M. T., Sen, T. K., Afroze, S. & Ang, H. M. (2014). Dye and its removal from aqueous solution by adsorption: a review. **Advances in Colloid and Interface Science**, 209, 172-184.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้ตัวหนอนทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยทอดใส่น้ำมันมะขามเทศกวน

สินีนารถ สุขชนารักษ์^{1*} กัญจน์รัชต์ รัตนโรจน์² อภิวัฒน์ ไกรเจริญ² กิตติศักดิ์ ปิ่นเกตุ²

Received : August 17, 2022

Revised : April 18, 2023

Accepted : April 26, 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเนื้อสับปะรดต่อเนื้อมะขามเทศในการทำให้ของผลิตภัณฑ์คุกกี้ตัวหนอน และศึกษาอัตราส่วนการใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีในตัวแป้งคุกกี้ตัวหนอนทอดใส่น้ำมันมะขามเทศ สำหรับการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเนื้อสับปะรดต่อเนื้อมะขามเทศ จะทำการทดสอบทั้งหมด 5 อัตราส่วนคือ อัตราส่วนระหว่างเนื้อสับปะรดต่อเนื้อมะขามเทศที่ 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 และ 0:100 โดยน้ำหนัก โดยพบว่าอัตราส่วนที่ 25:75 ได้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยรวมมากที่สุด หลังจากนั้นทำการศึกษาอัตราส่วนการใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์คุกกี้ตัวหนอนทอดใส่น้ำมันมะขามเทศกวน โดยทำการทดสอบทั้งหมด 5 อัตราส่วน คือ อัตราส่วนระหว่างแป้งสาลีต่อแป้งกล้วย 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 และ 0:100 โดยน้ำหนัก พบว่า อัตราส่วนที่ 100: 0 และ 75:25 เป็นอัตราส่วนที่ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับมากที่สุด และทั้ง 2 อัตราส่วนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และเมื่อนำตัวอย่างทุกอัตราส่วนมาวัดค่าสีและเนื้อสัมผัส พบว่า ปริมาณแป้งกล้วยที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์คุกกี้ตัวหนอนโดยจะทำให้สีของแป้งจะมีลักษณะที่คล้ำขึ้นและเนื้อสัมผัสมีลักษณะที่แข็งขึ้น ซึ่งประโยชน์ของงานวิจัยนี้ เป็นการใช แป้งกล้วยที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร และยังสามารถมาประยุกต์เป็นไส้ในคุกกี้ตัวหนอน ซึ่งเป็นแนวทางในการนำเนื้อมะขามเทศมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร

คำสำคัญ: คุกกี้ตัวหนอน แป้งกล้วย ใส่มะขามเทศ

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

² นักศึกษาปริญญาตรี หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: sineenart@vru.ac.th

PRODUCT DEVELOPMENT OF SILK WORM SHAPED COOKIE AS SUBSTITUTED WHEAT FLOUR WITH BANANA FLOUR FILLED WITH STIR-FRIED MANILA TAMARIND

Sineenart Suktanarak^{1*} Kanjarat Rattanakrot² Apiwat Rajaroon² Kittisak Pinket²

Abstract

This research aimed to study the appropriate ratio between manila tamarind and pineapple for filling silkworm-shaped cookies and study the ratio between substituted banana flour with wheat flour in the cookie products. In this study, 5 ratios by weight between pineapple and manila tamarind: 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, and 0:100 were studied through consumer y sensory acceptance evaluation. The result showed that most of the panelists accepted the ratio between pineapple and manila tamarind at 25:75. The result of the 5 ratios between substituted wheat flour with banana flour: 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, and 0:100, showed that most of the panelists accepted the ratio between substituted wheat flour with banana flour at 100:0 and 75:25 at a non-statistically significant level ($p>0.05$). Furthermore, the analysis of all ratios in terms of color values and texture showed a higher ratio of banana flour per wheat flour resulted in a higher color value and hardness level of the cookies. This study is practical in that it utilizes banana flour in developing food products and applying tamarind to filled cookie products and is considered a guideline for applying tamarind to food products.

Keywords: Silk worm shaped cookie, Banana flour, Stir-fried tamarind filling

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 Undergraduate student, Home Economics program, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage

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

บทนำ

มะขามเทศ มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Pithecellabium dule* เป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่ขึ้นอยู่ตามท้องถื่นทั่วไปของประเทศไทย เป็นผลไม้ที่มีระยะการเก็บเกี่ยวที่สั้น โดยจะออกผลผลิตตั้งแต่เดือนธันวาคม จนถึงเดือนมีนาคม ซึ่งช่วงระยะการเก็บเกี่ยวที่สั้น ส่งผลให้ฤดูที่มีมะขามเทศมีผลผลิตที่ค่อนข้างมาก และมะขามเทศยังไม่ถูกนำมาแปรรูปอย่างแพร่หลายนัก ผลมะขามเทศมีสารอาหารมากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง มีปริมาณวิตามินซีค่อนข้างสูง และมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงของโรคหัวใจและมะเร็ง นอกจากนี้ยังเป็นผลไม้ที่ไม่มีใยอาหารสูง แต่มีคาร์โบไฮเดรตต่ำ ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงของโรคเบาหวานและโรคหลอดเลือดหัวใจ มีงานวิจัยที่นำมะขามเทศไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น นำเนื้อมะขามเทศไปเป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์มัฟฟินเค้ก แล้วพบว่าผลิตภัณฑ์มัฟฟินเค้กที่ได้ มีวิตามินซีและประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่ามัฟฟินเค้กที่ไม่มีส่วนประกอบของมะขามเทศ (Shukla & Jain, 2017) รวมไปถึงการนำเนื้อมะขามเทศไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์แยมมะขามเทศลดน้ำตาล (สินีนารถ สุขทนารักษ์ และคณะ, 2563) เป็นต้น

คุกกี้เป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบชนิดหนึ่ง โดยคุกกี้ที่แบ่งวิธีการทำตามรูปร่าง แบ่งออกเป็น 6 ชนิด ได้แก่ คุกกี้หยอด คุกกี้กด คุกกี้ปั้น คุกกี้คลึง คุกกี้แท่ง และคุกกี้แช่เย็น เป็นต้น (เศรษฐพงศ์ อัมมะเย, 2522) ซึ่งคุกกี้ตัวหนอนเป็นคุกกี้ปั้นชนิดหนึ่งที่ขึ้นเป็นรูปทรงตัวหนอน มีแป้งสาลีเป็นองค์ประกอบหลัก โดยปกติแป้งสาลีเป็นวัตถุดิบที่ส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตคุกกี้มีมูลค่าสูง เนื่องจากแป้งสาลีผลิตมาจากข้าวสาลีซึ่งจะต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ จึงมีงานวิจัยที่นำแป้งชนิดอื่นมาทดแทนแป้งสาลีในการผลิตคุกกี้และขนมอบ เช่น การนำแป้งข้าวเจ้ามาทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์คุกกี้แป้งข้าวเสริมสารสีจากลูกตำลึง (สุนันท์ บุตรศาสตร์ และคณะ, 2019) การใช้แป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์คุกกี้ (อริสรา รอดมัย และอรอุมา จิตรวโรภาส, 2550) การใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์เค้กกล้วยหอม (จารุวรรณ นามวัฒน์ และจันทร์เฉิดฉาย สังเกตกิจ, 2560) แป้งกล้วยเป็นแป้งอีกชนิดหนึ่งที่มีความน่าสนใจในการใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมอบ เนื่องจากแป้งกล้วยมีสารที่ทนต่อการย่อยของเอนไซม์หรือเรียกว่า Resistant starch ซึ่งมีคุณสมบัติคล้ายเส้นใยอาหารไม่ดูดซึมภายในลำไส้เล็กของมนุษย์ (วราภรณ์ สกลไชย, 2551) มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแป้งกล้วยเพื่อประโยชน์เชิงสุขภาพ เช่น การใช้แป้งกล้วยหอมทองดิบที่มีสมบัติต้านทานการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ในผลิตภัณฑ์พาสต้า โดยพบว่าเมื่อใช้แป้งกล้วยหอมดิบในเส้นพาสต้ามากขึ้น ผลิตภัณฑ์มีเส้นใยมากขึ้น มีปริมาณกลูโคสที่ได้จากการย่อยสลายเอนไซม์ต่ำ ซึ่งจะช่วยให้ค่า Glycemix index ของผลิตภัณฑ์อาหารต่ำลงด้วย เป็นผลให้ระดับน้ำตาลเลือดไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นหรือต่ำลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งนั่นเป็นภาวะที่อันตรายของผู้ป่วยโรคเบาหวาน (จิรนาถ บุญคง และคณะ, 2558) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของกล้วยดิบ ได้แก่ กล้วยน้ำว้า กล้วยไข่ กล้วยหอม และกล้วยเล็บมือนาง โดยพบว่ากล้วยเล็บมือนางสดที่ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด แต่เมื่อนำกล้วยดิบมาแปรรูปเป็นแป้งกล้วย พบว่า แป้งกล้วยไข่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด (อัจฉรา เพ็ญภู่งและขวัญดาว แจ่มแจ้ง, 2559)

จากข้อมูลข้างต้นเกี่ยวกับประโยชน์ของมะขามเทศและคุณสมบัติของแป้งกล้วย งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้ตัวหนอน โดยนำแป้งกล้วยมาทดแทนแป้งสาลี และพัฒนาคุกกี้ตัวหนอนสดได้

เนื้อมะขามเทศกวน ซึ่งโดยปกติก็ตัวหนอนในท้องตลาดทั่วไป มักสอดไส้เนื้อไส้สับปะรด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นการพัฒนาทั้งตัวแป้งและไส้ของคุกกี้ ซึ่งจะทำให้เกิดการพัฒนาลิขสิทธิ์คุกกี้ที่มีความหลากหลายมากขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้เนื้อมะขามเทศทดแทนเนื้อสับปะรดในการทำไส้ของคุกกี้ตัวหนอน
2. เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีในการทำคุกกี้ตัวหนอนสอดไส้เนื้อมะขามเทศกวน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้เนื้อมะขามเทศทดแทนเนื้อสับปะรดในการทำไส้คุกกี้ตัวหนอน ส่วนผสมของสูตรไส้สับปะรดประกอบไปด้วยปริมาณเนื้อสับปะรดร้อยละ 55.35 น้ำร้อยละ 10.33 น้ำตาลร้อยละ 34.13 และเกลือร้อยละ 0.19 โดยน้ำหนัก (จรรยาพร พูลเวียง, 2552) และสูตรไส้ที่ทดแทนเนื้อสับปะรดโดยใช้เนื้อมะขามเทศแบ่งออกเป็น 5 อัตราส่วน คือ อัตราส่วนระหว่างเนื้อสับปะรดต่อเนื้อมะขามเทศเท่ากับ 100:0 (สูตรควบคุม), 75:25, 50:50, 25:75 และ 0:100 สำหรับขั้นตอนในการทำไส้นั้นทำได้โดยการ นำส่วนผสมต่างๆ คือ เนื้อสับปะรดและเนื้อมะขามเทศมาชั่งตามอัตราส่วน แล้วนำผสมกับน้ำ นำไปต้มประมาณ 10 นาที โดยใช้ไฟระดับกลางเป็นเวลา 10 นาที หลังจากนั้นเติมน้ำตาลทรายและเกลือลงไป เคี่ยวจนได้มีลักษณะเหนียว

2. การเตรียมแป้งกล้วย

นำกล้วยน้ำว้าที่มีลักษณะดิบ ผลของกล้วยยังมีลักษณะเป็นเหลี่ยม นำมาปอกเปลือกแล้วแช่ในสารละลายเกลือที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เป็นระยะเวลา 15 นาที หลังจากนั้นนำกล้วยมาสไลด์เป็นแผ่นบางๆ แล้วนำไปอบที่ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แล้วนำกล้วยที่อบเสร็จแล้วไปบดในเครื่องปั่นให้ละเอียด แล้วนำแป้งกล้วยน้ำว้าที่ได้ไปร่อนในตะแกรงความถี่ขนาด 100 เมช ก็จะได้อแป้งกล้วยน้ำว้า (ดัดแปลงจากวิจิตรา เหลียวตระกูล และคณะ, 2563) และนำแป้งกล้วยน้ำว้าที่ได้บรรจุในถุงซิปล็อคก่อนนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

3. ศึกษาอัตราส่วนการใช้แป้งกล้วยน้ำว้าทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์คุกกี้ตัวหนอนสอดไส้เนื้อมะขามเทศกวน

สำหรับส่วนผสมการทำแป้งคุกกี้ตัวหนอน ประกอบไปด้วยแป้งสาลีร้อยละ 48.79 ผงฟูร้อยละ 0.1 เนยสดร้อยละ 29.27 เกลือป่นร้อยละ 0.29 น้ำตาลไอซิ่งร้อยละ 14.63 กลิ่นวานิลาร้อยละ 0.29 และไข่ไก่ร้อยละ 6.63 โดยน้ำหนัก (Ploynapas Janrangsi, 2563) นำแป้งกล้วยที่ผลิตได้ในข้อที่ 2 มาศึกษาการทดแทนแป้งสาลี โดยศึกษาอัตราส่วนของแป้งสาลีต่อแป้งกล้วยทั้งหมด 5 อัตราส่วน คือ 100:0 (สูตรควบคุม), 75:25, 50:50,

25:75 และ 0:100 โดยน้ำหนักขั้นตอนการทำแบ่งคูกี้ ทำได้โดยการนำแบ่งสาสีและแบ่งกล้วยที่ซั้งไว้ตามอัตราส่วนมาร่อน รวมกับผงฟู ร่อนจนแบ่งและผงฟูผสมเข้ากันดี เทเนยและเกลีอลงไปในโถตีแบ่ง ใช้โถตีแบ่งตีวัตถุดิบให้เข้ากันจนกระทั่งได้เป็นเนื้อครีม เติมน้ำตาลไอซิ่งและตีจนแบ่งมีลักษณะเป็นเนื้อขึ้นฟู เติมน้ำไอ้และกลั่นวานิลลาลงไป แล้วตีต่อไปอีกให้เข้ากันเพื่อให้ส่วนผสมขึ้นฟูเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย หลังจากนั้นนำแบ่งและเกลีที่ร่อนไว้เทลงไปในโถตีแบ่ง แล้วตีส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากัน จนกระทั่งตัวแบ่งมีลักษณะไม่ติดโถตี นำแผ่นฟิล์มพลาสติกมาห่อหุ้มแบ่งที่ตีไว้แล้วนำไปแช่ตู้เย็นเป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำแบ่งที่ผ่านการแช่เย็นมาทอดใส่และปั่นเป็นรูปตัวหนอน จากนั้นนำเข้าตู้อบ อบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที สำหรับไส้คูกี้ตัวหนอน จะใช้ไส้ที่ได้รับการคัดเลือกจากข้อที่ 1

4. การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

4.1 การวิเคราะห์ค่าสี

นำไส้คูกี้ที่นำเนื้อมะขามเทศมาทดแทนเนื้อสับปะรดทั้ง 5 อัตราส่วน และตัวแบ่งภายนอกของคูกี้ตัวหนอนที่นำแบ่งกล้วยมาทดแทนแบ่งสาสีทั้ง 5 อัตราส่วน มาวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสี Colorimeter รุ่น CR-10 Plus (Minolta, Japan) โดยแสดงผลเป็นค่า L^* , a^* และ b^* โดยค่าสี L^* หมายถึง ค่าความสว่าง (ดำ=0, ขาว=100), ค่าสี a^* หมายถึงสีแดงหรือสีเขียว (+สีแดง, - สีเขียว) และค่าสี b^* หมายถึง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน (+สีเหลือง, - สีน้ำเงิน)

4.2 การวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส

นำคูกี้ตัวหนอนทอดใส่เนื้อมะขามเทศที่ทดแทนเนื้อสับปะรดทั้ง 5 อัตราส่วน มาวัดค่าเนื้อสัมผัส โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) รุ่น TAX.XT plus โดยใช้หัววัด Warner-bratzler โดยมีสภาวะการวัดดังนี้ Pre-test speed 1.5 mm/s, Test speed 2.0mm/s และ Post-test speed 10mm/s

5. การวิเคราะห์ทดสอบทางประสาทสัมผัส

ทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสตัวอย่างไส้และคูกี้ตัวหนอนทอดใส่กับผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน (Untained panel) จำนวน 30 คน ทำการทดสอบ 2 ซ้ำ ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-Point hedonic scale test (1=ไม่ชอบมากที่สุด, 2=ไม่ชอบมาก, 3=ไม่ชอบปานกลาง, 4=ไม่ชอบเล็กน้อย, 5=เฉยๆ, 6=ชอบเล็กน้อย, 7=ชอบปานกลาง, 8=ชอบมาก และ 9=ชอบมากที่สุด) โดยทดสอบคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

6. การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ทางกายภาพ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete randomize design, CRD) ทำการวิเคราะห์ทั้งหมด 3 ซ้ำ ส่วนข้อมูลที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Random Complete Block Design, RCBD) จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรม IBM SPSS Statistics 24

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้เนื้อมะขามเทศทดแทนเนื้อสับปะรดในการทำไส้คุกกี้ตัวหนอน

ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้เนื้อมะขามเทศทดแทนเนื้อสับปะรดในการทำไส้คุกกี้ตัวหนอน ด้วยการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของไส้คุกกี้ตัวหนอนที่มีอัตราส่วนระหว่างสับปะรดต่อเนื้อมะขามเทศที่แตกต่างกัน

คุณลักษณะ	อัตราส่วนระหว่างเนื้อสับปะรดต่อเนื้อมะขามเทศ (โดยน้ำหนัก)				
	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100
ลักษณะปรากฏ	6.39±1.20 ^b	6.39±1.10 ^b	6.96±1.20 ^{ab}	7.14±0.97 ^a	7.18±1.25 ^a
สี	6.43±10.3 ^b	7.18±0.98 ^a	7.18±0.98 ^a	7.42±1.13 ^a	7.12±1.17 ^a
กลิ่น	7.39±0.79 ^a	7.14±1.21 ^{ab}	6.86±1.09 ^{bc}	6.49±1.10 ^{cd}	6.11±1.17 ^d
รสชาติ	7.04±1.04 ^a	7.14±1.27 ^a	7.39±0.79 ^a	7.21±1.29 ^a	6.59±1.34 ^b
เนื้อสัมผัส	6.43±1.21 ^b	6.46±1.14 ^b	7.00±1.02 ^{ab}	7.27±1.33 ^a	7.39±1.03 ^a
ความชอบโดยรวม	6.64±1.06 ^b	7.32±0.98 ^a	7.26±1.07 ^a	7.43±1.14 ^a	7.39±1.00 ^a

หมายเหตุ ^{a-d} หมายถึง ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน ค่าเฉลี่ยของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 1 พบว่า ไส้คุกกี้ที่มีอัตราส่วนของเนื้อสับปะรดต่อเนื้อมะขามเทศที่ 0:100 และ 100:0 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ทั้งคุณลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม สำหรับอัตราส่วนของเนื้อมะขามเทศทดแทนเนื้อสับปะรดที่อัตราส่วน 50:50 และ 25:75 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในภาพรวมสูงสุดทั้ง 2 อัตราส่วน ซึ่งทั้ง 2 อัตราส่วน มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า อัตราส่วนระหว่างเนื้อสับปะรดต่อเนื้อมะขามเทศที่ 25:75 เป็นไส้ที่ทดแทนเนื้อมะขามเทศได้สูงถึงร้อยละ 75 ผู้ทดสอบชิมยังให้การยอมรับทางประสาทสัมผัสเพื่อนำไปทำไส้คุกกี้ตัวหนอน โดยจะเห็นได้ชัดว่า เมื่อเพิ่มเนื้อมะขามเทศในไส้มากขึ้น ตัวไส้มีสีแดงเข้มมากขึ้น (ภาพที่ 1) มีเนื้อสัมผัสที่ไม่เหนียวเกินไป และตัวไส้เกาะกันเป็นเนื้อเดียวกัน ในขณะที่ไส้คุกกี้ที่มีอัตราส่วนของเนื้อสับปะรดมาก ไส้จะมีลักษณะเหนียว เนื่องจากมีเส้นใยของสับปะรดเป็นองค์ประกอบ แต่เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของเนื้อมะขามเทศมากขึ้น ผู้ทดสอบชิมจะให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านกลิ่นและรสชาติลดน้อยลง เนื่องจากสับปะรดมีกลิ่นหอมและมีรสชาติหวานอมเปรี้ยว ซึ่งเป็นที่ยอมรับมากกว่า แต่ในขณะที่เนื้อมะขามเทศเป็นผลไม้ที่ไม่มีกลิ่นเฉพาะตัวและมีรสชาติหวานมัน และไม่ได้มีรสชาติอมเปรี้ยวเหมือนสับปะรด

ตารางที่ 2 ค่าสีของไส้คูกี้ตัวหนอนที่มีอัตราส่วนระหว่างเนื้อสับปะรดต่อเนื้อมะขามเทศที่แตกต่างกัน

ค่าสี	อัตราส่วนระหว่างเนื้อสับปะรดต่อเนื้อมะขามเทศ (โดยน้ำหนัก)				
	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100
ค่าสี L*	61.42±4.77 ^a	47.44±1.69 ^b	42.06±0.96 ^c	30.00±1.35 ^d	30.54±1.97 ^d
ค่าสี a*	2.26±0.39 ^d	22.84±1.19 ^a	24.46±1.60 ^a	14.06±1.65 ^b	11.9±1.32 ^c
ค่าสี b*	25.66±1.01 ^a	18.14±1.34 ^b	13.6±0.38 ^c	6.54±0.76 ^d	6.86±1.06 ^d

หมายเหตุ ^{a-d} หมายถึง ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน ค่าเฉลี่ยของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



(ก)



(ข)



ภาพที่ 1 ลักษณะของไส้คูกี้ตัวหนอนที่ทดแทนเนื้อสับปะรดด้วยเนื้อมะขามเทศ

(ก) อัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อเนื้อมะขามเทศที่ 100:0

(ข) อัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อเนื้อมะขามเทศที่ 0:100

นอกจากนี้ในตารางที่ 2 ยังพบว่าทั้งค่า L*, a* และ b* ของอัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อเนื้อมะขามเทศที่ 100:0 มีความแตกต่างกับอัตราส่วน 0:100 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ยิ่งเพิ่มอัตราส่วนของเนื้อมะขามเทศ ค่าสี L* จะมีค่าลดลง ในขณะที่ค่าสี a* แสดงค่าความเป็นสีแดง พบว่าค่าสี a* เพิ่มขึ้นจนถึงอัตราส่วนระหว่างเนื้อสับปะรดต่อเนื้อมะขามเทศเท่ากับ 50:50 หลังจากนั้นไส้ที่อัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อเนื้อมะขามเทศเท่ากับ 25:75 ค่าสี a* จะมีค่าลดลง โดยเป็นสีแดงคล้ำ ซึ่งมะขามเทศมีรงควัตถุสีแดงจากแอนโทไซยานิน โดยแอนโทไซยานินสามารถคงตัวให้สีแดงได้ดีในสภาวะที่อาหารมีความเป็นกรดหรือ pH ต่ำ จึงอาจเป็นเหตุผลที่ลดอัตราส่วนเนื้อสับปะรดลง ความเป็นกรดก็จะลดต่ำลงด้วย จึงส่งผลให้ค่า a* ของอัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อเนื้อมะขามเทศที่ 25:75 และ 0:100 ลดลงด้วย

2. ผลการศึกษาอัตราส่วนการใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์คูกี้ตัวหนอนสอดไส้เนื้อมะขามเทศหวาน

นำไส้คูกี้ที่มีอัตราส่วนเนื้อสับปะรดต่อเนื้อมะขามเทศที่ 25:75 ซึ่งเป็นไส้คูกี้ที่ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับมากที่สุดมาสอดไส้ในคูกี้ตัวหนอน โดยแบ่งคูกี้ตัวหนอนมีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยที่ 5 อัตราส่วน คือ อัตราส่วนระหว่างแป้งสาลีต่อแป้งกล้วยที่ 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 และ 0:100 ซึ่งผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 2 และตารางที่ 3 และ 4

ตารางที่ 3 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ตัวหนอนสอดไส้ด้วยเนื้อมะขามเทศกวนที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยอัตราส่วนต่าง ๆ

คุณลักษณะ	อัตราส่วนระหว่างแป้งสาลีต่อแป้งกล้วย (โดยน้ำหนัก)				
	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100
ลักษณะปรากฏ	7.94±1.04 ^a	7.58±0.99 ^a	7.08±1.02 ^{bc}	6.88±0.94 ^c	6.11±1.06 ^d
สี	7.79±1.36 ^a	7.47±1.09 ^a	6.97±0.93 ^b	6.88±0.84 ^b	6.08±0.99 ^c
กลิ่น	7.47±1.16 ^a	7.61±0.85 ^a	7.32±1.03 ^a	7.55±1.07 ^a	6.50±0.89 ^b
รสชาติ	7.47±1.33 ^a	7.64±0.88 ^a	7.47±0.86 ^a	7.61±0.98 ^a	6.47±0.99 ^b
เนื้อสัมผัส	7.50±1.20 ^a	7.64±0.95 ^a	7.52±0.89 ^a	7.58±0.89 ^a	6.50±1.13 ^b
ความชอบโดยรวม	7.67±1.24 ^a	7.61±0.98 ^a	7.55±0.86 ^a	7.50±1.18 ^a	6.50±1.08 ^b

หมายเหตุ ^{a-d} หมายถึง ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน ค่าเฉลี่ยของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 3 พบว่า อัตราส่วนระหว่างแป้งสาลีต่อแป้งกล้วยที่ 100:0 และ 75:25 เป็นอัตราส่วนที่ได้รับคะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุด และทั้ง 2 อัตราส่วนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งแป้งกล้วยเป็นแป้งที่มีคุณสมบัติเป็นแป้งทนการย่อย (resistant starch) ซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพ ทนทานต่อการย่อย จึงทำให้มีค่า Glycemic Index ต่ำ (จิรนาถ บุญคง และคณะ, 2558) ดังนั้น อัตราส่วนระหว่างแป้งสาลีต่อแป้งกล้วยที่ 75:25 มีปริมาณแป้งกล้วยมากกว่าอัตราส่วน 100:0 ในงานวิจัยนี้จึงเลือกอัตราส่วนระหว่างแป้งสาลีต่อแป้งกล้วยที่ 75:25 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการผลิตคุกกี้ตัวหนอนสอดไส้เนื้อมะขามเทศกวน เมื่อพิจารณาคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสี พบว่า คุกกี้ตัวหนอนที่มีอัตราส่วนแป้งกล้วยที่สูงขึ้น ส่งผลต่อคะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยผู้ทดสอบชิมจะให้คะแนนความชอบด้านสีลดลง เนื่องจากแป้งกล้วยที่ผลิตขึ้นมาในงานวิจัยนี้ เป็นแป้งที่ไม่ผ่านกระบวนการฟอกสีเหมือนแป้งสาลีที่ซื้อตามท้องตลาด จึงส่งผลให้คุกกี้ที่มีแป้งกล้วยมีสีคล้ำมากกว่าแป้งสาลี นอกจากนี้ที่คุกกี้ตัวหนอนที่มีอัตราส่วนของแป้งกล้วยสูงขึ้น จะมีสีคล้ำเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Browning reaction) ซึ่งอาจเกิดขึ้นในขั้นตอนการเตรียมแป้งกล้วย ซึ่งสอดคล้องกับค่าสี L^* ในตารางที่ 4 สำหรับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส พบว่า อัตราส่วนระหว่างแป้งสาลีต่อแป้งกล้วยที่อัตราส่วน 100:0 และ 0:100 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เนื่องจากในแป้งสาลีมีโปรตีนกลูเตนที่ทำให้เกิดโครงสร้างยืดเหนียวภายในเนื้อแป้งของคุกกี้ ในขณะที่แป้งกล้วยเป็นแป้งที่ไม่มีโปรตีนกลูเตน ซึ่งส่งผลต่อการยืดเหนียวของโครงสร้างภายในเนื้อแป้งของคุกกี้ก็ลดน้อยลง เนื้อสัมผัสของคุกกี้ก็จะมีเนื้อสัมผัสแข็งและร่วนมากขึ้น ดังนั้นถ้าคุกกี้ตัวหนอนมีปริมาณแป้งกล้วยที่สูงขึ้น ค่าความแข็งคุกกี้ตัวหนอนจึงมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยเรื่องการใช้แป้งกล้วยหอมเขียวทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมปัง (วิจิตรา เหลียวตระกูล และคณะ, 2564)

ตารางที่ 4 ค่าความแข็งและค่าสีของคุกกี้ตัวหนอนสอดไส้ด้วยเนื้อมะขามเทศกวนที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยอัตราส่วนต่างๆ

ค่าทางกายภาพ	อัตราส่วนระหว่างแป้งสาลีต่อแป้งกล้วย				
	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100
Hardness (N)	11.59±0.61 ^c	10.64±1.00 ^c	11.22±1.28 ^c	13.67±0.34 ^b	15.91±0.97 ^a
ค่าสี L*	69.13±0.68 ^a	64.89±0.67 ^b	60.57±0.30 ^c	58.31±0.33 ^d	55.75±0.18 ^e
ค่าสี a*	6.17±0.18 ^b	6.15±0.52 ^b	6.76±1.00 ^{ab}	7.57±0.73 ^a	7.99±0.65 ^a
ค่าสี b*	32.97±0.83 ^a	31.84±1.20 ^{ab}	31.62±0.90 ^{ab}	30.20±0.71 ^b	28.32±0.60 ^c

หมายเหตุ ^{a-e} หมายถึง ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน ค่าเฉลี่ยของข้อมูลมีความมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)



(จ)

ภาพที่ 2 ลักษณะของคุกกี้ตัวหนอนสอดไส้เนื้อมะขามเทศกวนที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยอัตราส่วน โดย (ก) คือ 100:0, (ข) คือ 75:25, (ค) คือ 50:50, (ง) คือ 25:75 และ (จ) คือ 0:100

จากภาพที่ 2 แสดงภาพคุกกี้ตัวหนอนสอดไส้เนื้อมะขามเทศกวน ที่มีอัตราส่วนระหว่างแป้งสาลีต่อแป้งกล้วยที่ต่างกัน 5 อัตราส่วน โดยพบว่า คุกกี้ตัวหนอนที่มีอัตราส่วนของแป้งกล้วยที่สูงขึ้น คุกกี้ตัวหนอนมีลักษณะสีคล้ำขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งลักษณะทางกายภาพนี้จะส่งผลต่อความชอบของผู้บริโภคได้

สรุป

จากผลการทดลอง พบว่า ใส่คุกกี้ตัวหนอนอัตราส่วนระหว่างเนื้อสับปะรดต่อเนื้อมะขามเทศที่ 0:100 ได้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส เนื่องจากตัวไส้มีสีแดงของมะขามเทศที่สวยงาม เนื้อสัมผัสไม่เหนียวเกินไป และเมื่อทำการพัฒนาตัวแป้งคุกกี้ โดยใช้แป้งกล้วยมาทดแทนแป้งสาลี พบว่า อัตราส่วนระหว่างแป้งสาลีต่อแป้งกล้วย 75:25 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งกล้วยในอัตราส่วนที่สูงขึ้น จะส่งผลต่อคะแนน

ความชอบของผู้บริโภค โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านเนื้อสัมผัสและสี เพราะทำให้คุกกี้ตัวหนอนมีสีคล้ำขึ้นและมีเนื้อสัมผัสที่ร่วนมากขึ้น ซึ่งประโยชน์จากงานวิจัยนี้เป็นการใช้แป้งกล้วยที่มีประโยชน์เชิงสุขภาพมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์คุกกี้ตัวหนอน และยังเป็นน่านามะขามเทศมาประยุกต์เป็นไส้ในคุกกี้ตัวหนอนอีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการและอายุการเก็บรักษา

เอกสารอ้างอิง

- จารุวรรณ นามวัฒน์, และจันทร์เจตนา สังกัดกิจ. (2560). การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวกล้องในเค้กกล้วยหอม. การประชุมวิชาการระดับชาติ นวัตกรรมและเทคโนโลยีวิชาการ 2017 “วิจัยจากองค์ความรู้สู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน”, 25-26 ธันวาคม 2560. สุรินทร์: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์.
- จิรนาล บุญคง, ทิพวรรณ บุญมี, และพัชรารวรรณ เรือนแก้ว. (2558). การใช้แป้งกล้วยหอมทองดิบที่มีสมบัติต้านทานการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ในผลิตภัณฑ์พาสต้า. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร, 10(1), 10-29.
- จรรยาพร พลเวียง. (2552). ถนอมอาหารผลไม้. บริษัทสำนักพิมพ์แม่บ้าน จำกัด. กรุงเทพมหานคร.
- วิจิตรา เหลียวตระกูล, วชิรญา เหลียวตระกูล, และวรรณภา วงศ์แสงธรรม. (2563). ผลของระดับความสุกและสภาวะการทำแห้งต่อคุณภาพของแป้งกล้วยหอมเขียวและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังจากแป้งกล้วยหอมเขียว. คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.
- วิจิตรา เหลียวตระกูล, วชิรญา เหลียวตระกูล, วรรณภา วงศ์แสงธรรม, รัต ทรัพย์บุญเรือง, และสรวิศ สิงห์ท้วม. (2564). ผลของปริมาณแป้งกล้วยหอมเขียวทดแทนแป้งสาลีที่มีต่อลักษณะของขนมปัง. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร, 15(1), 1-11.
- วราภรณ์ สกลไชย. (2551). การเกิด Resistant Starch โดยการใช้กระบวนการความร้อนและการใช้ทดแทนในผลิตภัณฑ์คุกกี้. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สินีนาด สุขทนารักษ์, กรรณิกา พุ่มระย้า, นัทธมน เอี่ยมแพร, และธิดารัตน์ บอกกليب. (2563). การพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมมะขามเทศลดน้ำตาล. วารสารวิจัยและนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 1(1), 41-49.
- สุนันท์ บุตรศาสตร์, ขนิษฐา พานิชศิริ, วรรณภา รสเศรษฐา, และนรินทร์ แสนสุข. (2019). คุกกี้แป้งข้าวเสริมสารสีจากลูกตำลึง. วารสารเกษตรพระวรุณ, 16(1), 174 – 181.
- เศรษฐพงษ์ อัมมะเย. (2552). สารพัดคุกกี้. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์มิตรสัมพันธ์กราฟฟิค.
- อริสรา รอดมัย, และอรอุมา จิตตรวโรภาส. (2550). การผลิตคุกกี้โดยใช้แป้งข้าวหอมมะลิทดแทนแป้งสาลีบางส่วน. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม, 3(1), 37-43.

- อัจฉรา เฟ็งภู และขวัญดาว แจ่มแจ้ง. (2559). การผลิตแป้งกล้วยต้านอนุมูลอิสระจากกล้วย 4 ชนิด. การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ครั้งที่ 3. กำแพงเพชร: มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.
- Ploynapas Janrangsi. (2563). **คุกกี้ตัวหนอนไล่สับประรด**. สืบค้นจาก <https://www.wongnai.com/recipes/ugc/e5748f01526748308a4bbf56d7aa4c65>.
- Shukla, S. & Jain, S. (2017). Incorporation of manila tamarind (Pithecellobium dulce) pulverize as a source of antioxidant in Muffin cake. **Food science research journal**, 8(2), 386-390.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าว “พริกาคะ” รสหม่าล่าเสริมปลาแห้ง

ชมทอง โมริตา¹ มนูญญา คำวชิระพิทักษ์^{2*}

Received : July 7, 2022

Revised : April 20, 2023

Accepted : April 28, 2023

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวรสหม่าล่าเสริมปลาแห้ง เพื่อเป็นทางเลือกของอาหารผสมผสานวัฒนธรรมที่มีเสริมคุณค่าทางด้านโภชนาการจากปลา โดย 1) ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของผงหม่าล่าต่อปลาสร้อยอบแห้งผง 3 ระดับคือ 65 ต่อ 35, 50 ต่อ 50 และ 25 ต่อ 75 โดยน้ำหนัก จากผลทดสอบทางประสาทสัมผัสในคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ระดับความเผ็ด เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมพบว่าสูตรที่ได้คะแนนในการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด คือ สูตรที่ 3 (25:75) โดยได้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ด้านรสชาติ ระดับความเผ็ด ด้านเนื้อสัมผัสและด้านความชอบโดยรวมเท่ากับ 7.35 ± 1.22 , 6.90 ± 1.32 , 7.19 ± 1.22 , 7.22 ± 1.05 , 7.00 ± 1.15 , 7.35 ± 1.19 และ 7.51 ± 1.12 , ตามลำดับ และวิเคราะห์คุณภาพค่าสีพบว่า ค่าความสว่าง L^* , ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เท่ากับ 3.78, 2.87 และ 5.85 ตามลำดับ มีความชื้นร้อยละ 4.69 2) ศึกษาอัตราส่วนปลาข้าวสารทอดตัวเล็กทดแทนสร้อยอบแห้งผงในผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวรสหม่าล่าที่ 3 ระดับ คือ 100 ต่อ 0, 85 ต่อ 15 และ 70 ต่อ 30 โดยน้ำหนัก พบว่า สูตรที่ได้คะแนนในการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด คือ สูตรที่ 3 (70 ต่อ 30) ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ด้านรสชาติ ระดับความเผ็ด ด้านเนื้อสัมผัสและด้านความชอบโดยรวมเท่ากับ 7.20 ± 1.10 , 7.10 ± 1.21 , 7.02 ± 1.00 , 7.34 ± 1.18 , 7.30 ± 1.12 , 7.08 ± 1.12 และ 7.54 ± 1.10 ตามลำดับ และจากการวิเคราะห์คุณภาพด้านสี มีค่าสี L^* (ค่า ความสว่าง), a^* (ค่าความเป็นสีแดง) และ b^* (ค่าความเป็นสีเหลือง) เท่ากับ 44.78, 9.60 และ 4.13 ตามลำดับ มีปริมาณความชื้นร้อยละ 6.63 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก และค่ากิจกรรมของน้ำ (a_w) เท่ากับ 0.54 ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากปลา (มผช. 1605/2565)

คำสำคัญ: ปลาข้าวสาร ปลาสร้อย ปลาแห้งผง ผงโรยข้าว รสหม่าล่า

¹ นักศึกษา หลักสูตรคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

² รองศาสตราจารย์ ดร. ประจำหลักสูตรคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

อีเมล: manunya@vru.ac.th

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: manunya@vru.ac.th

DEVELOPMENT OF RICE SEASONING (FURIKAKE): MALA FLAVORED SUPPLEMENTED WITH DRIED FISH

Kimthong Morida¹ Manunya Khamwachiraphitak^{2*}

Abstract

The objective of this research was to develop a product of rice seasoning (Furikake): Mala flavored supplemented with dried fish to provide a fusion food and cultures with added nutritional value from fish. 1) The optimum ratio of Mala powder to Pla-Soi dried fish was studied at 65:35, 50:50 and 25:75. The results of the sensory evaluation shown that the formula 3 (25:75) received the most sensory on acceptance, color, smell, spiciness, texture and overall acceptable score were 7.35 ± 1.22 , 6.90 ± 1.32 , 7.19 ± 1.22 , 7.22 ± 1.05 , 7.00 ± 1.15 , 7.35 ± 1.19 and 7.51 ± 1.12 , respectively. The L^* , a^* and b^* values of the product were 37.81, 2.87, 5.85, respectively, 4.69% moisture (w/w). 2) the optimum ratio of using Pla-Khaw San small fried rice fish instead of Pla-Soi dried fish was studied in products at 100:0, 85:15 and 70:30. The formula that received the most sensory acceptance score was Formula 3 (70:30) which received sensory acceptance scores on appearance, color, smell, spiciness, texture and preference were 7.20 ± 1.10 , 7.10 ± 1.21 , 7.02 ± 1.00 , 7.34 ± 1.18 , 7.30 ± 1.12 , 7.08 ± 1.12 and 7.54 ± 1.10 , respectively. The L^* , a^* and b^* values of the product were 44.78, 9.60, 4.13, respectively, 6.63% moisture (w/w) and a_w was 0.85, within the criteria that define the community product standard rice seasoning (Furikake) with dried fish (Thai Community Product Standard No.1605/2565)

Keywords: Pla-Khaw San Fish, Pla-Soi Fish, Dried fish powder, Rice Seasoning-Furikake, Mala Flavored

¹ Undergraduate student, Home economics Program, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage

² Associate Professor Dr., Home economics Program, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, e-mail: manunya@vru.ac.th

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

บทนำ

จากการผสมผสานของวัฒนธรรมทางด้านอาหาร ทำให้เกิดการประยุกต์และดัดแปลงอาหารเกิดเป็นนวัตกรรมด้านอาหารมากมายเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค ไม่ว่าจะเป็นความแปลกใหม่ ช่วยเพิ่มความสะดวกในครัวเรือน หรือประหยัดเวลาในการปรุงอาหาร หนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่กำลังได้รับความนิยมในปัจจุบันคือ ผงโรยข้าว หรือที่ชาวญี่ปุ่นเรียกกันว่า “ฟูริเคะเคะ (Furikake)” เป็นเครื่องปรุงรสที่มีส่วนผสมของงา สาหร่าย เนื้อปลาแห้ง ปลาตัวเล็กแห้ง และเกลือ (เพ็ญขวัญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิตา รัตนานนท์, 2565) ซึ่งหากเทียบกับอาหารไทยประเภทน้ำพริกที่มีลักษณะแห้งเป็นอีกหนึ่งประเภทที่คนไทยคุ้นเคย เช่น น้ำพริกสวรรค์ น้ำพริกนรกและน้ำพริกปลาฟู เป็นต้น ผงโรยข้าวของชาวญี่ปุ่นโดยทั่วไปจะประกอบด้วยส่วนผสมของปลาแห้ง งา สาหร่ายสับ น้ำตาล เกลือและโมโนโซเดียมกลูตาเมต รวมทั้งส่วนผสมที่มีรสชาติอื่นๆ เช่น ขึ้นปลาแหลมอนท์ แซ่เอ็กแซ่ง ชิโอะ โซ มิโซะผงและผัก เป็นต้น ซึ่งนอกจากจะใช้โรยบนข้าวสวยเพื่อรับประทานแล้ว ยังมีวิธีนำมาทำให้อาหารอร่อยมีรสชาติและสีส้มมากขึ้น โดยมักถูกนำมาปรุงเพิ่มลงในส่วนผสม เช่น การนำมาคลุกกับข้าวปั้นหรือโรยแต่งหน้าอาหารอื่นๆ ได้อีกหลายอย่างตามความคิดสร้างสรรค์ สำหรับประเทศไทยที่ผ่านมามีนักวิจัยจำนวนมากให้ความสนใจในการพัฒนาผงโรยข้าวในรูปแบบหรือรสชาติด่าง ๆ เช่น ผงโรยข้าวเสริมบิวยตอง ตกเกรต (หทัยทิพย์ นิมิตรเกียรติไกล และคณะ, 2562) ผงโรยข้าวจากถั่วเหลืองหมักพื้นบ้าน (สุริวรรณ ราชสม และคณะ, 2563) ผงโรยข้าวปลาเสริมสาหร่ายพวงอุ้งนอบแห้ง (อรอนงค์ ศรีพาทกุล และคณะ, 2564) หรือผงโรยข้าวจากปลาสด (รจนา นุชนุ่ม, 2551) ผงโรยข้าวรสทุเรียนจากปลานิลจิตรลดากรมควั่นร้อนป่น (อติตา ชนะสิทธิ์, 2554) ผงโรยข้าวจากปลาผสมหนังปลากะพงขาวทอดกรอบ (นพรัตน์ มะเห และคณะ, 2564) เป็นต้น ซึ่งล้วนเป็นการสร้างความมั่นคงทางอาหารทั้งในแง่ของคุณค่า และมูลค่าของทรัพยากรที่มีในท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์และสอดคล้องกับยุคสมัยและความนิยมบริโภคของคนไทยในมุมมองของการผสมผสานวัฒนธรรม

หม่าล่า (Mala) เป็นหนึ่งในเครื่องปรุงรสที่ใกล้เคียงที่มีเอกลักษณ์เฉพาะ โดยมีฮวาเจียว (Hua-jiao) หรือขงเจียว ที่แปลว่าพริกเสฉวน (Sichuan pepper, Szechuan pepper) เป็นส่วนประกอบสำคัญที่ทำให้หม่าล่ามีรสชาติดอกๆ ขาๆ ลิ้นนิยมในประเทศจีน แพร่หลายและได้รับความนิยมในประเทศไทยผ่านอาหารปิ้งย่าง สุกี้และชาบู สมุนไพรของไทยที่มีเชื้อสายเดียวกันกับฮวาเจียว คือ มะแขว่น เครื่องเทศของทางเหนือ ซึ่งสารสกัดจากก้านมะแขว่นและเมล็ดมะแขว่นมีปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์สูง มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยสารสกัดมีความสัมพันธ์โดยตรงกับสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฟลาโวนอยด์ที่เพิ่มขึ้น (สุวดี โพธิ์วิจิตร และคณะ, 2562) มีสรรพคุณช่วยขับลมในกระเพาะอาหาร กระตุ้น การเคลื่อนไหวของลำไส้ ผู้วิจัยได้พัฒนาเครื่องพริกแกงหม่าล่า โดยมีส่วนผสมของเครื่องพริกแกงหม่าล่า คือ พริกฮวาเจียว พริกไทยดำ พริกขี้หนูแห้ง พริกป่น ยี่หระ กระเทียม ชিং ผงพะโล้ เกลือ น้ำตาลทรายแดงซีอิ๊วขาว ซอสสอยซิน และ น้ำมันมะกอก (อิสรา ปวกพรมมา และคณะ, 2563) และจึงมีแนวคิดนำมาต่อยอดผลิตภัณฑ์ผสมผสานในแนวคิดอาหารผสมผสานวัฒนธรรมให้เกิดเป็นลักษณะของผงโรยข้าวกลั่นรสหม่าล่าเสริมปลาแห้งเสริมโภชนาการจากปลาแห้งของไทย 2 ชนิดคือ ปลาสร้อยผงและปลาข้าวสารขนาดเล็กแห้งทอดกรอบ เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวรสหม่าล่าเสริมปลาแห้งที่ได้รับการพัฒนาให้มีคุณค่าโปรตีนสูงและแคลเซียมสูง โดยบทนิยาม ผงโรยข้าวจากปลา (มผช. 1605/2565) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเนื้อปลาที่สดหรือแห้ง และอยู่ในสภาพดี มาล้างให้สะอาด แล้วทำให้สุก อาจทำให้มีขนาดเล็กลง ผสมส่วนผสมอื่น เช่น สาหร่าย งา เครื่องเทศ สมุนไพร ปรุงรส

ด้วยเครื่องปรุงรส เช่น น้ำตาล เกลือ ผงปรุงรส ซอส ซีอิ๊วขาว แล้วนำมาผ่านกระบวนการทำแห้ง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2565)

ปลาสร้อยแห้งรมควัน เป็นวัตถุดิบที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย สามารถพบเห็นได้ตามท้องตลาดทั่วไปใน รูปแบบของน้ำพริกมีต้นทุนที่ถูกและหาซื้อง่าย และคุณค่าทางโภชนาการที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ปลาสร้อยเป็น ปลาน้ำจืดขนาดเล็กสกุลหนึ่ง จัดอยู่ในวงศ์ปลาตะเพียน (*Cyprinidae*) ปลาสร้อยขาว (*Henicorhynchus siamensis*) พบมากในทุกภูมิภาคของประเทศไทยและเป็นปลาเศรษฐกิจสำคัญชนิดหนึ่ง เนื่องจากพบจำนวนมากเป็นปลาขนาดเล็กแพร่กระจายทั่วไปตามแม่น้ำและอ่างเก็บน้ำของกลุ่มน้ำโขงและเจ้าพระยา (สันติ พ่วงเจริญ , 2556) โดยเฉพาะในฤดูฝน นิยมจับมารับประทาน และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ปลาต่างๆ เช่น ปลาร้า ปลาสาม และปลาดุกแห้ง เป็นต้น ส่วนปลาข้าวสารเป็นปลาในตระกูลของปลากระดัก (*Stolephorus spp.*) เป็นปลาผิวน้ำขนาดเล็กที่มีการแพร่กระจายประเทศไทยสามารถส่งออกปลาข้าวสารตากแห้งขายต่างประเทศ เช่น ประเทศจีน และญี่ปุ่น ซึ่งเป็นที่นิยมของผู้บริโภคในทั้งสองประเทศอย่างมาก คนไทยส่วนใหญ่นิยมนำมาข้าวสารตากแห้งมาทอดและปรุงรสโดยใส่เกลือและน้ำตาล รับประทานกับข้าวต้ม ปลาข้าวสารเป็นปลาที่มีแคลเซียมสูง ควรแก่การสนับสนุนส่งเสริมอาชีพ (ชุดิณณภรณ์ ทับทิมเชียม และนัฐนันท์ ทวีรัตนธนนท์, 2551)

จากเหตุผลข้างต้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการผสมผสานวัฒนธรรมให้เกิดเป็นลักษณะของผงบรุษข้าว กลิ่นรสหม่าล่าเสริมปลาแห้ง ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะอุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการจากปลาโดยเฉพาะโปรตีน และแคลเซียมปรุงรสชาติให้ทันสมัยด้วยกลิ่นรสหม่าล่า ในรูปแบบที่เข้าถึงผู้บริโภคที่เป็นกลุ่มคนรุ่นใหม่มากขึ้น ทั้งในเรื่องของรสชาติและภาพลักษณ์ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยเพิ่มโอกาสทางการตลาดและเพิ่มทางเลือกให้ผู้บริโภค และยังเป็นการสร้างความมั่นคงทางอาหาร และเพิ่มมูลค่าวัตถุดิบท้องถิ่นปลาแห้งของประเทศให้เพิ่มขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ผงบรุษข้าวรสหม่าล่าเสริมปลาแห้งโดย

1. ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของผงบรุษข้าวต่อปลาสร้อย
2. ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้ปลาข้าวสารทดแทนปลาสร้อยในของผลิตภัณฑ์ผงบรุษข้าว

รสหม่าล่าเสริมปลาแห้ง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมส่วนผสมในการผลิตผงบรุษข้าวรสหม่าล่า

1.1 การเตรียมส่วนผสมผงบรุษข้าว

ส่วนผสมของเครื่องพริกแกงหม่าล่า (ดัดแปลงจากอิสรา ปวกพรหมมา และคณะ, 2563) นำมาผลิตเป็นผงบรุษข้าว โดยมีส่วนผสมของพริกฮวาเจียว พริกไทยดำ พริกขี้หนูแห้ง พริกป่น ยี่หระ กระเทียม ขิง ผงพะโล้ เกลือ น้ำตาลทรายแดง ซีอิ๊วขาว ซอสหอยนางรม และ น้ำมันพืช มีวิธีการผลิตคือนำส่วนผสมที่เป็นของแห้ง ได้แก่ พริกไทยดำ พริกขี้หนูแห้ง พริกป่น ลูกผักชี ยี่หระ พริกฮวาเจียว พริกป่น ละเอียด ผงพะโล้ มาคั่วให้เกิดกลิ่นหอมด้วยเตาแม่เหล็กไฟฟ้า (Cuizimate รุ่น ZGM/RBSIH18NEW2 ประเทศจีน) ควบคุมอุณหภูมิด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 นาที แล้วนำมาปั่นละเอียดจนเป็นผงด้วยเครื่องปั่นของแห้ง (Philips รุ่น HR2061, ประเทศจีน) ที่ความแรงระดับ 3 จากนั้นนำกระเทียมและขิงลงผสม ปั่นต่อเนื่อง 3 นาที นำส่วนผสมที่ได้มาผสมกับส่วนผสมที่เป็นของเหลว ได้แก่ ซีอิ๊วขาว ซอสหอยนางรม

ทั้งหมดให้เข้ากัน เติมน้ำตาลทรายและเกลือได้เป็นเครื่องพริกแกงหม่าล่า จากนั้นนำเครื่องพริกแกงหม่าล่าที่ได้ นำมาคั่วให้ส่วนผสมของพริกแกงหม่าล่าทั้งหมดเกิดกลิ่นหอมด้วยเตาแม่เหล็กไฟฟ้าควบคุมอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที

1.2 การเตรียมปลาสร่อยอบแห้งผงและปลาข้าวสารขนาดเล็กทอด

ปลาสร่อยที่ซื้อมาจากตลาดไทย จังหวัดปทุมธานี มาแกะเอาแต่เนื้อออกมา โขลกจนป่นและ นำมาผัดกับน้ำมันพืชที่เตรียมไว้ด้วยเตาแม่เหล็กไฟฟ้าควบคุมอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที เพื่อให้เกิดกลิ่นหอมของปลา

นำปลาข้าวสารขนาดเล็กที่ผ่านการตากแห้งมาทอดที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที ให้สุกและกรอบ พักสะเด็ดน้ำมัน ก่อนนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาทีเพื่อไล่ความชื้นและความชื้น เพื่อให้ตัวปลาข้าวสารทอดกรอบนาน

1.3 การเตรียมงาขาวและสาหร่าย นางาขาว มาคั่วเป็นเวลา 1 นาที ด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสให้สุก สาหร่ายทะเล นำมาตัดเป็นท่อนสั้น ลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดความกว้างประมาณ 3 มิลลิเมตร ความยาว 2 เซนติเมตร

2. กรรมวิธีการผลิตผงโรยข้าว

นำส่วนผสมของพริกแกงหม่าล่ามาคลุกเคล้าให้เข้ากันกับปลาสร่อยอบแห้งผงและ/หรือ ปลาข้าวสาร ขนาดเล็กทอดที่เตรียมไว้ตามสูตรให้เข้ากัน จากนั้นปรุงรสด้วยกระเทียมโลกละเอียดและขิงโขลกละเอียด น้ำตาลทราย เกลือ ซีอิ๊วขาว ซอสหอยนางรม ผสมส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากัน เกลี่ยใส่ถาดให้กระจายทั่ว นำเข้า ตู้อบลมร้อนแบบถาดเพื่อไล่ความชื้นโดยใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที (ดัดแปลงจาก เปล่งสุรีย์ หิรัญตระกูล, 2546) นำมาร่อนผ่านกระชอน 1 ครั้ง ก่อนนำเข้าตู้อบลมร้อนต่ออีก 5 นาที ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เพื่อไล่ความชื้นออกอีกรอบ จากนั้นนำมาผสมกับปลาข้าวสารทอด งาขาวคั่ว และสาหร่ายได้ เป็นผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าว

3. การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของพริกแกงหม่าล่าต่อปลาสร่อย

ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของพริกแกงหม่าล่าต่อปลาข้าวสร่อยอบแห้งผงที่ 3 ระดับ คือ 65 ต่อ 35 (สูตรที่ 1), 50 ต่อ 50 (สูตรที่ 2) และ 35 ต่อ 75 (สูตรที่ 3) โดยน้ำหนัก นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ถูกประเมินคุณภาพ ดังต่อไปนี้

3.1 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ระดับความเผ็ด เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสจำนวน 2 จำ ซึ่งใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 25 คน โดยใช้เกณฑ์การทดสอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) คือ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด เพื่อคัดเลือกสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด

3.2 การวิเคราะห์ค่าสี โดยวัดค่าสี L^* (ค่าความสว่าง), a^* (ความเป็นสีแดง) และ b^* (ความเป็นสีเหลือง) ด้วยเครื่องวัดค่าสี (Konica Minolta, รุ่น CR-400, ประเทศญี่ปุ่น)

3.3 การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นด้วยเครื่อง Moisture Analyzer (Sartorius รุ่น MA37, ประเทศ Germany)

3.4 การวัดค่า a_w ของตัวอย่างด้วยเครื่องวัดค่า Water activity (ยี่ห้อ Novasina รุ่น LabSwift-aw ประเทศสหรัฐอเมริกา) โดยนำตัวอย่าง 3 กรัมบดใส่ในถ้วยตัวอย่าง นำตัวอย่างใส่ในช่องวัดค่า ปิดช่องใส่ตัวอย่าง จากนั้นรอนจนเครื่องมือเสถียร อ่านค่า a_w จากจอแสดงผล

4. การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้ปลาข้าวสารตัวเล็กทอดกรอบทดแทนปลาสร้อยผงในของผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวรสหม่าล่า

จากสูตรผงโรยข้าวรสหม่าล่าที่คัดเลือกได้จากข้อ 3 นำมาศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้ปลาข้าวสารตัวเล็กทอดกรอบทดแทนปลาสร้อยในของผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวรสหม่าล่าที่ 3 ระดับ คือ 100 ต่อ 0 (สูตรที่ 1), 85 ต่อ 15 (สูตรที่ 2) และ 70 ต่อ 30 (สูตรที่ 3) จากนั้นนำตัวอย่างไปทดสอบทางประสาทสัมผัส และวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ เช่นเดียวกับข้อ 3 และค่ากิจกรรมของน้ำ (Water activity, a_w)

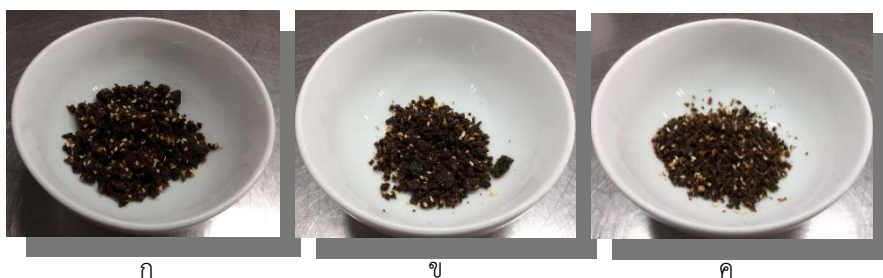
5. การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ

การทดลองนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (Randomized Completely Block Design, RCBD) สำหรับการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส และการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) สำหรับลักษณะการวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมี วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยทดสอบความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan New Multiple Range's Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของผงหม่าล่าต่อปลาสร้อยผง

ลักษณะของผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวรสหม่าล่าที่มีอัตราส่วนของผงหม่าล่าต่อปลาสร้อยอบแห้ง ที่แตกต่างกัน 3 สูตร แสดงดังภาพที่ 1 และผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสและคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ แสดงในตารางที่ 1



ก

ข

ค

ภาพที่ 1 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวรสหม่าล่าที่มีอัตราส่วนของผงหม่าล่าต่อปลาสร้อยอบแห้งต่างกัน

คือ (ก) 65 ต่อ 35 (สูตรที่ 1), (ข) 50 ต่อ 50 (สูตรที่ 2) และ (ค) 25 ต่อ 75 (สูตรที่ 3)

ตารางที่ 1 คะแนนความชอบ และคุณภาพทางเคมีกายภาพของผงโรยข้าวรสหม่าล่าที่มีอัตราส่วนของผงหม่าล่าต่อพลาสติกย่อยสลายที่แตกต่างกัน

คุณภาพ	อัตราส่วนของผงหม่าล่าต่อพลาสติกย่อยสลาย		
	สูตรที่ 1 65 ต่อ 35	สูตรที่ 2 50 ต่อ 50	สูตรที่ 3 25 ต่อ 75
คุณลักษณะ			
ลักษณะปรากฏ	6.22±1.30 ^b	6.74±1.36 ^b	7.35±1.22 ^a
สี ^{ns}	6.45±1.15	6.67±1.16	6.90±1.32
กลิ่น	6.45±1.28 ^b	6.77±1.20 ^b	7.19±1.22 ^a
รสชาติ ^{ns}	6.87±1.75	6.87±1.45	7.22±1.05
ความเผ็ด ^{ns}	6.67±1.32	6.90±1.22	7.00±1.15
เนื้อสัมผัส	6.51±1.23 ^b	6.58±1.58 ^b	7.35±1.19 ^a
ความชอบโดยรวม	6.83±1.06 ^b	7.19±1.22 ^b	7.51±1.12 ^a
ค่าสี			
L^{*ns}	38.20±1.18	39.34±4.72	37.81±1.39
a^{*ns}	4.25±0.18	2.82±1.16	2.87±1.05
b^{*ns}	6.38±0.45	7.29±0.72	5.85±1.13
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	4.75±1.07 ^a	4.69±0.98 ^a	3.43±0.53 ^b

หมายเหตุ ^{a b c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 1) พบว่า ปริมาณพริกแกงหม่าล่ามีผลต่อผลิตภัณฑ์โดยสูตรที่มีอัตราส่วนของผงหม่าล่าต่อพลาสติกย่อยสลายเท่ากับ 25 ต่อ 75 (สูตรที่ 3) ได้รับความชอบมากที่สุดของคุณลักษณะทางด้านปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส และด้านความชอบโดยรวมมากที่สุด ($P < 0.05$) รองลงมาคือ สูตรที่ 2 และสูตรที่ 1 (อัตราส่วนของผงหม่าล่าต่อพลาสติกย่อยสลายเท่ากับ 50 ต่อ 50 และ 65 ต่อ 35 ตามลำดับ) ส่วนคุณลักษณะด้านสี รสชาติ และระดับความเผ็ดของทั้งสามสูตรนั้นมีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่หากดูจากแนวโน้มค่าคะแนนจะพบว่าสูตรที่ 3 มีคะแนนความชอบด้านสี รสชาติ และระดับความเผ็ดมากกว่าสูตรที่ 2 และสูตรที่ 1 เมื่อเพิ่มปริมาณพริกแกงหม่าล่าซึ่งมีกลิ่นเฉพาะ อาจทำให้กลิ่นเข้มข้นเกินไป เป็นผลให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นลดลง และการเพิ่มปริมาณพลาสติกย่อยสลายทำให้ผลิตภัณฑ์ร่วน กระเจายาวได้ดีขึ้น จึงส่งผลให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ และเนื้อสัมผัส ในสูตรที่มีปริมาณพลาสติกย่อยมากกว่าได้คะแนนความชอบมากกว่าเช่นกัน นอกจากนั้นค่าสีของผงโรยข้าวรสหม่าล่าทั้งสามสูตรยังไม่มีแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวรสหม่าล่า สูตรที่ 1

และสูตร 2 มากกว่าสูตรที่ 3 เนื่องจากในส่วนผสมของเครื่องพริกแกงหม่าล่ามีปริมาณของเหลวอยู่ เมื่อลดปริมาณของเครื่องพริกแกงหม่าล่าลง จึงส่งผลให้ความชื้นในผลิตภัณฑ์ลดลงด้วย

นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวรสหม่าล่าเสริมปลาแห้งมีสีเข้มเฉพาะตัวที่เกิดได้จากเครื่องปรุงรสที่เป็นส่วนผสมในพริกแกงหม่าล่ารวมถึงปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ระหว่างการปรุงอาหาร และส่วนประกอบและกรรมวิธีการผลิตผงหม่าล่าและมีการใช้ความร้อนแห้ง ทำให้การเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น เนื่องจากในส่วนผสมของพริกแกงหม่าล่ามีสีน้ำตาลและมีองค์ประกอบของโปรตีน น้ำตาล และน้ำ เมื่อใช้ความร้อนขณะคั่ว ทำให้สารต่างๆ มีความเข้มข้นสูงขึ้นจึงเร่งให้ปฏิกิริยาเมลลาร์ดเกิดเร็วขึ้นซึ่งเมลลาร์ดจะเกิดขึ้นทันทีในที่อุณหภูมิสูง การสูญเสียน้ำออกจากโมเลกุลของน้ำตาลจะเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด ปริมาณน้ำสูงสุดสำหรับปฏิกิริยาเมลลาร์ดคือ ประมาณร้อยละ 30 อย่างไรก็ตามในกระบวนการคั่วที่อุณหภูมิ และอบระเหยน้ำทำให้สี กลิ่น และรสชาติที่ดี (นิธิยา รัตนานนท์, 2563) ซึ่งในพริกแกงหม่าล่ามีสารให้กลิ่นที่ระเหยได้หลายชนิด ทำให้อาหารมีกลิ่นและรสชาติ มีกลิ่นหอมของพริกฮวาเจียวแสดงถึงเอกลักษณ์ของหม่าล่า (อิสรา ปวกพรหมมา และคณะ, 2563) แต่ด้วยรสชาติของพริกแกงหม่าล่าที่เข้มข้น ดังนั้นในอัตราส่วนที่มีปริมาณพริกแกงหม่าล่ามากเกินไปลักษณะจะคล้ายกับน้ำพริกแห้ง และมีรสชาติเข้มข้นเกินไป (สูตรที่ 1 และ 2) จึงไม่เหมาะกับการนำมาทำเป็นผงโรยข้าว นอกจากนั้นในส่วนผสมที่มี งาขาวคั่ว และสาหร่ายทำให้เพิ่มรสชาติให้กับอาหาร ซึ่งผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวที่มีส่วนประกอบของผักและสมุนไพรที่จะช่วยเพิ่มรสชาติให้กับอาหาร ช่วยเพิ่มกลิ่นรสและกระตุ้นความอยากอาหาร เหมาะสมกับสังคมสูงวัย เพื่อให้ผู้สูงอายุสามารถรับประทานอาหารได้อร่อยขึ้น (สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2566) โดยเครื่องปรุงรสที่ได้จากพืชและเครื่องเทศร้อนสามารถทดแทนโซเดียม ส่งผลต่อการยอมรับที่ดีของผู้บริโภคที่ดี (Taladrid, et al., 2020)

ดังนั้นโดยสรุปจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส และจากการวิเคราะห์คุณภาพด้านเคมีกายภาพ จึงเลือกสูตรที่ 3 ซึ่งมีอัตราส่วนของเครื่องพริกแกงหม่าล่าต่อปลาสร่อยอบแห้งผง เท่ากับ 25 ต่อ 75 เป็นสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวรสหม่าล่า เนื่องจากได้รับคะแนนเฉลี่ยความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลาง และผู้ทดสอบให้การยอมรับด้านลักษณะปรากฏ และ กลิ่น มากกว่าสูตรอื่น โดยคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงสุดด้านลักษณะปรากฏเท่ากับ 7.35 ด้านสีเท่ากับ 6.09 ด้านกลิ่นเท่ากับ 7.19 ด้านรสชาติเท่ากับ 7.22 ด้านระดับความเผ็ดเท่ากับ 7.00 ด้านเนื้อสัมผัสเท่ากับ 7.35 ด้านความชอบโดยรวมเท่ากับ 7.51 อยู่ในช่วงชอบปานกลาง ค่าความสว่าง L^* , ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เท่ากับ 3.78, 2.87 และ 5.85 ตามลำดับ มีความชื้นร้อยละ 4.69

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่าคะแนนความชอบด้านสีของสูตรที่ 3 ผู้วิจัยจึงพัฒนาต่อโดยใช้ปลาข้าวสารมาทดแทนปลาสร่อยบางส่วน เนื่องจากปลาข้าวสารมีข้อดี คือ เป็นปลาขนาดเล็ก สามารถบริโภคได้ทั้งตัวทำให้ได้แคลเซียมจากกระดูกปลา และการเห็นลักษณะปลาเป็นชิ้นจะทำให้ดูมีมูลค่าเพิ่มขึ้น เป็นการพัฒนาด้านคุณค่าทางโภชนาการ และลักษณะปรากฏ โดยผู้วิจัยจึงเลือกผลิตภัณฑ์สูตรผงโรยข้าว สูตรที่ 3 ซึ่งมีอัตราส่วนของเครื่องพริกแกงหม่าล่าต่อปลาสร่อยอบแห้ง เท่ากับ 25 ต่อ 75 เป็นสูตรควบคุมในการนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

2. การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้ปลาข้าวสารทอดทดแทนปลาสร้อยผงในของผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวรสหม่าล่า

จากสูตรผงโรยข้าวที่ผ่านการคัดเลือกซึ่งมีอัตราส่วนของผงหม่าล่าต่อปลาสร้อยอบแห้งผง เท่ากับ 25 ต่อ 75 ถูกนำมาพัฒนาต่อโดยนำปลาข้าวสารอบกรอบทดแทนในปลาสร้อยป่นอบแห้ง ลักษณะทางกายภาพของปลาสร้อยผง และ ปลาข้าวสารทอด มีลักษณะปรากฏแสดงดังภาพที่ 2



ก



ข

ภาพที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของ (ก) ปลาสร้อยผง และ (ข) ปลาข้าวสารทอด

เมื่อนำปลาข้าวสารทอดทดแทนปลาสร้อยผงในของผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวรสหม่าล่าได้แสดงดังภาพที่ 3 และผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ดังตารางที่ 2



ก



ข



ค

ภาพที่ 3 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวรสหม่าล่า

ที่มีอัตราส่วนของปลาสร้อยอบแห้งผงต่อปลาข้าวสารทอดต่างกัน

คือ (ก) 100 ต่อ 0 (สูตรที่ 1), (ข) 85 ต่อ 15 (สูตรที่ 2) และ (ค) 70 ต่อ 30 (สูตรที่ 3)

โดยเมื่อพิจารณาจากลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ในภาพที่ 3 พบว่า ผลิตภัณฑ์มีลักษณะร่วนกระจายตัว และมีตัวปลาข้าวสาร และทำให้ดูสว่างกว่าสูตรอื่นเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับค่าสี (ตารางที่ 2) โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าความสว่างโดยในสูตรที่ 3 มีค่ามากกว่าสูตรที่ 2 และสูตรที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) สำหรับการทดสอบชิมพบว่า การทดแทนปลาสร้อยอบแห้งผงด้วยปลาข้าวสารทั้งสามสูตรในอัตราส่วนร้อยละ 0 - 30 ผู้ทดสอบชิมมีความชอบในทุกลักษณะไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาแนวโน้มค่าคะแนน พบว่า สูตรที่ 3 (70 ต่อ 30) มีลักษณะปรากฏ รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มากกว่าการทดแทนปลาสร้อยอบแห้งผงต่อปลาข้าวสารทอดที่อัตราส่วน 85 ต่อ 15 และ 100 ต่อ 0

ตารางที่ 2 คะแนนความชอบและคุณภาพทางเคมีกายภาพและเคมีของผงโรยข้าวรสหม่าล่าเสริมปลาแห้ง ที่มีอัตราส่วนของปลาสร้อยป่นอบแห้งผงต่อปลาข้าวสารขนาดเล็กทอดที่ต่างกัน

คุณภาพ	อัตราส่วนของปลาสร้อยอบแห้งต่อปลาข้าวสารขนาดเล็กทอด		
	สูตรที่ 1 100 ต่อ 0	สูตรที่ 2 85 ต่อ 15	สูตรที่ 3 70 ต่อ 30
คุณลักษณะ			
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	6.98±1.11	7.16±1.16	7.20±1.10
สี ^{ns}	7.02±1.03	7.14±1.19	7.10±1.21
กลิ่น ^{ns}	7.10±1.32	7.30±1.35	7.02±1.00
รสชาติ ^{ns}	7.02±1.28	7.06±1.15	7.34±1.18
ความเผ็ด ^{ns}	7.42±1.45	7.38±1.35	7.08±1.12
เนื้อสัมผัส ^{ns}	7.06±1.33	6.88±1.30	7.08±1.12
ความชอบโดยรวม ^{ns}	7.36±1.12	7.38±1.04	7.54±1.00
ค่าสี			
<i>L</i> [*]	42.03±0.59 ^b	42.47±0.61 ^b	44.78±0.01 ^a
<i>a</i> [*]	9.25±0.04 ^b	6.97±0.02 ^b	9.60±0.06 ^a
<i>b</i> [*]	4.32±0.01 ^a	3.98±0.03 ^c	4.13±0.05 ^b
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)			
	4.63±0.01 ^c	5.67±0.12 ^b	6.63±0.08 ^a
ค่า <i>a_w</i>	0.35±0.01 ^c	0.47±0.02 ^b	0.54±0.01 ^a

หมายเหตุ ^{a b c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เมื่อนำไปวัดปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ พบว่า ผงโรยข้าวรสหม่าล่าสูตรที่ 3 มีค่ามากกว่าสูตรที่ 2 และสูตรที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) สอดคล้องกับค่า α_w ที่วัดได้ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 4.63-6.63 และค่า α_w อยู่ระหว่าง 0.35-0.54 ซึ่งค่า α_w เป็นปัจจัยสำคัญในการคาดคะเนการเก็บรักษาอาหาร และเป็นตัวบ่งชี้ถึงความปลอดภัยในอาหาร ค่า α_w ของผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวรสหม่าล่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ผงโรยข้าวจากปลา (มผช.1605/2565) คือ ค่า α_w ไม่เกิน 0.6 แต่สูงกว่าค่า α_w ของผงโรยข้าวชนิดต่างๆ ในท้องตลาดที่มี ค่า α_w เท่ากับ 0.292-0.331 (นพรัตน์ มะเห และคณะ, 2564) โดยพบว่าสูตรที่มีปริมาณปลาข้าวสารมากกว่าจะมีค่าความชื้นในผลิตภัณฑ์มากกว่า ซึ่งหากเพิ่มเวลาในการทำแห้งปลาข้าวสารหลังทอดจะช่วยให้ความชื้นลดลงได้แต่อาจส่งผลต่อสีของปลาที่ได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้ง

ผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวมีลักษณะแห้ง โดยคิดเป็นอัตราส่วนผงหม่าล่าต่อปลาสร้อยผงต่อปลาข้าวสารทอด เท่ากับ 25 ต่อ 52.5 ต่อ 22.5 หรือคิดเป็นปริมาณปลาถึงร้อยละ 65 ของสูตรผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวรสหม่าล่าเสริมปลาแห้ง ผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวรสหม่าล่าเสริมปลาแห้งที่พัฒนาขึ้นนี้ มีลักษณะทั่วไปเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผงโรยข้าวจากปลา (มผช.1605/2565) คือ ต้องแห้ง ไม่จับตัวเป็นก้อน ค่า α_w ต้องไม่เกิน 0.6 ผลิตภัณฑ์ต้องมีสีดีตามธรรมชาติของผงโรยข้าวจากปลาและส่วนประกอบที่ใช้ กลิ่น และกลิ่นรสดีตามธรรมชาติของผงโรยข้าวจากปลาและส่วนประกอบที่ใช้ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2565) และสอดคล้องกับงานวิจัยสูตรผงโรยข้าวรสปลาจากปลานิลจิตรลดาที่ม้วนร้อนปนที่มีอัตราส่วนของผงบดข้าวยาและปลานิลจิตรลดาเท่ากับ 3 ต่อ 1 (อทิตา ชนะสิทธิ์, 2554) ผงโรยข้าวสำเร็จรูปจากบ้วยดองตกรกเกอร์ที่มีปลากรอบปนร้อยละ 73.6 (หทัยทิพย์ นิมิตรเกียรติไกล และคณะ, 2562) ผงโรยข้าวจากปลาสดที่มีเนื้อปลาสดอบแห้งร้อยละ 58.35 (รจนา นุชนุ่ม, 2551) ผงโรยข้าวปลาเสริมสาหร่ายพวงองุ่นโดยอบแห้งที่มีปลานวลจันทร์ทะเลหยอง 34 กรัม (อรอนงค์ ศรีพาทกุล และคณะ, 2564) ซึ่งมีค่า α_w เท่ากับ 0.34 ผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวจากหนังปลาทอดกรอบซึ่งเป็นแนวทางให้ผู้ผลิตได้เพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์กับผู้บริโภคมากขึ้น (นพรัตน์ มะเห และ คณะ, 2564) เช่น Winichagoon, et al., 2006 ที่พัฒนาผงปรุงรสเสริมธาตุอาหารรอง สังกะสี เหล็ก วิตามินเอ และโอโอติน เสริมพร้อมอาหารกลางวันในโรงเรียนของเด็กไทยในชนบททางไกล เพื่อลดภาวะโลหิตจางและการขาดธาตุอาหารรอง และในประเทศอินโดนีเซียมีการใช้ผงโรยข้าว Furikake Ulvamina จากสาหร่ายและปลาทูน่าวัตถุดิบพื้นเมือง เพื่อเป็นการใช้ประโยชน์ด้านสนับสนุนสุขภาพและภาวะโภชนาการ เป็นทางเลือกในการแก้ปัญหาจากอาหารธรรมชาติ สินค้าในการแก้ปัญหาเด็กขาดสารอาหาร เร่งพัฒนาการทางปัญญาสำหรับเด็กอายุต่ำกว่า 2 ปี ที่มีปัญหาภาวะทุพโภชนาการในอินโดนีเซีย (Sudargo, et al., 2020) นอกจากนั้นแนวโน้มในอนาคตของอาหารโซเดียมต่ำที่มีการผสมเครื่องปรุงรสจะได้รับความสนใจกับการยอมรับมากขึ้นในขั้นตอนต่าง ๆ ของการพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือสูตรอาหารอีกด้วย (Taladrid, et al., 2020) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องปรุงรสอูมามิจะมีบทบาทสำคัญในรสชาติอาหารโดยเฉพาะในอาหารเอเชีย และตลาดเครื่องปรุงรสทั่วโลกเพื่อคัดค้านผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสที่โดนใจผู้บริโภค (Zhu, et al., 2020)

สรุป

การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวรสหม่าล่าเสริมปลาแห้งโดยศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของผงหม่าล่าต่อปลาสร้อย พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมของผงหม่าล่าต่อปลาสร้อยอบแห้งผงในการผลิตเป็นผงโรยข้าวคือ 25 ต่อ 75 (สูตรที่ 3) และสำหรับอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้ปลาข้าวสารขนาดเล็กทอดทดแทนปลาสร้อยในที่เหมาะสมคือ 70 ต่อ 30 หรือคิดเป็นอัตราส่วนของผงหม่าล่าต่อปลาสร้อยผงต่อปลาข้าวสารขนาดเล็กทอดเท่ากับ 25 ต่อ 52.5 ต่อ 22.5 หรือคิดเป็นปริมาณปลาถึงร้อยละ 65 ของสูตรผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าว ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะร่วน กระจายตัว ไม่จับตัวเป็นก้อน และตัวปลาข้าวสารทอดทำให้สีของผลิตภัณฑ์ดูสว่างกว่าชิ้นมีความชื้นร้อยละ 6.63 และค่า a_w เท่ากับ 0.54 อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผงโรยข้าวจากปลา (มพช. 1605/2565) ดังนั้นจึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นทางเลือกหนึ่งของผู้บริโภคที่ต้องการรับประทานอาหารเชิงผสมผสานหรือพวชนหรือนำไปประยุกต์ใช้เป็นส่วนผสมร่วมกับอาหารอื่น เช่น ผลิตภัณฑ์อาหารที่ต้องการเสริมโปรตีน ช่วยแก้ปัญหาทุพภาวะโภชนาการจากการขาดโปรตีนเนื่องจากมีส่วนผสมของปลาจึงทำให้สามารถเพิ่มคุณค่าทางด้านโภชนาการจากปลาและมีรสชาติที่สอดคล้องกับความนิยมการรับประทานอาหารที่มีรสชาติจัดของคนไทย

เอกสารอ้างอิง

- ชุติมณฑารมภ์ ทับทิมเขียว, และนัฐนันท์ ทวีรัตนธนนท์. (2551). รายงานการวิจัยเรื่องขนมขบเคี้ยวจากปลา. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล กรุงเทพฯ, กรุงเทพฯ.
- นพรัตน์ มะเห, ดลฤดี พิชัยรัตน์, และนัฐฐา คเชนทร์ภักดี. (2564). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าว (ฟูริคาเกะ) จากปลาหม่นหนึ่งปลากะพงขาวทอดกรอบ. วารสารวิทยาศาสตร์มข, 49(1), 30-39.
- นิธิยา รัตนานพนธ์. (2563). เคมีอาหารเบื้องต้น. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.
- เปล่งสุรีย์ ทิรัญตระกูล. (2546). พัฒนาผงปรุงรสสำเร็จรูปจากปลาโอลาย. สืบค้นจาก <https://www.car.chula.ac.th>
- เพ็ญขวัญ พรเฉลิมพงศ์, และนิธิยา รัตนานพนธ์. (2565). Furikake / ฟูริคะเคะ. สืบค้นจาก <https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2196>
- รจนา นุชนุ่ม. (2551). การพัฒนาผงโรยข้าว (ฟูริคาเกะ) จากปลาสด. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยศิลปากร. นครปฐม.
- หทัยทิพย์ นิมิตรเกียรติไกล, ตระกูล พรหมจักร, เนวิชญาณี วุฒินิธินันท์, และตรีสินธุ์ โพธารส. (2562). การพัฒนาผงโรยข้าวสำเร็จรูปจากบ้วยดอง. ว. วิทย. กษ, 50(2)(พิเศษ), 145-148.
- สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2566). การพัฒนากลิ่นรสในผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าว สำหรับผู้สูงอายุที่มีปัญหาการบดเคี้ยวและการกลืนอาหาร เพื่อช่วยรับประทานอาหารได้มากขึ้น. สืบค้นจาก <http://www.arda.or.th/datas/file/pdfgusto01.pdf>
- สันติ พ่วงเจริญ. (2556). ความหนาแน่นและองค์ประกอบอาหารของลูกปลาสร้อยขาว (Henicorhynchus siamensis de Beaufort, 1927) ในช่วงฤดูน้ำหลากของอ่างเก็บน้ำเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ จังหวัดลพบุรี. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง, 7(1), 61-69.

- สุวดี โพธิ์จิตร, ปิยานี รัตนขำนอง, อุดมลักษณ์ มาตย์สถิตย์, และวีระศักดิ์ อัครวงศ์อารยะ. (2562).
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ของสารสกัดจากสมุนไพร
ไทยพื้นบ้าน สะค้านและมะแขว่นในเขตท้องถิ่นภาคเหนือ. **Research Journal Rajamangala
University of Technology Thanyaburi**, 18(1), 25-38.
- สุริวรรณ ราชสม, ณัฐวิภา สีลำ และ สุทธิดา ทากอนแก้ว. (2563). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสและผงโรย
ข้าวจากถั่วเหลืองหมักพื้นบ้าน. **วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร**, 14(2), 173-181.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2565). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผงโรยข้าวจากปลา
(มผช.1605/2565)**. สืบค้นจาก [https:// tcps1605_65\(ผงโรยข้าวจากปลา\).pdf](https://tcps1605_65(ผงโรยข้าวจากปลา).pdf)
- อรอนงค์ ศรีพวงทกุล, มณฑาทิ ท้ามตัน, และประพัฒน์ กอสวัสดิ์พัฒน์. (2564). การพัฒนาผลิตภัณฑ์
ผงโรยข้าวปลาเสริมสาหร่ายพวงองุ่น. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย
ราชภัฏอุดรธานี**, 9(2), 69-82.
- อทิศา ชนะสิทธิ์. (2554). การพัฒนาผงโรยข้าวรสสุกจากปลาสดจิตรลดารมควันร้อน. วิทยานิพนธ์
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
กรุงเทพฯ.
- อิสรา ปวกพรมมา, ธนพัชร์ ฐิติวัชรธนากุล, ปณณวิญญ์ ภัทรวิไชยวงศ์, และมนัญญา คำวชิระพิทักษ์.
(2563). การพัฒนาเครื่องพริกแกงหม่าล่าสำหรับผลิตภัณฑ์น้ำซุพหม่าล่าเข้มข้น. **วารสารวิจัย
และพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 16(1),
119-127.
- Sudargo, T., Isnansetyo, A., Puspita, I. D., Budiyaniti, S.A., Muslichah, R., Aristasari, T.,
Putri, S.R., Alfionita, K., and Pranoto, Y.A. (2020). Effects of Supplementation with
Furikake Ulvamina Made of Algae (*Ulva* sp.) and Tuna (*Thunnini*) on Cognitive
Function of Malnourished Mice (*Rattus norvegicus*). **Current Research in Nutrition
and Food Science**, 8(2), 550-555.
- Taladrid, D., Laguna, L., Bartolomé, B., and Victoria Moreno-Arribas, M. (2020). Plant-derived
seasonings as sodium salt replacers in food. **Trends in Food Science & Technology**,
99(1), 194-202. DOI:10.1016/j.tifs.2020.03.002.
- Winichagoon, P., McKenzie, J., Chavasit, V., Pongcharoen, T., Gowachirapant, S.,
Boonpradern, A., Manger, M. S., Bailey, K. B., Wasantwisut, E., Gibson, R. S. (2006).
A Multimicronutrient-Fortified Seasoning Powder Enhances the Hemoglobin, Zinc, and
Iodine Status of Primary School Children in North East Thailand: A Randomized
Controlled Trial of Efficacy. **The Journal of Nutrition**, 136(6), 1617-1623.
- Zhu, Y., Chen, Y.P., Ayed, C., Li, B. and Liu, Y. (2020). An on-line study about consumers'
perception and purchasing behavior toward umami seasonings in China. **Food
Control**, 110(1), 107037 DOI:10.1016/j.foodcont.2019.107037.

สถานการณ์ระบบเฝ้าระวังและกลไกการป้องกันควบคุมโรคติดต่อในชุมชนพื้นที่จุดผ่อนปรนเพื่อการค้า
ชายแดนไทย-เมียนมา อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย

ธนุศิลป์ สลืออ่อน¹ ภมรศรี อินทร์ชน^{2*} พิษณุรักษ์ กันทวิ³ อมรรัตน์ รัตตานัง⁴ ภัทรพล มากมี⁵
นรุตม์ชัย แก้วสอน⁶ ณรงค์ฤทธิ์ เงินทอง⁷ ว่าที่ ร.ต.วีระศักดิ์ หมีนมูลกา⁸ นรินทร์ สุริยนต์⁹ ณรงค์ ลือชา¹⁰

Received : December 11, 2022

Revised : April 22, 2023

Accepted : April 28, 2023

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed-methods research) ประเภทยานิพนธ์เชิงปริมาณ
นำงานวิจัยเชิงคุณภาพ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสถานการณ์ระบบเฝ้าระวังและกลไกการป้องกันควบคุม
โรคติดต่อในชุมชนพื้นที่จุดผ่อนปรนเพื่อการค้าชายแดนไทย-เมียนมา อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย สำหรับ
การศึกษาเชิงปริมาณมีจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 1,127 คน โดยใช้สูตรคำนวณขนาดตัวอย่างที่ทราบประชากรและ
สุ่มตัวอย่างแบบมีระบบและการศึกษาเชิงคุณภาพเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง จำนวน 20 คน เครื่องมือที่ใช้
ในการวิจัยเป็นแบบสอบถามที่สร้างขึ้นผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ
ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และข้อมูลเชิงคุณภาพได้จาก

¹ อาจารย์ประจำหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิตและสาธารณสุขศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาการจัดการระบบสุขภาพ
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ อีเมล: thanusin.sa@vru.ac.th

² อาจารย์ประจำหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
อีเมล: pamornsri.sri@mfu.ac.th

³ อาจารย์ประจำหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
อีเมล: phitsanuruk.kan@mfu.ac.th

⁴ นักศึกษาหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
อีเมล: 6251804005@lamduan.mfu.ac.th

⁵ อาจารย์ประจำหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรบัณฑิต คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
อีเมล: phataraphonm@nu.ac.th

⁶ สาธารณสุขอำเภอแม่สาย สำนักงานสาธารณสุขอำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย

⁷ ผู้ช่วยสาธารณสุขอำเภอ สำนักงานสาธารณสุขอำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย
อีเมล: narong_n@hotmail.com

⁸ ผู้อำนวยการโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลเกาะช้าง สำนักงานสาธารณสุขอำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย
อีเมล: pcukc99@gmail.com

⁹ นักวิชาการสาธารณสุขชำนาญการ กลุ่มงานควบคุมโรคติดต่อ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเชียงราย
อีเมล: narinsuriyon@gmail.com

¹⁰ หัวหน้ากลุ่มงานควบคุมโรคติดต่อ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเชียงราย

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: pamornsri.sri@mfu.ac.th

การสังเกต การสัมภาษณ์เชิงลึก การสนทนากลุ่ม ใช้การวิเคราะห์รูปแบบเนื้อหาข้อความและเทคนิคการทวนสอบสามเ้า ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชาย ร้อยละ 44.6 และเพศหญิง ร้อยละ 55.4 มีอายุเฉลี่ย 49.6 ปี ส่วนใหญ่นับถือศาสนาพุทธ ร้อยละ 97.4 การศึกษาระดับประถมศึกษา ร้อยละ 50.8 อาชีพรับจ้าง ร้อยละ 47.5 สถานภาพสมรส ร้อยละ 62.8 สำหรับการเจ็บป่วยและทางเลือกในการดูแลสุขภาพตนเอง ในรอบ 6 เดือนที่ผ่านมาพบว่า มีการเจ็บป่วย ร้อยละ 9.1 ต้องนอนพักรักษาตัวในโรงพยาบาล ร้อยละ 2.3 รับการบริการโรงพยาบาลของรัฐอันดับแรก ร้อยละ 46.9 ให้เหตุผลเดินทางสะดวก ร้อยละ 67.5 และค่ารักษาพยาบาลถูก ร้อยละ 11.0 การเดินทางใช้รถจักรยานยนต์เป็นหลัก ร้อยละ 63.1 นอกจากนี้ส่วนใหญ่อัปเดตโรคติดต่อสำคัญในพื้นที่แต่ยังพบว่าไม่รู้จักโรคหัดและโรคมือ เท้า ปาก ร้อยละ 16.3 ร้อยละ 14.5 มีการแจ้งข่าวกรณีเกิดโรคติดต่อสำคัญระดับชุมชน โดยโรคโควิด-19 มีการแจ้งข่าวสูงที่สุด ร้อยละ 87.8 โรคอุจจาระร่วงเป็นโรคติดต่อที่ไม่แจ้งข่าวสูงที่สุด ร้อยละ 73.6 ผลการศึกษารั้่งนี้แสดงให้เห็นว่ามีระบบเฝ้าระวังโรคติดต่อและการป้องกันควบคุมโรคติดต่อข้ามแดนในพื้นที่จุดผ่อนปรนเพื่อการค้าประกอบไปด้วย ระบบการคัดกรองผู้ป่วยข้ามแดนพบปัญหาผู้ป่วยข้ามแดนไม่ผ่านการคัดกรอง มีข้อเสนอแนะให้ผู้นำชุมชนมีส่วนร่วมในการสร้างระบบคัดกรอง การคืนข้อมูลหรือการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารเป็นการตั้งรับ ไม่พบว่ามีการคืนข้อมูลตามมาตรฐานสากล ระบบส่งต่อผู้ป่วยข้ามแดนผ่านด่านควบคุมป้องกันโรคระหว่างประเทศโดยผ่านทางรถอาสาสมัครกู้ชีพกู้ภัย พบปัญหาอุปสรรคในภาษาและการสื่อสารจากความหลากหลายทางเชื้อชาติ

คำสำคัญ: การป้องกันและควบคุม จุดผ่อนปรนการค้าชายแดนไทย-เมียนมา โรคติดต่อ

สถานการณ์ระบบเฝ้าระวัง

THE SITUATION OF SURVEILLANCE SYSTEM AND MECHANISMS FOR PREVENTION AND CONTROL OF COMMUNICABLE DISEASES IN THE COMMUNITY AT THE CHECK POINT FOR THAI-MYANMAR BORDER TRADE OF MAE SAI DISTRICT, CHIANGRAI PROVINCE

Thanusin Saleeon¹ Pamonsri Inchon^{2*} Phitsanuruk Kantawee³ Amornrut Ruttanung⁴
Phataraphon Markmee⁵ Narutchai Kaewsone⁶ Narongrith Ngoenthong⁷
Weerasak Muenmoonkat⁸ Narin Suriyon⁹ Narong Luecha¹⁰

Abstract

This study was the mixed method research aimed to examine the situation of the surveillance system and the mechanisms for prevention and control of communicable diseases in the community at the checkpoint for the Thai-Myanmar border trade of Mae Sai district, Chiang Rai province. For the quantitative study, the sample size was 1,127 people recruited through the equation with a finite population and systematic random sampling. The qualitative study was conducted with 20 people by using purposive random sampling. The instrument used in this study was a questionnaire of which validation was approved by experts. The quantitative data were analyzed by descriptive statistics, including frequency, percentage, mean, and standard deviation. The qualitative data were collected by observation, in-depth interviews, and focus group discussions and analyzed with text and the methods of triangulation. The results

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

² Lecturer, School of Health Science, Mae Fah Luang University, e-mail: pamornsri.sri@mfu.ac.th

³ Lecturer, School of Health Science, Mae Fah Luang University, e-mail: phitsanuruk.kan@mfu.ac.th

⁴ MPH. Student, School of Health Science, Mae Fah Luang University, e-mail: 6251804005@lamduan.mfu.ac.th

⁵ Lecturer, Faculty of Public Health, Naresuan University, e-mail: phataraphonm@nu.ac.th

⁶ Chief of District Health Office, Mae Sai District, Chiangrai Province

⁷ Deputy of District Health Office, Mae Sai District, Chiangrai Province, e-mail: narong_n@hotmail.com

⁸ Director of Health Promoting Hospital, Mae Sai District, Chiangrai Province, e-mail: pcukc99@gmail.com

⁹ Public Health Technical Officer, CDC Department, Chiangrai PHO, e-mail: narinsuriyon@gmail.com

¹⁰ Head of CDC Department, Chiangrai PHO

* Corresponding author, e-mail : pamornsri.sri@mfu.ac.th

revealed that the samples were male (44.6%) and female (55.4%) with an average age of 49.6 years. Most of the samples were Buddhists (97.4%), graduated from primary school (50.8%), employed (47.5%), and married (62.8%). For the illness and alternatives of self-care in the previous 6 months, the sample had an illness (9.1%), hospitalized (2.3%), first admitted to government hospitals (46.9%) with a reason for the convenient voyage (67.5%), cheap of medical fees (11.0%), and primarily uses motorcycle (63.1%). In addition, they mostly had known the crucial of important communicable diseases in the area, but they did not know about hand, foot, and mouth disease (16.3%). For the notification of crucial communicable diseases in the community, 14.5% of them got notified about COVID-19 at the highest notification rate of 87.8%, and diarrhea at the lowest notification rate of 73.6%. It was discovered that there were communicable disease surveillance systems and the prevention and control of cross-border communicable diseases at border trade checkpoints, there was no screening system in place for cross-border patients. It was suggested that community leaders help to design a screening mechanism. The sharing of data or the return of information was defensive. The data recovery system complaint could not be found to meet international requirements. The referral method for transferring patients across borders through international disease control checkpoints by volunteer rescue vehicles was found to be troubled by language and communication obstacles that exist among individuals with distinct ethnic backgrounds.

Keywords: Prevention and control, The check point for Thai-Myanmar border trade, Communicable disease, Surveillance system

บทนำ

อำเภอแม่สายเป็นแหล่งรวมผู้คนจากหลากหลายถิ่นฐานที่เข้ามาทำมาค้าขายทั้งฝั่งอำเภอแม่สายและจังหวัดท่าขี้เหล็ก สาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมา มีลำน้ำสายและลำน้ำรวก เป็นเส้นเลือดหล่อเลี้ยงและเป็นเส้นกั้นพรมแดนไทย-เมียนมา (อำเภอแม่สาย-จังหวัดท่าขี้เหล็ก) เป็นจุดเชื่อมต่อเข้ากับเส้นทาง R3b (ไทย-เมียนมา-จีน) มูลค่าการค้าชายแดนไทย-เมียนมา (รายด้าน) มีแนวโน้มมูลค่าการค้าชายแดนเพิ่มมากขึ้น (กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์, 2560) ประชากรส่วนใหญ่ถือสองสัญชาติกันเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้มีจุดผ่านแดนถาวรกับสาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมา จำนวน 2 แห่ง คือ 1) สะพานข้ามแม่น้ำสาย เขตเทศบาลแม่สาย 2) สะพานข้ามแม่น้ำสายแห่งที่ 2 ตำบลสันผักอี และมีจุดผ่อนปรนเพื่อการค้าชายแดน จำนวน 4 แห่ง ได้แก่ 1) ท่าบ้านปางห้า หมู่ 1 ตำบลเกาะช้าง 2) ท่าดินดำ บ้านป่าแดง หมู่ 5 ตำบลเกาะช้าง 3) ท่าบ้านสายลมจอย ตำบลเวียงพางคำ และ 4) ท่าบ้านเกาะทราย ตำบลแม่สาย อำเภอแม่สาย (สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเชียงราย, 2562)

จุดผ่อนปรนเพื่อการค้า (Check point for border trade) เป็นพื้นที่ที่เปิดเพื่อช่วยเหลือประเทศเพื่อนบ้านในด้านมนุษยธรรมและส่งเสริมความสัมพันธ์ของประชาชน ในระดับท้องถิ่น โดยมีการผ่อนปรนให้ค้าขายสินค้าอุปโภค-บริโภคที่จำเป็น (กระทรวงมหาดไทย, 2553) เนื่องด้วยบริบทของการพัฒนา การค้า และการลงทุนระดับภูมิภาค ที่มุ่งเปิดให้ผู้คนในชายแดนมีความหวังและความสามารถที่จะเดินทางติดต่อหรือสานสัมพันธ์ระหว่างกัน โดยบริบทปัจจุบันที่ผู้คน กลุ่ม ชุมชนในอาณาบริเวณชายแดนของประเทศไทยและเพื่อนบ้าน นอกจากจะสามารถแสวงหาโอกาสทางเศรษฐกิจจากการเดินทาง “ข้ามไปข้ามมา” (พิมพ์พรรณ ไชยนันท์ และจักรพันธ์ ชัดชุ่มแสง, 2560) โดยเฉพาะงานเหมาะทำในภาคเกษตร แรงงานข้ามแดนชั่วคราวทำงานหลากหลายอาชีพ ส่วนใหญ่อยู่ในภาคบริการและการเกษตร และงานในภาคการเกษตรจะมีแรงงานข้ามแดนแบบชั่วคราว 7 วันมาทำมากกว่าแรงงานที่มาด้วยวิธีอื่น เช่น หลบหนีเข้าเมือง หรือขอบัตรมาทำแบบถาวร เป็นต้น

การเป็นประชาคมอาเซียนมีผลกระทบต่อการป้องกันควบคุมโรคและภัยสุขภาพของประชาชน โดยเฉพาะผู้มารับบริการด้านสุขภาพที่เป็นกลุ่มแรงงานข้ามชาติและผู้ป่วยต่างชาติดีแนวโน้มมากขึ้น มีความหลากหลายของเชื้อชาติ ฉะนั้นปัญหาโรคติดต่อ โรคติดต่ออุบัติใหม่ อุตบัติซ้ำ การเพิ่มขึ้นของแรงงานข้ามชาติมีผลโดยตรงกับความสามารถในการรองรับของระบบบริการสุขภาพ อัตราการครองเตียง ของแรงงานข้ามชาติจะเพิ่มขึ้นในโรงพยาบาลเป็นจำนวนมาก (ชายแดนเขตอุตสาหกรรม) นอกจากนี้ยังมีปัญหาเรื่องการสื่อสาร ภาระค่ารักษาพยาบาลที่เพิ่มมากขึ้น การแพร่กระจายของโรคติดต่อและโรคเรื้อรัง เช่น วัณโรค ไข้ซัง มาลาเรีย อนามัยแม่และเด็ก เป็นต้น (ณัฏฐา หริตวร และชนินทรนันท์ สุขเกษม, 2561)

ประชาชนเพื่อนบ้านส่วนหนึ่งมีความนิยมในการข้ามแดนมารับการรักษาพยาบาลในประเทศไทย โดยผ่านจุดผ่อนปรนเพื่อการค้าชายแดนเนื่องจากสามารถทำได้สะดวกกว่าการข้ามแดนสากล มีสภาพแวดล้อมที่ไม่แออัดของจำนวนคนที่ข้ามผ่านแดน ขั้นตอนไม่ยุ่งยาก สามารถนั่งเรือข้ามฝั่งใช้เวลาประมาณ 3-5 นาที ระบบการบันทึกการข้ามแดนจะทำการบันทึกเป็นเอกสาร โดยการถามชื่อ นามสกุล ที่อยู่ วัตถุประสงค์ของการข้ามแดน ระยะเวลาในการไปและกลับ ทำให้ไม่มีระบบการตรวจคัดกรองด้านสุขภาพและการป้องกันตนเองจากโรคติดต่อ ระบบเฝ้าระวังโรคที่มีอยู่ในปัจจุบันยังไม่ครอบคลุมทุกระดับและขาดการนำข้อมูลไปใช้ การสร้างความร่วมมือและประสานงานของหน่วยงานทั้งในระดับพื้นที่อำเภอ จังหวัดและระหว่างประเทศต้องได้รับการพัฒนา ใช้หลักการทำงานแบบไร้พรมแดนแนวทางการบริหารจัดการเชิงบูรณาการ (สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเชียงราย, 2562) ดังนั้นในการวิจัยนี้จะเป็นการศึกษาศาณการณระบบการเฝ้าระวังและกลไกการป้องกันควบคุมโรคติดต่อในชุมชนพื้นที่จุดผ่อนปรนการค้าชายแดนเพื่อนำไปสู่การสร้างรูปแบบการเฝ้าระวัง ป้องกันควบคุมโรคติดต่อในชุมชนพื้นที่จุดผ่อนปรนการค้าชายแดนที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาศาณการณระบบเฝ้าระวังและกลไกการป้องกันควบคุมโรคติดต่อในชุมชนพื้นที่จุดผ่อนปรนเพื่อการค้าชายแดนไทย-เมียนมา อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้ใช้รูปแบบการศึกษาแบบผสมผสาน (Mixed- method research) ขอบเขตพื้นที่ในการศึกษาคือ พื้นที่จุดผ่อนปรนการค้าชายแดน อำเภอแม่สาย ประเทศไทย และจังหวัดท่าขี้เหล็ก แห่งสหภาพเมียนมา โดยเก็บข้อมูลจากหมู่บ้าน ในพื้นที่ชายแดนไทย – เมียนมา เขตอำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย ประกอบด้วยตำบลแม่สาย 12 หมู่บ้าน ตำบลเวียงพางคำ 10 หมู่บ้าน และตำบลเกาะช้าง 13 หมู่บ้านระยะเวลาในการศึกษาจำนวน 3 เดือน ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2562- มีนาคม 2563 กลุ่มเป้าหมายประชากรที่ใช้ในการศึกษารั้งนี้ประกอบด้วย 1) การศึกษาเชิงปริมาณ ในกลุ่มประชาชนทั่วไป ตัวแทนองค์กรภาครัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ภาคธุรกิจ องค์กรพัฒนาเอกชน องค์กรภาคประชาสังคม และองค์กรชุมชนในพื้นที่ ในการจัดเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ ใช้ประชากรครัวเรือนทั้งหมด 26,116 หลังคาเรือน ใช้สูตรการคำนวณกลุ่มตัวอย่างที่ทราบจำนวนประชากรของทาโร ยามานะ (Taro Yamane, 1973) และป้องกันการสูญหายของข้อมูลร้อยละ 6 ได้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 1,127 ตัวอย่าง ทำการกระจายกลุ่มตัวอย่างโดยคำนวณหาสัดส่วน (Proportion) จำนวนแบบสอบถามต่อหมู่บ้านและในระดับหมู่บ้านสุ่มตัวอย่างใช้การสุ่มตัวอย่างแบบมีระบบ (Systematic random sampling) โดยคำนวณช่วงของการสุ่ม (Interval) ของครัวเรือนในแต่ละหมู่บ้าน ทำการสอบถาม

ตัวแทนครัวเรือน 1 คนที่สมัครใจตอบคำถามอย่างอิสระต่อหนึ่งหลังคาเรือนโดยเจ้าหน้าที่สาธารณสุขที่ผ่านการฝึกอบรมแล้ว และให้ผู้ตอบแบบสอบถามที่มีอายุมากกว่า 18 ปี ขึ้นไป ที่อาศัยอยู่ในชุมชนพื้นที่จุดผ่อนปรนการค้าชายแดนไทย-เมียนมา โดยสามารถอ่านและเข้าใจภาษาไทยเป็นอย่างดี และให้ความร่วมมือในการวิจัย

2) การศึกษาเชิงคุณภาพ กลุ่มตัวอย่างได้แก่ ผู้นำชุมชน กำนัน ผู้ใหญ่บ้าน ผู้ช่วยผู้ใหญ่บ้าน องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ภาคธุรกิจ องค์กรพัฒนาเอกชน องค์กรภาคประชาสังคม องค์กรสาธารณสุขและองค์กรชุมชนในพื้นที่คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยใช้การคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) จำนวน 20 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล แบ่งเป็น 2 ชนิด 1) การเก็บข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้ แบบสอบถามที่ผู้ศึกษาสร้างขึ้นโดยผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity Index: CVI) โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน โดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ได้ค่าระหว่าง 0.78-1.00 และนำไปทดลองใช้ (Try out) กับกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่างที่จะศึกษา จำนวน 30 คน เพื่อตรวจสอบความเชื่อมั่น (Reliability) โดยได้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) ทั้งฉบับเท่ากับ 0.86 2) การเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ คณะผู้ศึกษาได้พัฒนาเครื่องมือโครงสร้างคำถาม ในการสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussions: FGDs) และการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) โดยเป็นแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง (Structured interview) แบบสังเกตและประเด็นในการสังเกต การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) ข้อมูลการแจกแจงความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้แก่ การวิเคราะห์เนื้อหาข้อความ (Content analysis) การทวนสอบคุณภาพของข้อมูลโดยใช้เทคนิคการทวนสอบสามเส้า (Triangulation technique) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป ผู้วิจัยได้รับอนุญาตทำการศึกษาในมนุษย์โดยผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมของมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง เลขที่ EC 19181-18

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ปัจจัยส่วนบุคคล ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 1,127 คน เป็นเพศชาย ร้อยละ 44.6 และเพศหญิง ร้อยละ 55.4 มีอายุเฉลี่ย 49.6 ปี ส่วนใหญ่นับถือศาสนาพุทธ ร้อยละ 97.4 สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษา ร้อยละ 50.8 อาชีพรับจ้าง ร้อยละ 47.5 มีสถานภาพสมรส ร้อยละ 62.8 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามลักษณะปัจจัยส่วนบุคคล (n=1,127)

ปัจจัยส่วนบุคคล	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ		
หญิง	624	55.4
ชาย	503	44.6
อายุ (ปี)		
19-37	195	17.3
38-62	768	68.1
63-71	164	14.6
อายุเฉลี่ย 49.6 ปี ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 12.0 ต่ำสุด 19 ปี สูงสุด 71 ปี		
ระดับการศึกษา		
ไม่ได้เรียน	103	9.1
ประถมศึกษา (ป.4/ป.6)	573	50.8
มัธยมศึกษาตอนต้น	154	13.7
มัธยมศึกษาตอนปลาย	192	17.0
อนุปริญญาตรี	30	2.7
ปริญญาตรีหรือสูงกว่า	75	6.7
อาชีพ		
รับจ้าง	745	47.8
ค้าขาย	264	16.9
เกษตรกร	258	16.5
แม่บ้าน	157	10.1
รับราชการ	30	1.9
อื่นๆ	58	3.7
นักเรียน/นักศึกษา	41	2.6
รัฐวิสาหกิจ	6	0.4
ศาสนา		
พุทธ	1098	97.4
คริสต์	27	2.4
อิสลาม	2	0.2

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามลักษณะปัจจัยส่วนบุคคล (n=1,127) (ต่อ)

ปัจจัยส่วนบุคคล	จำนวน (คน)	ร้อยละ
สถานภาพสมรส		
โสด	251	22.3
สมรส	708	62.8
หม้าย	130	11.5
หย่า	33	2.9
แยกกันอยู่	5	0.4

2. ประวัติการเจ็บป่วยและทางเลือกในการดูแลสุขภาพตนเอง ในรอบ 6 เดือนที่ผ่านมา

ใน 6 เดือนที่ผ่านมาพบว่ากลุ่มตัวอย่าง ไม่มีอาการเจ็บป่วย ร้อยละ 90.9 และมีการเจ็บป่วย ร้อยละ 9.1 เมื่อเปรียบเทียบกับคนอื่นที่มีอายุรุ่นราวคราวเดียวกันรู้สึกว่าคุณภาพตนเองเหมือน ๆ กัน ร้อยละ 55.4 ไม่มีโรคประจำตัว ร้อยละ 74.5 มีอาการเจ็บป่วยจนต้องนอนพักรักษาตัวในโรงพยาบาล ร้อยละ 2.3 เมื่อมีอาการเจ็บป่วยจนต้องนอนพักรักษาตัวสถานบริการสาธารณสุขที่เลือกเป็นอันดับแรกคือ โรงพยาบาลของรัฐ ร้อยละ 46.9 ให้เหตุผลเดินทางสะดวก ร้อยละ 67.5 และค่ารักษาพยาบาลถูก ร้อยละ 11.0 ในส่วนของการเดินทางไปรักษาพยาบาลจะใช้รถจักรยานยนต์เป็นหลัก ร้อยละ 63.1 รองลงมาใช้รถยนต์ ร้อยละ 33.9 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามประวัติการเจ็บป่วยและทางเลือกในการดูแลสุขภาพตนเอง ในรอบ 6 เดือนที่ผ่านมา (n=1,127)

ประวัติการเจ็บป่วยและทางเลือกในการดูแลสุขภาพตนเอง	จำนวน (คน)	ร้อยละ
สุขภาพโดยรวมของท่าน		
สุขภาพดี	1,025	90.9
สุขภาพไม่ดีเจ็บป่วยบ่อย ๆ ด้วยโรค	102	9.1
เมื่อเปรียบเทียบกับสุขภาพกับคนอื่น		
แข็งแรงกว่า	425	37.7
เหมือน ๆ กัน	624	55.4
อ่อนแอกว่า	78	6.9
โรคประจำตัว		
ไม่มี	840	74.5
มี	287	25.5
อาการเจ็บป่วยจนต้องนอนพักรักษาตัวในโรงพยาบาล		
ไม่ป่วย	1,041	92.4
ป่วยแต่ไม่นอนพักรักษาในโรงพยาบาล	60	5.3
ป่วยและนอนพักรักษาในโรงพยาบาล	26	2.3

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามประวัติการเจ็บป่วยและทางเลือกในการดูแลสุขภาพตนเอง ในรอบ 6 เดือนที่ผ่านมา (n=1,127) (ต่อ)

ประวัติการเจ็บป่วยและทางเลือกในการดูแลสุขภาพตนเอง	จำนวน (คน)	ร้อยละ
สถานบริการสุขภาพที่เลือกใช้เป็น 6 ลำดับแรก		
โรงพยาบาลของรัฐ	528	46.9
โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล	316	28.0
คลินิกแพทย์/โรงพยาบาลเอกชน	157	13.9
ร้านขายยา ซื้อมากินเอง	97	8.6
คลินิกแพทย์แผนจีน/หมอยาจีน	21	1.9
หมอพื้นบ้าน	2	0.2
เหตุผลที่ท่านไปรักษาที่สถานบริการสุขภาพ		
เดินทางสะดวก	761	67.5
ค่ารักษาพยาบาลถูก	124	11.0
เชื่อในความสามารถของแพทย์	98	8.7
วิธีการเดินทางไปรักษาพยาบาล 3 ลำดับแรก		
รถจักรยานยนต์	711	63.1
รถยนต์	382	33.9
เดินเท้า	8	0.7
เรือ	5	0.4

3. การเฝ้าระวังโรคติดต่อและระบบการป้องกันควบคุมโรคติดต่อสำคัญในพื้นที่

3.1 การรู้จักโรคติดต่อที่สำคัญในชุมชน ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่รู้จักโรคติดต่อสำคัญในพื้นที่ ได้แก่ โรคโควิด-19 โรคไข้มาลาเรีย โรคไข้เลือดออก โรคฉี่หนู โรคไข้หวัดใหญ่ โรคอุจจาระร่วง โรคพิษสุนัขบ้า โรคไข้หวัดนก ร้อยละ 99.3 91.9 98.8 94.8 96.8 98.2 97.6 92.0 ตามลำดับ ส่วนโรคที่ไม่รู้จักสูงสุดคือ โรคหัด และโรคมือ เท้า ปาก ร้อยละ 16.3 14.5 ตามลำดับ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามการรู้จักโรคติดต่อที่สำคัญในชุมชน (n=1,127)

การรู้จักโรคติดต่อที่สำคัญ ในชุมชน	จำนวนคน (ร้อยละ)	
	ไม่รู้จัก	รู้จัก
1. โรคโควิด-19	8 (0.7)	1,119 (99.3)
2. โรคไข้เลือดออก	14 (1.2)	1,113 (98.8)
3. โรคอุจจาระร่วง	20 (1.8)	1,107 (98.2)
4. โรคพิษสุนัขบ้า	27 (2.4)	1,100 (97.6)
5. โรคไข้หวัดใหญ่	36 (3.2)	1,091 (96.8)
6. โรคฉี่หนู	59 (5.2)	1,068 (94.8)

ตารางที่ 3 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามการรู้จักโรคติดต่อที่สำคัญในชุมชน (n=1,127) (ต่อ)

การรู้จักโรคติดต่อที่สำคัญ ในชุมชน	จำนวนคน (ร้อยละ)	
	ไม่รู้จัก	รู้จัก
7. โรคไข้หวัดนก	90 (8.0)	1,037 (92.0)
8. โรคไข้มาลาเรีย	91 (8.1)	1,036 (91.9)
9. โรคมือ เท้า ปาก	163 (14.5)	964 (85.5)
10. โรคหัด	184 (16.3)	943 (83.7)

3.2 การแจ้งข่าวกรณีเกิดโรคติดต่อสำคัญระบาดในชุมชน ในกรณีพบการระบาดของโรคติดต่อโรคติดต่ออุบัติใหม่ อุตุนิยมวิทยา และโรคติดต่อจากสัตว์สู่คนในชุมชน ผลการวิจัยพบว่าการแจ้งข่าวการระบาดด้วยโรคโควิด-19 มีการแจ้งข่าวสูงที่สุด ร้อยละ 87.8 รองลงมาคือโรคไข้เลือดออก ร้อยละ 84.6 ในส่วนของโรคติดต่อที่ไม่แจ้งข่าวสูงที่สุด ได้แก่ โรคอุจจาระร่วงร้อยละ 26.4 โรคมือเท้าปาก ร้อยละ 25.7 และโรคหัด ร้อยละ 25.6 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างการแจ้งข่าวกรณีเกิดโรคติดต่อสำคัญระบาดในชุมชน (n=1,127)

การแจ้งข่าวกรณีเกิดโรคติดต่อสำคัญระบาดในชุมชน	จำนวนคน (ร้อยละ)	
	ไม่แจ้งข่าว	แจ้งข่าว
1. โรคโควิด-19	137 (12.2)	990 (87.8)
2. โรคไข้เลือดออก	173 (15.4)	954 (84.6)
3. โรคพิษสุนัขบ้า	203 (18.0)	924 (82.0)
4. โรคฉี่หนู	227 (20.1)	900 (79.9)
5. โรคไข้มาลาเรีย	249 (22.1)	878 (77.9)
6. โรคไข้หวัดนก	255 (22.6)	872 (77.4)
7. โรคไข้หวัดใหญ่	268 (23.8)	859 (76.2)
8. โรคหัด	288 (25.6)	839 (74.4)
9. โรคมือ เท้า ปาก	290 (25.7)	837 (74.3)
10. โรคอุจจาระร่วง	297 (26.4)	830 (73.6)

3.3 ระบบเฝ้าระวังโรคติดต่อและการป้องกันควบคุมโรคติดต่อข้ามแดน

จากการศึกษาเชิงคุณภาพ โดยใช้การสนทนากลุ่มและการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth interview) ผ่านการสัมภาษณ์ด้วยแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง และการสังเกต ผลการวิจัยพบว่าอำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย มีอาณาเขตติดกับจังหวัดท่าขี้เหล็ก สาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมา ดังนั้นการข้ามแดนของประชาชนระหว่าง 2 ฝั่งพื้นที่จึงเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ส่งผลให้การเฝ้าระวัง ควบคุม และป้องกันโรคติดต่อข้ามแดนเป็นเรื่องที่ค่อนข้างยาก เนื่องจากปัจจัยที่หลากหลายส่งผลให้ระบบเฝ้าระวัง ควบคุม และป้องกันโรคติดต่อข้ามแดน

ยังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ประเด็นปัญหานี้พื้นที่ให้ความเห็นถึงความสำคัญของการร่วมมือกันทั้ง 2 พื้นที่ (ไทย – เมียนมา) และมีการพัฒนาร่วมกันเป็นเมืองคู่ขนาน ดังการสะท้อนของผู้บริหารว่า “ประเด็นที่ 1 ต้องมีเรื่องระบบของการควบคุมและป้องกันโรค ทั้ง 2 พื้นที่ เพราะว่าระบบของเรามันก็พอดูแลกันได้แต่ถ้าเป็นฝั่งนู้นมันมีช่องโหว่ซึ่งจะทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายของผู้ป่วยเข้ามามากการพัฒนามันจะต้องเป็นระบบคู่ขนาน” แต่ในปัจจุบันการดำเนินงานร่วมกันของทั้ง 2 พื้นที่ยังไม่มีการพัฒนาด้านนโยบายและการปฏิบัติงานร่วมกัน จึงส่งผลให้อาเภอแม่สายยังคงเป็นฝ่ายตั้งรับเพียงฝ่ายเดียว จากการสะท้อนของผู้ปฏิบัติงานว่า “ส่วนใหญ่ระบบของเราเนี่ยก็จะเป็นระบบของการตั้งรับอยู่ฝ่ายเดียว และเป็นการเฝ้าระวังในพื้นที่ซึ่งยังไม่ถึงขั้นที่จะต้องมีการประสานงานแลกเปลี่ยนให้มันเป็นรูปแบบมาตรฐานได้” โดยการดำเนินงานเฝ้าระวัง ควบคุม และป้องกันโรคติดต่อข้ามแดนภายในพื้นที่ต้องมีการประสานและรายงานให้หลากหลายหน่วยงานได้รับรู้และร่วมกันดำเนินการป้องกันให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ดังที่กล่าวว่า “เรื่องของมาตรการเฝ้าระวังและควบคุมโรคติดต่อซึ่งอันนี้ก็เป็นมาตรการความปลอดภัยในเรื่องของการรายงานโรคซึ่งจะต้องมีการส่งต่อข้อมูลไปยัง ผู้รับผิดชอบหลักตามจุดต่าง ๆ ตั้งแต่ด่านควบคุมโรค โรงพยาบาลซึ่งเป็นจุดตั้งรับ มาตรการตรงนี้นั้นควรจะมียุทธศาสตร์สูงสุด มีระบบการจัดการที่มีประสิทธิภาพ” กล่าวโดยสรุปคือ ระบบเฝ้าระวัง ควบคุมและป้องกันโรคในพื้นที่ยังคงเป็นการตั้งรับเพียงฝ่ายเดียว การดำเนินการภายในพื้นที่ที่มีการแจ้งข่าวและประสานไปยังหลากหลายหน่วยงานเพื่อให้เกิดระบบที่มีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังมีกระบวนการทำงานของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน และอาสาสมัครสาธารณสุขชุมชนชายแดนที่ผ่านการอบรมให้ความรู้จากหน่วยงานต่าง ๆ ทำให้ระบบในพื้นที่เข้มแข็งยิ่งขึ้น

3.3.1) ระบบการคัดกรองผู้ป่วยข้ามแดน ผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่สะท้อนถึงปัญหาการข้ามแดนของผู้ป่วยในช่องทางเข้า - ออก ที่ไม่เป็นสากล (จุดผ่อนปรนเพื่อการค้าและช่องทางธรรมชาติ) ซึ่งจากการสังเกตพบว่ายังไม่มีเจ้าหน้าที่ด้านสาธารณสุขประจำด่านทำหน้าที่คัดกรองผู้ป่วย โดยสะท้อนว่า “ในระบบเราถ้าในวันปกติหรือเวลาปกติผู้ป่วยจะผ่านช่องทางของด่านควบคุมโรค ซึ่งจะมีหน้าที่ในการเช็คข้อมูลในระบบ ER โรงพยาบาลแม่สายก็จะรับตามระบบ คิดว่าในส่วนนี้ไม่มีปัญหา แต่ถ้านอกเวลามีผู้ป่วยฉุกเฉิน และจะผ่านช่องทางอื่นในการเข้าออก เราจะมีทหารอยู่ เช่น ปางห้า ป่าแดง ซึ่งเคสเหล่านี้จะมีปัญหา” “เรื่องระบบการส่งต่อที่ว่าบางทีเราตื่นตัว เรามีทหารในการช่วยคัดกรองในจุดผ่อนปรนในช่วงนอกเวลา และในเวลาเรามีด่านควบคุมโรค” “โดยปกติคนที่ข้ามผ่านด่านปกติส่วนมากจะเป็นผู้ที่มีสุขภาพดีและข้ามมาทำงาน แต่ผู้ป่วยจริง ๆ จะข้ามผ่านมาทางช่องทางเสริมหมดเลย นี่ถือเป็นปัญหาและอุปสรรคในพื้นที่” “เรื่องการแจ้งการนำพาผู้ป่วยจากพม่ามาสู่ในไทย อันนี้เป็นปัญหาหลักสำคัญที่ทางอสม. ตำบลเกาะช้างประสบมาคือ ผู้ป่วยข้ามมาที่ประเทศไทยเราโดยช่องทางพิเศษก็จะไม่มีการตรวจวัดไข้ ซึ่งก็บางครั้งบางทีถ้าเป็นผู้ป่วยมาโรงพยาบาลแม่สายและไปนอนโรงพยาบาลแม่สายเลย ถ้าไม่ได้นอนโรงพยาบาลหรือเลยเวลากลับด่านแล้ว เขาไม่มีที่พักเสร็จแล้วต้องไปหาอาศัยญาติพี่น้องที่อยู่ฝั่งเรา นี่คือเราไม่สามารถป้องกันได้แล้ว” นอกจากนี้ระบบคัดกรองผู้ป่วยหรือผู้ที่ข้ามมาในพื้นที่ตำบลเกาะช้าง ยังได้อาศัยความร่วมมือจากส่วนท้องถิ่น หรือผู้นำหมู่บ้านแต่ละพื้นที่ในการเตรียมรับมือ เฝ้าระวัง ควบคุม ป้องกันโรคติดต่อในพื้นที่โดยจะผ่านการขอความร่วมมือจากนายอำเภอแม่สาย “การคัดกรองผู้ที่เข้ามาในพื้นที่ตรงนี้ก็จะเป็นอีกปัจจัยหนึ่ง ซึ่งเป็นกลไกในพื้นที่ของเรา ก็คือว่าผู้ใหญ่บ้านก็จะมีส่วนรับรู้แล้วว่าใครที่เข้ามาอาศัยอยู่ชั่วคราว มาอาศัยเนื่องจากภาวะการเจ็บป่วยจะต้องคืนข้อมูลให้กับผู้ใหญ่บ้าน ผู้ใหญ่บ้านก็ต้องเข้าไปเฝ้าระวังในจุดนี้ให้” จะเห็นว่าพื้นที่อำเภอแม่สายยังมีการบูรณาการความร่วมมือจากหน่วยงานหลากหลายองค์กรในการควบคุมป้องกันโรคติดต่อ

3.3.2) ระบบคืนข้อมูลหรือการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสาร ระบบคืนข้อมูลหรือการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารกับจังหวัดท่าซึกเหล็ก สาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมา ในปัจจุบันของพื้นที่ยังคงเป็นเพียงการตั้งรับ และยังไม่มีระบบการคืนข้อมูลที่เป็นมาตรฐานสากลและใช้ได้ร่วมกันทั้ง 2 พื้นที่ ส่วนใหญ่จะเป็นการประสานงานข้อมูลโดยใช้ความสัมพันธ์ส่วนตัว เช่น แพทย์ของโรงพยาบาลแม่สาย แลกเปลี่ยนข้อมูลผู้ป่วยกับแพทย์ทางโรงพยาบาลท่าซึกเหล็กเป็นรายบุคคลเพียงเท่านั้น “เรามีการแจ้งข่าวเวลาการติดต่อสื่อสารในเรื่อง HIV จะมีการสื่อสารของทางโรงพยาบาลแม่สาย ติดต่อทางหมอที่ท่าซึกเหล็กและแจ้งข่าวเวลาที่มีโรคติดต่อระบาด เช่น ไข้เลือดออก” การพูดคุยส่วนใหญ่ จะเป็นการแจ้งผ่าน Facebook messenger เท่านั้น และปัญหาที่ยังสะท้อนมาคือ การนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ยังคงขาดความเป็นรูปธรรม และความสม่ำเสมอ

3.3.3) ระบบส่งต่อผู้ป่วยข้ามแดน (รัฐและเอกชน) ระบบส่งต่อผู้ป่วยข้ามแดนในพื้นที่โดยปกติจะเป็นการส่งต่อผู้ป่วยผ่านทางช่องทางหลัก คือ ด้านควบคุมโรคติดต่อระหว่างประเทศพรมแดนแม่สาย โดยผ่านทางรถอาสาสมัครกู้ชีพกู้ภัยที่เป็นความร่วมมือระหว่างภาครัฐและเอกชน และสำหรับช่องทางจุดผ่อนปรนเพื่อการค้า จะเป็นการเดินทางของประชาชนชาวเมียนมามารับการรักษาพยาบาลของผู้ป่วยเอง

3.3.4) ภาษาและการสื่อสารระหว่าง 2 พื้นที่ (อำเภอแม่สาย ประเทศไทย- จังหวัดท่าซึกเหล็ก สาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมา) เนื่องจากความหลากหลายทางเชื้อชาติจึงส่งผลให้พื้นที่อำเภอแม่สาย ประสบกับปัญหาและอุปสรรคในด้านภาษา และการสื่อสารในการให้ความรู้เพื่อควบคุมและป้องกันโรคในพื้นที่รวมถึงต้องมีการใช้ล่ามแปลภาษาช่วยเหลือในการให้บริการการรักษา ส่งเสริม ป้องกัน และฟื้นฟูสุขภาพด้านต่าง ๆ ดังคำกล่าวของผู้ปฏิบัติงาน และอาสาสมัครสาธารณสุขในพื้นที่ว่า “การสื่อสารประชาสัมพันธ์ มีข้อจำกัดในการดำเนินงาน เพราะความหลากหลายทางเชื้อชาติ” และ “เนื่องจากการสื่อสารที่ใช้ภาษาที่แตกต่างกันทำให้ต้องมีล่ามในการช่วยแปลภาษา” ดังนั้นถ้าหากทางพื้นที่ลดช่องว่างในส่วนนี้ได้สำเร็จ การดำเนินการเฝ้าระวัง ป้องกัน และควบคุมโรคก็จะมีประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้น

เมื่อเจ็บป่วยกลุ่มตัวอย่างในพื้นที่ส่วนใหญ่จะไปรับบริการทางด้านสุขภาพจากหน่วยงานของรัฐ ได้แก่ โรงพยาบาลชุมชนหรือโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลเนื่องจากมีความสะดวกในการเดินทางและมีค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลที่ถูกกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสถานบริการสุขภาพของเอกชนหรือคลินิกสอดคล้องกับการศึกษาของอัฐวัฒน์ คำหวานและปัทพงษ์ เกษสมบูรณ์ (2559) ที่ศึกษาการเข้าถึงบริการสุขภาพของแรงงานข้ามชาติ กรณีศึกษาอำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย พบว่าการเข้ามารักษาพยาบาลของประชาชนชาวเมียนมาผ่านช่องทางจุดผ่อนปรนและช่องทางด่านผ่านแดนสากลที่มีความสะดวกสบายมากขึ้นทำให้ระบบการให้บริการทั้งชาวไทยและต่างชาติต้องใช้งบประมาณมากขึ้น และการศึกษาของสุภัทร ฮาสุวรรณกิจ (2555) พบว่าโรงพยาบาลตามแนวชายแดนประสบปัญหาทั้งสภาพคล่องทั้งจังหวัดเชียงรายและจังหวัดตากมีสาเหตุมาจากการรักษาพยาบาลแรงงานต่างด้าวที่ไม่มีหลักประกันสุขภาพ นอกจากนี้ระบบการเฝ้าระวังโรคติดต่อและกลไกการป้องกันควบคุมโรคติดต่อในชุมชนพื้นที่จุดผ่อนปรนการค้าชายแดนของอำเภอแม่สายมีความสอดคล้องกับยุทธศาสตร์การแก้ปัญหาและพัฒนาสาธารณสุขชายแดน (ศุภกิจ ศิริลักษณ์, 2557) ในประเด็นการสร้าง ความเข้มแข็งให้กับชุมชนเพื่อป้องกันโรคติดต่อเข้าสู่ตัวเมืองขึ้นใน การมีระบบการประสานงานที่ไม่เป็นทางการ ใช้ความสัมพันธ์ส่วนบุคคลเป็นหัวใจสำคัญของการแจ้งข่าวการระบาดของโรคติดต่อระหว่างอำเภอแม่สายกับ จังหวัดท่าซึกเหล็ก สาธารณรัฐสหภาพเมียนมา (เสาวณีย์ เปลี่ยนพานิช และคณะ, 2562) และในการศึกษานี้ พบว่าประชาชนในพื้นที่ส่วนใหญ่มีอายุเฉลี่ย 49.6 ปี รู้จักโรคติดต่อที่สำคัญและมีส่วนร่วมในการแจ้งข่าว การเกิดโรคเป็นผลดีต่อการป้องกันควบคุมโรคที่รวดเร็วยิ่งขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดการสนับสนุนให้หน่วยงานใน

พื้นที่ได้มีส่วนร่วมในการคิด วางแผนในทุกระดับในลักษณะเขตพัฒนาเศรษฐกิจพิเศษ (เขต สาร์เรื่อน และนิทรา กิจธีระวุฒิมังษ์, 2558)

สรุป

สถานการณ์ระบบเฝ้าระวังโรคติดต่อและกลไกการป้องกันควบคุมโรคติดต่อในชุมชนพื้นที่จุดผ่อนปรนเพื่อการค้าชายแดนไทย-เมียนมา อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย ในกรณีเกิดโรคติดต่อที่ร้ายแรงหรือโรคระบาดที่รุนแรง เช่น โรคโควิด-19 ส่วนใหญ่พบว่าจะมีการแจ้งข่าวไปยังอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน (อสม.) เจ้าหน้าที่สาธารณสุข / โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล / ผู้ใหญ่บ้าน / นายบ้าน และเจ้าหน้าที่สาธารณสุข แต่ยังไม่พบการไม่แจ้งข่าวในกรณีโรคติดต่อที่พบได้ประจำถิ่นหรือโรคที่ไม่รู้จัก เช่น โรคอุจจาระร่วง โรคมือเท้าปาก โรคหัด เป็นต้น ผลการศึกษาเชิงพื้นที่ได้สะท้อนให้เห็นถึงความต้องการในการบูรณาการความร่วมมือจากทุกภาคส่วนในการดำเนินงานด้านสาธารณสุข เพื่อการป้องกันและควบคุมโรคที่มีประสิทธิภาพ การประสานงานถึงแม้ว่าจะมีเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการประสานงานระหว่างพื้นที่ แต่ปัญหาและอุปสรรคในภาษาและการสื่อสารที่มาจากความหลากหลายทางเชื้อชาติและรูปแบบสารสนเทศที่ไม่เป็นสากล ทำให้ขาดรูปแบบการแลกเปลี่ยนข้อมูลและการนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างเหมาะสมยังเป็นจุดที่ต้องพัฒนาสำหรับระบบการเฝ้าระวังและควบคุมโรคติดต่อในชุมชนพื้นที่จุดผ่อนปรนเพื่อการค้าชายแดนไทย-เมียนมา

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะที่ได้จากงานวิจัยนี้ ได้แก่ 1) การดำเนินงานและการติดต่อประสานงานระหว่างโครงการกับพื้นที่ ต้องมีการประชุมวางแผนในการจัดเตรียม และนัดหมายกลุ่มเป้าหมายในพื้นที่ล่วงหน้า 2) ผลักดันให้เกิดแนวทางการประสานความร่วมมือกับหน่วยงานด้านสาธารณสุขให้ตระหนักถึงระบบการเฝ้าระวังโดยเฉพาะการคัดกรองเบื้องต้นที่บริเวณจุดผ่อนปรนการค้าและช่องทางธรรมชาติในแต่ละพื้นที่ 3) ผลักดันให้ภาคของประชาสังคม อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านให้เป็นเจ้าของปัญหาในพื้นที่เพื่อกระตุ้นความร่วมมือรับทราบถึงปัญหา และทำให้เกิดการแก้ไขอย่างยั่งยืน โดยเพิ่มการระดมทุนขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมาช่วยส่งเสริมระบบ สำหรับในการทบทวนครั้งต่อไป ควรมีการพัฒนากลไกการเฝ้าระวังและการป้องกันควบคุมโรคติดต่อและโรคติดต่ออุบัติใหม่ อุตุนิซ้า ชุมชนพื้นที่จุดผ่อนปรนการค้าชายแดนไทย-เมียนมา (แม่สาย-ท่าขี้เหล็ก) และสร้างความร่วมมือและพัฒนาเครือข่ายความร่วมมือการจัดการโรคติดต่อข้ามแดนในหน่วยงานระดับจังหวัด ระดับอำเภอและระดับท้องถิ่นพื้นที่จังหวัดเชียงรายในบริบทชายแดนไทย-ลาว-เมียนมา

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่ได้สนับสนุนงบประมาณดำเนินการ (RDG62A0007) คณะบุคลากรสาธารณสุขสังกัดสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเชียงรายทุกท่าน ประชาชนในอำเภอแม่สาย อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน ผู้นำท้องที่ ท้องถิ่นทุกท่าน ภาควิชาเครือข่ายทุกเครือข่าย ผู้ที่เกี่ยวข้องทุกภาคส่วน

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงมหาดไทย. (2553). **คู่มือการเสริมสร้างความสัมพันธ์กับประเทศเพื่อนบ้าน**. สำนักงานปลัดกระทรวง มหาดไทย กระทรวงมหาดไทย.
- กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์. (2560). **วิเคราะห์ภาพรวมการค้าชายแดนไทยกับประเทศเพื่อนบ้านมาเลเซีย-เมียนมา-สปป.ลาว-กัมพูชา ปี 2560**. สืบค้นจาก <http://www.dft.go.th/bts/trade-statistics/cid/153/-4>
- เนติ สารเรือน, และนิทรา กิจธีระวุฒิมงษ์. (2558). การเข้าถึงบริการสุขภาพของแรงงานต่างด้าวก่อนก้าวสู่เขตพัฒนาเศรษฐกิจและประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนชายแดนไทย-เมียนมาร์ จังหวัดตาก. **วารสารพยาบาลสาธารณสุข**, 29(3), 123-136.
- ณัฏฐา หริตวร, และชนินทร์นันท์ สุขเกษม. (2561). **สุขภาพชายแดน: การข้ามพรมแดนเพื่อมารับบริการสุขภาพในประเทศไทยของผู้ป่วยจากประเทศเมียนมาร์ ลาวและกัมพูชา**. รายงานวิจัยสถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข.
- พิมลพรรณ ไชยนันท์, และจักรพันธ์ ชัดชุ่มแสง. (2560). โครงการพัฒนาเขตเศรษฐกิจพิเศษกับการเปลี่ยนแปลง ในพื้นที่ชายแดน: บทสำรวจเบื้องต้นในบริบทพื้นที่ตากและเชียงราย. **วารสารสังคมวิทยา มานุษยวิทยา**, 36(1), 104-127.
- ศุภกิจ ศิริลักษณ์. (2557). **ยุทธศาสตร์สุขภาพชายแดนของประเทศไทย**. สำนักนโยบายและแผน. กระทรวงสาธารณสุข.
- สุภัทร ฮาสุวรรณกิจ. (2555). หลักประกันสุขภาพถ้วนหน้าเพื่อคนชายขอบผู้ไม่มีสัญชาติไทย. **วารสารวิจัยระบบสาธารณสุข**, 6(3), 403-415.
- เสาวนีย์ เปี้ยนพานิช, นรินทร สุริยนต์, และพิชญ์รักษ์ กันทวิ. (2562). ผลของการพัฒนาระบบเฝ้าระวังควบคุมป้องกันโรคติดต่อและโรคอุบัติใหม่ตามแนวชายแดนประเทศไทย-เมียนมา-สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว จังหวัดเชียงราย ปี 2560-2561. **วารสารควบคุมโรค**, 45(1), 85-96.
- สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเชียงราย. (2562). **รายงานผลการปฏิบัติงานประจำปีงบประมาณ 2561**. เอกสารอัดสำเนา
- อัครวัฒน์ คำหวาน, และปัตพงษ์ เกษสมบูรณ์. (2559). การเข้าถึงบริการสุขภาพของแรงงานข้ามชาติ กรณีศึกษา อำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย. **วารสารการพัฒนาสุขภาพชุมชนมหาวิทยาลัยขอนแก่น**, 4(3), 359- 374.
- Taro Yamane. (1973). **Statistics: an introductory analysis**. New York: New York: Harper & Row.

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพตามหลัก 3อ.2ส. ของประชาชนที่มีอายุ 15 ปีขึ้นไป ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล

ปวีณา รัตนเสนา^{1*}

Received : September 27, 2022

Revised : April 24, 2023

Accepted : April 28, 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพของประชาชนที่มีอายุ 15 ปีขึ้นไป ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล ด้วยการใช้แบบสอบถามมาตรฐานเกี่ยวกับความรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพตามหลัก 3อ.2ส. (อ.อาหาร อ.ออกกำลังกาย อ.อารมณ์ ส.สูบบุหรี่ และ ส.สุรา) ของประชาชนที่มีอายุ 15 ปีขึ้นไป ฉบับปรับปรุงปี 2561 จากกองสุกศึกษา กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข โดยสำรวจผ่านระบบออนไลน์กูเกิลฟอร์มด้วยการสุ่มแบบบังเอิญ ระหว่างวันที่ 28 มิถุนายน ถึง 20 สิงหาคม พ.ศ. 2565 พบว่ากลุ่มตัวอย่างจำนวน 121 คน ส่วนใหญ่มีพฤติกรรมสุขภาพและความรอบรู้ทางสุขภาพในระดับปานกลาง ที่ร้อยละ 64.5 และ 58.1 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อพิจารณาแต่ละด้านพบว่าส่วนใหญ่มีความรู้ความเข้าใจทางสุขภาพ (ร้อยละ 62.0) การสื่อสารสุขภาพ (ร้อยละ 84.3) การจัดการตนเอง (ร้อยละ 67.8) และการรู้เท่าทันสื่อตามหลัก 3อ.2ส. (ร้อยละ 47.9) ในระดับปานกลาง แต่มีการเข้าถึงข้อมูลและบริการสุขภาพ (ร้อยละ 48.8) และการตัดสินใจและเลือกปฏิบัติที่ถูกต้องตามหลัก 3อ.2ส. (ร้อยละ 55.4) ในระดับสูง เมื่อวิเคราะห์ด้วยสถิติไคสแควร์ พบว่าการเข้าถึงข้อมูลและบริการสุขภาพและการรู้เท่าทันสื่อและสารสนเทศ มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.001$ และสถิติค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อันดับของสเปียร์แมนก็แสดงให้เห็นว่าการเข้าถึงข้อมูลและบริการสุขภาพและการรู้เท่าทันสื่อและสารสนเทศ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับพฤติกรรมสุขภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.01$ ($r_s = .339$ และ $.351$ ตามลำดับ) ผลงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า การส่งเสริมความรู้ทางสุขภาพด้านการเข้าถึงข้อมูลและบริการสุขภาพและด้านการรู้เท่าทันสื่อและสารสนเทศ จะสามารถส่งเสริมพฤติกรรมสุขภาพตามหลัก 3อ.2ส. ของประชาชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ความรอบรู้ทางสุขภาพ พฤติกรรมสุขภาพ

¹ ประธานบริหารหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

อีเมล: drpaweenakorn@gmail.com

* ผู้นิพนธ์หลัก: อีเมล: drpaweenakorn@gmail.com

FACTORS ASSOCIATING WITH THE LEVELS OF 3E2S HEALTH BEHAVIORS OF PEOPLE AGED OVER 15 YEARS IN BANGKOK AND PERIMETER AREA

Paweena Rattanasena^{1*}

Abstract

This research aimed to study the factors associated with the levels of 3E2S health-promoting behaviors of people aged over 15 years in Bangkok and its vicinity area. The standard questionnaire used in this study was developed in 2018 by the Health Education Division, Department of Health Service Support, Ministry of Health, for measuring 3E2S health literacy and health behaviors (eating, exercise, emotion, stop smoking, stop drinking) of people aged over 15 years. The data were collected via Google form by accidental sampling method from the 28th of June to the 20th of August, 2022. The results showed that there were 121 respondents and most of them had moderate levels of overall 3E2S health behaviors and health literacy at 64.5% and 58.1%, respectively. By considering individual aspects, it was found that 3E2S knowledge (62.0%), communication (84.3%), self-management (67.8%), and media literacy (47.9%) were at moderate levels, while access to health information and services (48.8%) and skill in healthcare decision-making (55.4%) were at high levels. The analysis by Chi-square test showed that access to health information and services and media literacy was significantly associated with 3E2S health behaviors at $p < 0.001$. Also, analysis by Spearman's rank correlation coefficients showed similar results that access to health information and services and media literacy had positive relationship with 3E2S health behaviors at $p < 0.01$ ($r_s = .339$ and $.351$ respectively). The results of this study suggested that enhancing health literacy by increasing access to health information and services and media literacy could promote 3E2S health behaviors.

Keywords: Health literacy, Health behaviors

¹ Head of Public Health Program, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, e-mail: drpaweenakorn@gmail.com

* Corresponding author, email: drpaweenakorn@gmail.com

บทนำ

ประเทศไทยมีอัตราการผู้ป่วยโรคเรื้อรังที่มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นในแต่ละปี โรคเรื้อรังที่สำคัญ ได้แก่ โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวานและโรคหัวใจ โดยตัวอย่างสถิติของปี พ.ศ. 2561-2563 พบว่าอัตราการตายเนื่องด้วยโรคความดันโลหิตสูงเพิ่มสูงขึ้นทุกปี คิดเป็นร้อยละ 13.13 , 14.21 และ 14.22 ตามลำดับ อัตราการตายเนื่องด้วยโรคเบาหวาน คิดเป็นร้อยละ 21.87, 25.30 และ 25.05 ตามลำดับ และอัตราการตายเนื่องด้วยโรคหัวใจ คิดเป็น ร้อยละ 31.78 , 31.36 และ 32.57 ตามลำดับ (กองโรคไม่ติดต่อ กระทรวงสาธารณสุข, 2565) สาเหตุหลักสำคัญของการเกิดโรคเรื้อรังดังกล่าวก็ล้วนเกิดจากการมีพฤติกรรมสุขภาพที่ไม่เหมาะสม ได้แก่ การบริโภคผักและผลไม้ในปริมาณน้อย บริโภคอาหารรสหวาน รสเค็มและมีไขมันมากเกินไป การสูบบุหรี่ การดื่มสุรา การออกกำลังกายไม่เพียงพอ และการมีความเครียด เป็นต้น ส่งผลให้ประชาชนเกิดการเจ็บป่วยและเสียชีวิตก่อนวัยอันควร ซึ่งส่งผลกระทบต่อภาวะสุขภาพและระบบเศรษฐกิจตั้งแต่ระดับครอบครัวไปจนถึงระดับประเทศ โดยเฉพาะผลที่สืบเนื่องจากการเข้ารับการรักษาพยาบาลที่ยาวนาน คือการทำให้มีรายจ่ายด้านสุขภาพเพิ่มมากขึ้นและการขาดแคลนบุคลากรและผู้ดูแลที่มีทักษะ ดังนั้น การป้องกันโดยการรักษาสุขภาพของตนเองให้แข็งแรงอยู่เสมอ จึงนับว่าเป็นหนทางป้องกันโรคเรื้อรังที่ดีที่สุด โดยเฉพาะการส่งเสริมพฤติกรรมสุขภาพตามหลัก 3อ.2ส. ของกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ที่ออกแบบมาเพื่อเป็นแนวทางป้องกันการเกิดโรคเรื้อรังด้วยการมีพฤติกรรมทางสุขภาพที่เหมาะสม (กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2563) ซึ่ง 3 อ. ประกอบไปด้วย อ. ที่ 1 คือ อาหาร ทานอาหารแต่พอดี กินให้ครบ 5 หมู่ เพิ่มอาหารที่มีแคลเซียมสูงและโปรตีน ควรมีผักหรือผลไม้ในอาหารทุกมื้อ เน้นอาหารที่ย่อยง่ายเช่น ปลา ผักและผลไม้ ดื่มน้ำสะอาด 1.5 ลิตร อ. ที่ 2 คือ อารมณ์ รู้จักผ่อนคลายอารมณ์เครียด หางานอดิเรกที่ชอบ พักผ่อนให้เพียงพอ ทำจิตใจให้แจ่มใส อ. ที่ 3 คือ ออกกำลังกาย โดยเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อในระดับปานกลาง เช่น เดิน ปั่นจักรยาน รำมวยจีน อย่างน้อย 30 นาทีต่อวัน หรือสะสมวันละ 10 นาที อย่างน้อยสัปดาห์ละ 5 วัน และ 2ส. ได้แก่ ส.ที่ 1 คือ ไม่สูบบุหรี่ ชีการ์ ยามวน ยาเส้น และหลีกเลี่ยงควันบุหรี่ กับ ส.ที่ 2 คือ ลดการดื่มสุรา เบียร์ และเครื่องดื่มมีน้ำตาล

การนำหลักการส่งเสริมพฤติกรรมสุขภาพตาม 3อ.2ส. มาใช้ในชีวิตประจำวันนั้น จะทวีประสิทธิภาพสูงขึ้นเมื่อนำมาประยุกต์ร่วมกับแนวคิดด้านความรู้ด้านสุขภาพ (Health literacy) ซึ่งเป็นแนวคิดที่ได้รับความสนใจจากสังคมมากขึ้น เพราะเป็นแนวคิดที่สามารถพัฒนาขีดความสามารถของแต่ละบุคคลให้มีทักษะในการดูแลสุขภาพของตนเองให้ดีขึ้น เช่น การสังเกตและดูแลอาการเจ็บป่วยด้วยตนเอง ส่งเสริมการมีพฤติกรรมสุขภาพของตนเองที่ถูกต้องและลดปัจจัยเสี่ยงด้านสุขภาพ มีความรับผิดชอบต่อสุขภาพตนเอง และส่งเสริมการตัดสินใจในการเข้ารับการรักษา นำไปสู่การมีคุณภาพชีวิตที่ดีอย่างยั่งยืน ซึ่งสอดคล้องกับแผนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2560-2579) ในยุทธศาสตร์ความเป็นเลิศด้านการส่งเสริมและป้องกันในกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (สกวเนตร ไทระจันทร, 2564)

องค์การอนามัยโลกได้ให้คำนิยาม “Health literacy หรือ ความรอบรู้ด้านสุขภาพ” ไว้ โดยสถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข ได้แปลว่า ความรอบรู้ด้านสุขภาพ คือ “ทักษะต่าง ๆ ทางการรับรู้และทางสังคม ซึ่งเป็นตัวกำหนดแรงจูงใจและความสามารถของปัจเจกบุคคลในการที่จะเข้าถึงเข้าใจ และใช้ข้อมูลในวิธีการต่าง ๆ เพื่อส่งเสริมและบำรุงรักษาสุขภาพของตนเองให้ดีอยู่เสมอ” ซึ่งความรอบรู้ด้านสุขภาพ มีองค์ประกอบหลัก 6 ด้าน ได้แก่ การเข้าถึงข้อมูล (Access) ความรู้ ความเข้าใจ (Cognitive) ทักษะการสื่อสาร (Communication)

skill) การจัดการตนเอง (Self-management) การรู้เท่าทันสื่อ (Media literacy) และทักษะการตัดสินใจ (Decision skill) (วัชรพร เขยสุวรรณ, 2560; ขวัญเมือง แก้วดำเกิง, 2565)

ดังนั้นผู้ศึกษาวิจัยจึงสนใจที่จะทำการศึกษาในอาสาสมัครที่มีอายุ 15 ปีขึ้นไป เกี่ยวกับความรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพตามหลัก 3อ.2ส. และทำการวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพตามหลัก 3อ.2ส. เพื่อนำผลการศึกษาที่ได้มาประยุกต์เป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาและจัดกิจกรรมเพื่อส่งเสริมให้ประชาชนมีการพฤติกรรมสุขภาพที่เหมาะสมในการป้องกันโรคเรื้อรังในลำดับต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาระดับความรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพตามหลัก 3อ.2ส. ของประชาชนที่มีอายุ 15 ปีขึ้นไป ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล
2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพตามหลัก 3อ.2ส. ของประชาชนที่มีอายุ 15 ปีขึ้นไป ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการศึกษาค้างนี้ คือ อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน อาสาสมัครสาธารณสุขบุคลากรทางการแพทย์ นักเรียน/นักศึกษา และประชาชนทั่วไป ที่มีอายุ 15 ปีขึ้นไป ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล การเก็บข้อมูลครั้งนี้ใช้การสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (Accidental sampling) ซึ่งเป็นอาสาสมัครที่ยินยอมตอบแบบสอบถาม โดยมีเกณฑ์คัดเลือกเข้าคือ มีอายุ 15 ปีขึ้นไป และมีความสามารถในการใช้สมาร์โฟนและตอบคำถามผ่านระบบออนไลน์กูเกิลฟอร์ม (Google form) ที่ส่งต่อผ่านสื่อโซเชียล โดยดำเนินการศึกษาระหว่างวันที่ 28 มิถุนายน พ.ศ. 2565 ถึงวันที่ 20 สิงหาคม พ.ศ. 2565 ซึ่งการสำรวจได้จำนวนของกลุ่มตัวอย่างในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑลเท่ากับ 121 คน

2. รูปแบบการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง เพื่อศึกษาความรู้ด้านสุขภาพ (6 ด้าน ได้แก่ ความรู้ความเข้าใจทางสุขภาพ การเข้าถึงข้อมูลและบริการสุขภาพ การสื่อสารสุขภาพ การจัดการตนเอง การรู้เท่าทันสื่อและสารสนเทศ การตัดสินใจและเลือกปฏิบัติที่ถูกต้อง) และปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อพฤติกรรมสุขภาพตามหลัก 3อ.2ส. ของประชาชนที่มีอายุ 15 ปีขึ้นไป ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการศึกษาค้างนี้ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถามความรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพ ตาม 3อ.2ส. ของประชาชนที่มีอายุ 15 ปีขึ้นไป ฉบับปรับปรุงปี 2561 จากกองสุศึกษา กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข (กองสุศึกษา กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข, 2561) อ้างอิงจากงานวิจัยของ เกษตพร ศรีสุวอ (2564) โดยแบบสอบถามได้ผ่านการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน และนำไปทดลองใช้ (Try out) กับกลุ่มตัวอย่างที่ใกล้เคียงกันจำนวน 30 คน เมื่อวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาครอนบาค (Cronbach's Alpha coefficient) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.85 และงานวิจัยของ สกาวเนตร ไทรแจ่มจันทร์ และคณะ (2564) ซึ่งหาความเชื่อมั่นโดยนำไปทดลองใช้กับประชาชนในชุมชนบ้านเอื้ออาทร บางเขน (คลองถนน) จำนวน 30 ราย ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จากนั้นจึงใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของ

ครองบวกเพื่อคำนวณหาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามความรอบรู้ด้านสุขภาพและแบบสอบถามพฤติกรรมสุขภาพ 3อ.2ส. มีค่าเท่ากับ 0.87 และ 0.70 ตามลำดับ โดยแบบสอบถามประกอบด้วย

ตอนที่ 1 : แบบสอบถามปัจจัยส่วนบุคคล ประกอบไปด้วยคำถาม 8 ข้อ ได้แก่ ประเภทของผู้ตอบ แบบสอบถาม เพศ อายุ ระดับ BMI สถานภาพสมรส การศึกษา อาชีพ โรคประจำตัว

ตอนที่ 2 : แบบสอบถามความรอบรู้ด้านสุขภาพตามหลัก 3อ.2ส. มี 6 ด้าน ได้แก่

ด้านที่ 1 ความรู้ความเข้าใจทางสุขภาพ ประกอบไปด้วยคำถาม 6 ข้อ ถ้าตอบถูก ได้ข้อละ 1 คะแนน ถ้าตอบผิด ได้ข้อละ 0 คะแนน จึงแบ่งระดับความรู้ความเข้าใจทางสุขภาพ ได้ดังนี้ ช่วงคะแนน 0-2 คะแนน = ระดับต่ำ, 3-4 คะแนน = ระดับปานกลาง, 5-6 คะแนน = ระดับสูง

สำหรับแบบสอบถามด้านที่ 2-5 มีเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อ คือ ความถี่ในการปฏิบัติทุกครั้ง, บ่อยครั้ง, บางครั้ง, นาน ๆ ครั้ง และไม่ได้ปฏิบัติ/ไม่เคย ได้คะแนน 5, 4, 3, 2, 1 ในข้อที่ปฏิบัติถูกต้อง (เชิงบวก) และได้คะแนน 1, 2, 3, 4, 5 ในข้อที่ปฏิบัติไม่ถูกต้อง (เชิงลบ) ตามลำดับ

ด้านที่ 2 การเข้าถึงข้อมูลและบริการสุขภาพ ประกอบไปด้วยคำถาม 2 ข้อ จึงแบ่งระดับการเข้าถึงข้อมูลและบริการสุขภาพ ได้ดังนี้ ช่วงคะแนน 2-4.66 คะแนน = ระดับต่ำ, 4.67-7.33 คะแนน = ระดับปานกลาง, 7.34-10 คะแนน = ระดับสูง

ด้านที่ 3 การสื่อสารสุขภาพ ประกอบไปด้วยคำถาม 3 ข้อ จึงแบ่งระดับการสื่อสารสุขภาพ ได้ดังนี้ ช่วงคะแนน 3-7 คะแนน = ระดับต่ำ, 8-11 คะแนน = ระดับปานกลาง, 12-15 คะแนน = ระดับสูง

ด้านที่ 4 การจัดการตนเอง ประกอบไปด้วยคำถาม 3 ข้อ จึงแบ่งระดับการจัดการตนเอง ได้ดังนี้ ช่วงคะแนน 3-7 คะแนน = ระดับต่ำ, 8-11 คะแนน = ระดับปานกลาง, 12-15 คะแนน = ระดับสูง

ด้านที่ 5 การรู้เท่าทันสื่อและสารสนเทศ ประกอบไปด้วยคำถาม 2 ข้อ จึงแบ่งระดับการรู้เท่าทันสื่อและสารสนเทศ ได้ดังนี้ ช่วงคะแนน 2-4.66 คะแนน = ระดับต่ำ, 4.67-7.33 คะแนน = ระดับปานกลาง, 7.34-10 คะแนน = ระดับสูง

ด้านที่ 6 การตัดสินใจและเลือกปฏิบัติที่ถูกต้อง ประกอบไปด้วยคำถาม 3 ข้อ ข้อละ 4 คะแนน รวม 12 คะแนน มีเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อดังนี้ การตัดสินใจเลือกปฏิบัติถูกต้องที่สุด, ถูกต้อง, ไม่ถูกต้อง, ไม่ถูกต้องที่สุด ได้คะแนน 4, 3, 2, 1 ในข้อที่ตัดสินใจถูกต้อง (เชิงบวก) และได้คะแนน 1, 2, 3, 4 ในข้อที่ตัดสินใจไม่ถูกต้อง (เชิงลบ) ตามลำดับ จึงแบ่งระดับการตัดสินใจเลือกปฏิบัติที่ถูกต้อง ได้ดังนี้ ช่วงคะแนน 3-6 คะแนน ระดับต่ำ, 7-9 คะแนน = ระดับปานกลาง และ 10-12 คะแนน = ระดับสูง

ตอนที่ 3 : พฤติกรรมสุขภาพตามหลัก 3อ.2ส. ประกอบไปด้วยคำถาม 6 ข้อ ข้อละ 5 คะแนน รวม 30 คะแนน มีเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อ ดังนี้ ความถี่ในการปฏิบัติโดยเฉลี่ย/สัปดาห์ ที่ 6-7 วัน/สัปดาห์, 4-5 วัน/สัปดาห์, 3 วัน/สัปดาห์, 1-2 วัน/สัปดาห์, และไม่ได้ปฏิบัติ ได้คะแนน 5, 4, 3, 2, 1 ในข้อที่เป็นการปฏิบัติถูกต้อง (เชิงบวก) และได้คะแนน 1, 2, 3, 4, 5 ในข้อที่ปฏิบัติไม่ถูกต้อง (เชิงลบ) ตามลำดับ จึงแบ่งระดับพฤติกรรมสุขภาพตามหลัก 3อ.2ส. ตามเกณฑ์อันตรายภาคขึ้น ได้ดังนี้ ช่วงคะแนน 6-14 คะแนน = ระดับต่ำ, 15-22 คะแนน = ระดับปานกลาง และ 23-30 คะแนน = ระดับสูง

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

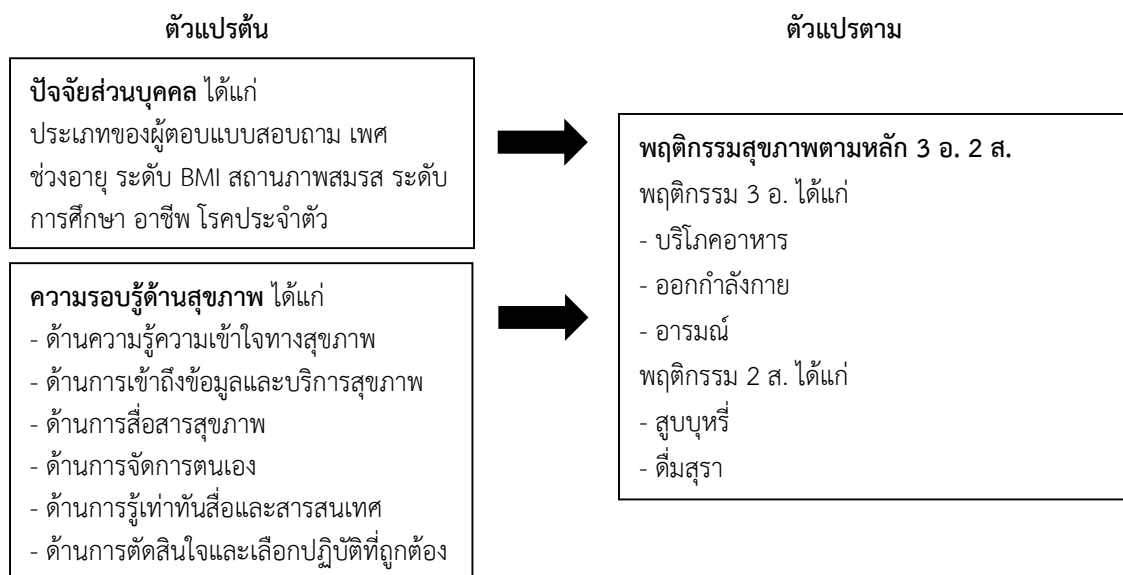
การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด และสถิติเชิงอนุมาน (Inferential statistics) ได้แก่ สถิติไคสแควร์ (Chi-square test) และสถิติค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อันดับของสเปียร์แมน (Spearman's rank correlation coefficient) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์สถิติ SPSS version 16.0

5. การพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยได้ระบุข้อความในแบบสอบถามเพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์และวิธีการดำเนินการวิจัยให้กลุ่มตัวอย่างได้ทำความเข้าใจ รวมทั้งแจ้งให้กลุ่มตัวอย่างทราบว่า การเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้เป็นการเข้าร่วมด้วยความสมัครใจจากการตัดสินใจของกลุ่มตัวอย่าง ข้อมูลที่ได้จะถูกเก็บไว้เป็นความลับ ไม่มีการเปิดเผยให้เกิดผลกระทบหรือเกิดผลเสียต่อกลุ่มตัวอย่าง และการนำเสนอข้อมูลจะเป็นการนำเสนอในภาพรวมเพื่อใช้ประโยชน์ทางการศึกษาเท่านั้น

6. กรอบแนวคิดในการวิจัย

กรอบแนวคิดในการวิจัยมีดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดวิจัย

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

จากผลการสำรวจข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถาม พบว่า ส่วนใหญ่เป็นประชาชนทั่วไป จำนวน 44 คน (ร้อยละ 36.4) เป็นเพศหญิง จำนวน 92 คน (ร้อยละ 76.0) อายุ 20-29 ปี จำนวน 45 คน (ร้อยละ 37.2) มี BMI อยู่ในช่วงปกติ ระหว่าง 18.50 - 22.90 กิโลกรัม/เมตร² จำนวน 47 คน (ร้อยละ 38.8) มีสถานภาพโสด จำนวน 68 คน (ร้อยละ 56.2) มีการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรีขึ้นไป จำนวน 61 คน (ร้อยละ 50.4) ทำงานในหน่วยงานรัฐ/รัฐวิสาหกิจ จำนวน 55 คน (ร้อยละ 45.5) และไม่มีโรคประจำตัว จำนวน 104 คน (ร้อยละ 86.0) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามความรอบรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพตามหลัก 3อ.2ส.
(n=121)

ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม		จำนวนคน (ร้อยละ)
ประเภทของผู้ตอบ แบบสอบถาม	อสม./อสส.	13 (10.7)
	บุคลากรทางการแพทย์	36 (29.8)
	นักเรียน/นักศึกษา	28 (23.1)
	ประชาชนทั่วไป	44 (36.4)
เพศ	ชาย	29 (24.0)
	หญิง	92 (76.0)
ช่วงอายุ	10-19 ปี	12 (9.9)
	20-29 ปี	45 (37.2)
	30-39 ปี	36 (29.8)
	40-49 ปี	16 (13.2)
	50 ปีขึ้นไป	12 (9.9)
ระดับ BMI	น้อยกว่า 18.50 กิโลกรัม/เมตร ²	13 (10.7)
	ระหว่าง 18.50 - 22.90 กิโลกรัม/เมตร ²	47 (38.8)
	ระหว่าง 23 - 24.90 กิโลกรัม/เมตร ²	24 (19.8)
	ระหว่าง 25 - 29.90 กิโลกรัม/เมตร ²	25 (20.7)
	มากกว่า 30 กิโลกรัม/เมตร ²	12 (9.9)
สถานภาพสมรส	โสด	68 (56.2)
	สมรส/คู่	45 (37.2)
	หม้าย/หย่า/แยก/อื่นๆ	8 (6.6)
ระดับการศึกษา	ประถมศึกษาและต่ำกว่า	9 (7.4)
	มัธยมศึกษา/ปวช.	36 (29.8)
	อนุปริญญา/ปวส.	15 (12.4)
	ปริญญาตรีขึ้นไป	61 (50.4)
อาชีพ	รับจ้างทั่วไป/ เกษตรกรรม	20 (16.5)
	ค้าขาย/ทำธุรกิจ	7 (5.8)
	ทำงานในหน่วยงานรัฐ/รัฐวิสาหกิจ	55 (45.5)
	ทำงานในหน่วยงานเอกชน	9 (7.4)
	นักเรียน/นักศึกษา/แม่บ้าน	30 (24.8)
โรคประจำตัวของผู้ตอบ แบบสอบถาม	ไม่มี	104 (86.0)
	มี	17 (14.1)

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถาม พบว่าส่วนใหญ่มีความรู้ความเข้าใจทางสุขภาพตามหลัก 3อ.2ส. ในระดับปานกลาง ที่ร้อยละ 62.0 การเข้าถึงข้อมูลและบริการสุขภาพ ในระดับสูง ที่ร้อยละ 48.8 การสื่อสารสุขภาพ ในระดับปานกลาง ที่ร้อยละ 84.3 การจัดการตนเอง ในระดับปานกลาง ที่ร้อยละ 68.7 การรู้เท่าทันสื่อและสารสนเทศ ในระดับปานกลาง ที่ร้อยละ 47.9 การตัดสินใจและเลือกปฏิบัติที่ถูกต้อง ในระดับสูง ที่ร้อยละ 55.4 โดยเฉลี่ยแล้ว กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีความรอบรู้ทางสุขภาพในระดับปานกลาง ที่ร้อยละ 58.1 และมีพฤติกรรมสุขภาพตามหลัก 3อ.2ส. ในระดับปานกลาง ที่ร้อยละ 64.5 (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ระดับความรู้ความเข้าใจทางสุขภาพ การเข้าถึงข้อมูลและบริการสุขภาพ การสื่อสารสุขภาพ การจัดการตนเอง การรู้เท่าทันสื่อและสารสนเทศ การตัดสินใจและเลือกปฏิบัติที่ถูกต้อง และพฤติกรรมสุขภาพ ตามหลัก 3อ.2ส. ของผู้ตอบแบบสอบถาม (n=121)

รายการ	จำนวนคน (ร้อยละ)		
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง
ความรอบรู้ด้านสุขภาพ			
ความรู้ความเข้าใจทางสุขภาพ	9 (7.4)	75 (62.0)	37 (30.6)
การเข้าถึงข้อมูลและบริการสุขภาพ	5 (4.1)	57 (47.1)	59 (48.8)
การสื่อสารสุขภาพ	11 (9.1)	102 (84.3)	8 (6.6)
การจัดการตนเอง	9 (7.4)	82 (67.8)	30 (24.8)
การรู้เท่าทันสื่อและสารสนเทศ	6 (5.0)	58 (47.9)	57 (47.1)
การตัดสินใจและเลือกปฏิบัติที่ถูกต้อง	6 (5.0)	48 (39.7)	67 (55.4)
ค่าเฉลี่ยร้อยละ	6.3	58.1	35.6
พฤติกรรมสุขภาพ	0 (0.0)	78 (64.5)	43 (35.5)

นอกจากนี้ เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลและพฤติกรรมสุขภาพตามหลัก 3อ.2ส. ด้วยสถิติไคสแควร์พบว่า ไม่มีปัจจัยส่วนบุคคลใด ๆ ที่มีความสัมพันธ์กับระดับพฤติกรรมสุขภาพตามหลัก 3อ.2ส. (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลและพฤติกรรมสุขภาพตามหลัก 3อ.2ส. วิเคราะห์ผลด้วยสถิติไคสแควร์ (n=121)

ปัจจัยส่วนบุคคล		ระดับพฤติกรรมสุขภาพ (จำนวนคน)		Chi-squar e test	p- value
		ปานกลาง	สูง		
ประเภท	อสม./ออสส.	7	6	3.534	.316
	บุคลากรทางการแพทย์	21	15		
	นักเรียน/นักศึกษา	17	11		
	ประชาชนทั่วไป	33	11		
เพศ	ชาย	22	7	2.163	.141
	หญิง	56	36		
ช่วงอายุ	10-19 ปี	7	5	0.598	.963
	20-29 ปี	29	16		
	30-39 ปี	24	12		
	40-49 ปี	11	5		
	50 ปีขึ้นไป	7	5		
ระดับ BMI	น้อยกว่า 18.50 กิโลกรัม/เมตร ²	8	5	3.975	.409
	ระหว่าง 18.50 - 22.90 กิโลกรัม/เมตร ²	29	18		
	ระหว่าง 23 - 24.90 กิโลกรัม/เมตร ²	13	11		
	ระหว่าง 25 - 29.90 กิโลกรัม/เมตร ²	20	5		
	มากกว่า 30 กิโลกรัม/เมตร ²	8	4		
สถานภาพสมรส	โสด	47	21	1.765	.414
	สมรส/คู่	27	18		
	หม้าย/หย่า/แยก/อื่นๆ	4	4		
ระดับการศึกษา	ประถมศึกษาและต่ำกว่า	7	2	1.603	.659
	มัธยมศึกษา/ปวช.	25	11		
	อนุปริญญา/ปวส.	9	6		
	ปริญญาตรีขึ้นไป	37	24		

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลและพฤติกรรมสุขภาพตามหลัก 3อ.2ส. วิเคราะห์ผลด้วยสถิติไคสแควร์ (n=121) (ต่อ)

ปัจจัยส่วนบุคคล		ระดับพฤติกรรมสุขภาพ (จำนวนคน)		Chi-square test	p-value
		ปานกลาง	สูง		
อาชีพ	รับจ้างทั่วไป/ เกษตรกรรม	12	8	1.052	.902
	ค้าขาย/ทำธุรกิจ	5	2		
	ทำงานในหน่วยงานรัฐ/รัฐวิสาหกิจ	35	20		
	ทำงานในหน่วยงานเอกชน	7	2		
	นักเรียน/นักศึกษา/แม่บ้าน	19	11		
โรค	ไม่มี	66	38	0.324	.569
ประจำตัว	มี	12	5		

เมื่อวิเคราะห์ด้วยสถิติไคสแควร์ (Chi-square test) พบว่า การเข้าถึงข้อมูลและบริการสุขภาพและการรู้เท่าทันสื่อและสารสนเทศ มีความสัมพันธ์กับระดับพฤติกรรมสุขภาพตามหลัก 3อ.2ส. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p=.001$ (ตารางที่ 4) เมื่อทำการวิเคราะห์ระดับความสัมพันธ์ระหว่างด้านต่าง ๆ ของความรอบรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพตามหลัก 3อ.2ส. โดยสถิติค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อันดับของสเปียร์แมน (Spearman's rank correlation coefficient) (ตารางที่ 5) พบว่า การเข้าถึงข้อมูลและบริการสุขภาพมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับการสื่อสารสุขภาพ การจัดการตนเอง การรู้เท่าทันสื่อและสารสนเทศ และพฤติกรรมสุขภาพ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<.01$ โดยมีค่า $r_s = .292, .402, .395, .339$ ตามลำดับ การสื่อสารสุขภาพและการรู้เท่าทันสื่อและสารสนเทศมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับการจัดการตนเอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<.01$ โดยมีค่า $r_s = .236$ และ $.336$ ตามลำดับ นอกจากนี้ การรู้เท่าทันสื่อและสารสนเทศยังมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับพฤติกรรมสุขภาพที่ $p<.01$ โดยมีค่า $r_s = .351$ สำหรับการตัดสินใจเลือกปฏิบัติที่ถูกต้องกับการจัดการตนเอง การสื่อสารสุขภาพกับการรู้เท่าทันสื่อและสารสนเทศ การจัดการตนเองและพฤติกรรมสุขภาพ มีความสัมพันธ์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<.05$ จากผลการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่า การเข้าถึงข้อมูลและบริการสุขภาพและการรู้เท่าทันสื่อ มีอิทธิพลในการส่งเสริมความรอบรู้ทางสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพอย่างเห็นได้ชัด

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความรู้ความเข้าใจทางสุขภาพ การเข้าถึงข้อมูลและบริการสุขภาพ การสื่อสารสุขภาพ การจัดการตนเอง การรู้เท่าทันสื่อและสารสนเทศ การตัดสินใจและเลือกปฏิบัติที่ถูกต้อง และพฤติกรรมสุขภาพ ตามหลัก 3อ.2ส. วิเคราะห์ผลด้วยสถิติไคสแควร์ (n=121)

ระดับ		ระดับพฤติกรรม		รวม	Chi-square test	p-value
		สุขภาพ				
		ปานกลาง	สูง			
ความรู้ความเข้าใจทางสุขภาพ	ต่ำ	8	1	9	3.328	.189
	ปานกลาง	49	26	75		
	สูง	21	16	37		
การเข้าถึงข้อมูลและบริการสุขภาพ	ต่ำ	4	1	5	14.536	.001*
	ปานกลาง	46	11	57		
	สูง	28	31	59		
การสื่อสารสุขภาพ	ต่ำ	9	2	11	3.988	.136
	ปานกลาง	66	36	102		
	สูง	3	5	8		
การจัดการตนเอง	ต่ำ	8	1	9	5.327	.070
	ปานกลาง	55	27	82		
	สูง	15	15	30		
การรู้เท่าทันสื่อและสารสนเทศ	ต่ำ	6	0	6	14.939	.001*
	ปานกลาง	45	13	58		
	สูง	27	30	57		
การตัดสินใจและเลือกปฏิบัติที่ถูกต้อง	ต่ำ	6	0	6	3.751	.153
	ปานกลาง	32	17	49		
	สูง	40	26	66		

หมายเหตุ *แสดงถึงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < .001$

ตารางที่ 5 ความสัมพันธ์และทิศทางของความสัมพันธ์ระหว่างระดับความรู้ความเข้าใจทางสุขภาพ การเข้าถึงข้อมูลและบริการสุขภาพ การสื่อสารสุขภาพ การจัดการตนเอง การรู้เท่าทันสื่อและสารสนเทศ การตัดสินใจและเลือกปฏิบัติที่ถูกต้อง และพฤติกรรมสุขภาพ ตามหลัก 3อ.2ส. วิเคราะห์สถิติเพื่อหาความสัมพันธ์ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อันดับของสเปียร์แมน

Spearman's rank correlation coefficient ^a	ความรู้ความเข้าใจทางสุขภาพ	การเข้าถึงข้อมูลและบริการสุขภาพ	การสื่อสารสุขภาพ	การจัดการตนเอง	การรู้เท่าทันสื่อและสารสนเทศ	การตัดสินใจและเลือกปฏิบัติที่ถูกต้อง	พฤติกรรมสุขภาพ
ความรู้ความเข้าใจทางสุขภาพ	1.000						
การเข้าถึงข้อมูลและบริการสุขภาพ	0.011	1.000					
การสื่อสารสุขภาพ	.145	.292**	1.000				
การจัดการตนเอง	.006	.402**	.236**	1.000			
การรู้เท่าทันสื่อและสารสนเทศ	.002	.395**	.193*	.336**	1.000		
การตัดสินใจและเลือกปฏิบัติที่ถูกต้อง	.173	.026	.177	.185*	.050	1.000	
พฤติกรรมสุขภาพ	.121	.339**	.177	.207*	.351**	.104	1.000

หมายเหตุ

* แสดงถึงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < .05$

**แสดงถึงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < .01$

^aค่า $r_s = +1$ แสดงถึงความสัมพันธ์ที่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน

ค่า $r_s = 0$ แสดงถึงการไม่มีความสัมพันธ์

ค่า $r_s = -1$ แสดงถึงความสัมพันธ์ที่เป็นไปในทิศทางตรงกันข้าม

อภิปรายผล

จากผลการสำรวจความรู้ทางสุขภาพตามหลัก 3อ.2ส. ในกลุ่มตัวอย่างประชาชนที่มีอายุ 15 ปีขึ้นไป ส่วนใหญ่มีความรอบรู้ทางสุขภาพในด้านต่าง ๆ และพฤติกรรมสุขภาพตามหลัก 3อ.2ส. ในระดับปานกลาง แต่มีการเข้าถึงข้อมูลและบริการสุขภาพและการตัดสินใจเลือกปฏิบัติที่ถูกต้องตามหลัก 3อ.2ส. ในระดับสูง (ตารางที่ 2) แสดงให้เห็นว่า แม้ว่าจะมีพฤติกรรมสุขภาพในระดับปานกลาง แต่ประชาชนกลุ่มนี้ก็มีการเข้าถึงข้อมูลและบริการสุขภาพและการตัดสินใจเลือกปฏิบัติที่ถูกต้องตามหลัก 3อ.2ส. ได้อย่างดี จึงควรส่งเสริมปัจจัยทั้งสองนี้ เพื่อให้ประชาชนมีพฤติกรรมสุขภาพที่ดีมากขึ้น ซึ่งผลจากงานวิจัยนี้ใกล้เคียงกับงานวิจัยของอารีย์ แร่ทอง (2562) ที่ศึกษาเรื่องความรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพ 3อ.2ส. ของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน กรณีศึกษาตำบลหินตก อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่าส่วนใหญ่ของ อสม. ทั้งเพศชายและเพศหญิงมีพฤติกรรมสุขภาพในระดับพอใช้ และความรู้ทางสุขภาพส่วนใหญ่อยู่ในระดับพอใช้ แต่มีการตัดสินใจเลือกปฏิบัติที่ถูกต้องตามหลัก 3อ.2ส. ในระดับดีมาก ผลงานวิจัยนี้จึงแสดงให้เห็นว่า

กลุ่มตัวอย่างอาสาสมัครสาธารณสุขควรได้รับการส่งเสริมให้ได้รับความรู้ผ่านการสื่อสารแลกเปลี่ยนและการเข้าถึงสื่อข้อมูลสารสนเทศ เพื่อเพิ่มความมั่นใจในการนำความสามารถในการตัดสินใจที่ถูกต้องของตนเอง มาใช้เพื่อการปฏิบัติตนตามหลัก 3อ.2ส. อย่างจริงจังและมีประสิทธิภาพ

เมื่อวิเคราะห์ผลการสำรวจด้วยสถิติไคสแควร์ พบว่า ไม่มีปัจจัยส่วนบุคคลใด ๆ ที่มีความสัมพันธ์กับระดับพฤติกรรมตามหลัก 3อ.2ส. (ตารางที่ 3) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พิทยา ไพบูลย์ศิริ (2561) ที่ทำการวิจัยเรื่องความรอบรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพ 3อ.2ส. ในผู้บริหารระดับจังหวัดภาครัฐจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ที่พบว่าปัจจัยส่วนบุคคลไม่มีความสัมพันธ์กับความรอบรู้ด้านสุขภาพแต่อย่างใด แม้ว่าส่วนใหญ่ของผู้บริหารจะมีระดับความรู้ความเข้าใจ การเข้าถึงข้อมูล การรู้เท่าทันสื่อและการตัดสินใจ อยู่ในระดับดีมาก ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยของ นพมาศ โกศล และคณะ (2562) ที่ศึกษาเรื่องความรอบรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพ 3อ.2ส. ของกลุ่มวัยทำงานสำหรับหมู่บ้านจัดการสุขภาพ: กรณีศึกษาชุมชนบ้านวังหิน อำเภอทุ่งใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่พบว่า เพศ สถานภาพสมรส และระดับการศึกษา มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพตามหลัก 3อ.2ส. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.001$, $p < 0.05$ และ $p < 0.05$ ตามลำดับ และงานวิจัยของ อารีย์ แร่ทอง (2562) ที่ศึกษาเรื่องความรอบรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพ 3อ.2ส. ของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน กรณีศึกษาตำบลหินตก อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่า เฉพาะปัจจัยส่วนบุคคลด้านอายุเท่านั้น ที่มีความสัมพันธ์กับระดับความรอบรู้ทางสุขภาพ

อย่างไรก็ตาม ในงานวิจัยนี้พบว่าระดับการเข้าถึงข้อมูลและบริการสุขภาพ และการรู้เท่าทันสื่อสารสนเทศ มีความสัมพันธ์กับระดับพฤติกรรมสุขภาพตามหลัก 3อ.2ส. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < .001$ เมื่อวิเคราะห์ด้วยสถิติไคสแควร์ (ตารางที่ 4) แสดงให้เห็นว่าการสื่อสารทางสุขภาพที่ดี โดยเฉพาะผ่านทางระบบอินเทอร์เน็ตและสื่อโซเชียลที่กลุ่มตัวอย่างนิยมใช้มากที่สุดในการรับข้อมูลข่าวสารทางสุขภาพ จะมีบทบาทอย่างมากในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขภาพตามหลัก 3อ.2ส. ซึ่งใกล้เคียงกับงานวิจัยของ พิทยา ไพบูลย์ศิริ (2561) ที่ทำการวิจัยเรื่องความรอบรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพ 3อ.2ส. ในผู้บริหารระดับจังหวัดภาครัฐจังหวัดพระนครศรีอยุธยา และพบว่า เมื่อนำระดับคะแนนของความรอบรู้ด้านสุขภาพแต่ละองค์ประกอบมาหาความสัมพันธ์กับระดับคะแนนของพฤติกรรมสุขภาพ จะแสดงให้เห็นว่า การเข้าถึงข้อมูล การสื่อสาร การจัดการตนเอง การตัดสินใจและความรอบรู้โดยรวม มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ และ $p < 0.001$ ตามลำดับ นอกจากนี้ งานวิจัยของทรงธรรมณ์ จินาพงศ์ และคณะ (2561) แสดงให้เห็นว่าประสบการณ์การรับรู้การดูแลสุขภาพตาม 3อ.2ส. มีความสัมพันธ์กับความรอบรู้ด้านสุขภาพตามหลัก 3อ.2ส. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p = .000$ จึงควรมีการเพิ่มสื่อสารสนเทศและการเข้าถึงข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับ 3อ.2ส. เพื่อให้เกิดการรับรู้และการดูแลสุขภาพตามหลัก 3อ.2ส. ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น อาจกล่าวได้ว่า การสื่อสารด้านสุขภาพและการให้ข้อมูลด้านสุขภาพที่ถูกต้องอย่างมีคุณภาพและประสิทธิภาพ จะช่วยส่งเสริมให้ผู้ที่รับข้อมูลข่าวสารนั้นเกิดการมีพฤติกรรมสุขภาพเป็นไปในทิศทางที่ดี ดังแสดงได้จากผลงานวิจัยนี้ที่การเข้าถึงข้อมูลและบริการสุขภาพและการรู้เท่าทันสื่อและสารสนเทศ มีความสัมพันธ์ไปในทางบวกกับความรอบรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพตามหลัก 3อ.2ส. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 5) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นพมาศ โกศล และคณะ (2562) ที่ศึกษาเรื่องความรอบรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพ 3อ.2ส. ของกลุ่มวัยทำงานสำหรับหมู่บ้านจัดการสุขภาพ: กรณีศึกษาชุมชนบ้านวังหิน อำเภอทุ่งใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่พบว่า การเข้าถึงข้อมูล การสื่อสารสุขภาพ การจัดการตนเอง การรู้เท่าทันสื่อ และความรอบรู้ทางสุขภาพโดยรวม มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับพฤติกรรมสุขภาพตามหลัก 3อ.2ส. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.001$, $p < 0.01$, $p < 0.05$, $p < 0.01$ และ $p < 0.001$ ตามลำดับ

สรุป

การสำรวจกลุ่มตัวอย่างประชาชนที่มีอายุ 15 ปีขึ้นไป ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล ด้วยการใช้แบบสอบถามมาตรฐานเกี่ยวกับความรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพตามหลัก 3อ.2ส. ของ กระทรวงสาธารณสุข พบว่าส่วนใหญ่มีระดับพฤติกรรมสุขภาพและความรู้ทางสุขภาพในระดับปานกลาง โดยส่วนใหญ่มีความรู้ความเข้าใจทางสุขภาพ การสื่อสารสุขภาพ การจัดการตนเอง และการรู้เท่าทันสื่อในระดับปานกลาง แต่มีการเข้าถึงข้อมูลและบริการสุขภาพและการตัดสินใจและเลือกปฏิบัติที่ถูกต้องในระดับสูง เมื่อวิเคราะห์ด้วยสถิติไคสแควร์ ไม่พบว่ามีการปัจจัยส่วนบุคคลใด ๆ ที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพ แต่พบว่า การเข้าถึงข้อมูลและบริการสุขภาพ และการรู้เท่าทันสื่อและสารสนเทศ มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < .001$ ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ระดับความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยโดยใช้สถิติค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อันดับของสเปียร์แมน ที่พบว่า การเข้าถึงข้อมูลและบริการสุขภาพ และการรู้เท่าทันสื่อและสารสนเทศ มีความสัมพันธ์ไปในทางบวกกับความรู้ทางสุขภาพด้านต่าง ๆ และพฤติกรรมสุขภาพตามหลัก 3อ.2ส. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า การให้ความรู้ความเข้าใจด้านสุขภาพที่ถูกต้องผ่านทางสื่อและสารสนเทศ รวมไปถึงการเปิดกว้างในการเข้าถึงข้อมูลและบริการสุขภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะนำไปสู่การตัดสินใจที่ถูกต้อง และนำไปสู่ปลายทางของการดูแลสุขภาพได้อย่างถูกต้องตามหลัก 3อ.2ส.

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากผลงานวิจัย

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นบทบาทของการเข้าถึงข้อมูลและบริการสุขภาพและการรู้เท่าทันสื่อและสารสนเทศ ที่มีผลต่อความรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพตามหลัก 3อ.2ส. ในกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมสุขภาพในประชากรในอนาคตต่อไป

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการสำรวจในประชาชนทั่วไปที่มีอายุตั้งแต่ 15 ปีขึ้นไป โดยส่วนใหญ่เป็นผู้ที่มีระดับการศึกษาตั้งแต่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจนถึงระดับปริญญาตรี ซึ่งเป็นกลุ่มผู้ที่มีความรู้และมีความสามารถในการเข้าถึงข้อมูลสุขภาพได้ดีอยู่แล้ว แต่ข้อมูลของผู้ที่มีระดับการศึกษาต่ำกว่านั้น ซึ่งมักจะเป็นกลุ่มที่มีปัญหาด้านสุขภาพ มีไม่เพียงพอที่จะสะท้อนถึงปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อความรู้และพฤติกรรมสุขภาพ ตามหลัก 3อ.2ส. ดังนั้น ในการทำวิจัยครั้งต่อไปจึงควรเก็บข้อมูลในกลุ่มตัวอย่างดังกล่าวให้มากขึ้น นอกจากนี้ ในการทำวิจัยครั้งต่อไป การเก็บตัวอย่างควรเป็นการสุ่มกลุ่มตัวอย่างโดยใช้หลักความน่าจะเป็น เพื่อให้อาสาสมัครที่เข้าร่วมในงานวิจัยเป็นตัวแทนประชากรที่ดี

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนักศึกษาหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรบัณฑิต วิชาเอกสาธารณสุขชุมชน มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ได้แก่ นางสาวธัญญา สมบูรณ์, นางสาวชญญาทิพย์ พุทธรังค์, นางสาวสุทิววัน ขวัญติก, นางสาวชลมา เตาวโด, นางกัลยา กำประโคน, นางสาวเพ็ญศิริ สิริกุล, นางศุภากร อุทาพงศ์ และนางสาวรุ่งนภา ตาเมือง ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

เอกสารอ้างอิง

- กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. (2563). **3อ.2ส. รหัสป้องกันโรค**. สืบค้นจาก https://multimedia.anamai.moph.go.th/infographics/info_190-protect/
- กองโรคไม่ติดต่อ กระทรวงสาธารณสุข. (2565). **จำนวนและอัตราตายด้วย 5 โรคไม่ติดต่อ (NCD) ปี 2559 - 2563**. สืบค้นจาก <http://www.thaincd.com/2016/mission/documents-detail.php?id=14220&tid=32&gid=1-020>
- กองสุศึกษา กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข. (2561). **แบบประเมินความรอบรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพ ตาม 3อ.2ส. ของประชาชนที่มีอายุ 15 ปีขึ้นไป ฉบับปรับปรุงปี 2561**. สืบค้นจาก <http://www.hed.go.th/linkHed/333>
- เกษดาพร ศรีสุว. (2564). การศึกษาความรอบรู้ด้านสุขภาพตามหลัก 3อ 2ส ของผู้สูงอายุโรคเบาหวานที่มาใช้บริการที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล บ้านแม่มนต์ ตำบลหนองไผ่ อำเภอมือง จังหวัดอุดรธานี. **วารสารการพยาบาล สุขภาพ และการศึกษา**, 4(2), 35-44.
- ขวัญเมือง แก้วดำเกิง. (2565). **ความรอบรู้ด้านสุขภาพ เข้าถึง เข้าใจ และการนำไปใช้** (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์อัมรินทร์.
- ทรงพรรณ จินาพงศ์, ภัทริศว์ ดำเสน, นันทรัตน์ ศรีสวัสดิ์, และไพฑูรย์ โพธิสาร. (2561). **การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะส่วนบุคคลกับความรอบรู้ด้านสุขภาพ 3อ.2ส. ของนักศึกษาสาขาวิชาพลศึกษาและวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพ**. การประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ (NGRC) ครั้งที่ 47, วันที่ 6-7 ธันวาคม 2561. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. 1-8.
- นพมาศ โกศล, ประนอม อุบลกาญจน์, เชาวลิต ล้อมวิจิตรวงศ์, และนิตยา ศิริแก้ว. (2562). **ความรอบรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพ 3อ.2ส. ของกลุ่มวัยทำงาน สำหรับหมู่บ้านจัดการสุขภาพ: กรณีศึกษาชุมชนบ้านวังหิน อำเภอกู่ใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช**. การประชุมมหาดใหญ่วิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 10, วันที่ 12 – 13 กรกฎาคม 2562. สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยมหาดใหญ่. 1600-1611.
- พิทยา ไพบูลย์ศิริ. (2561). **ความรอบรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพ 3อ 2ส ของผู้บริหารภาครัฐ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา**. **วารสารสมาคมเวชศาสตร์ป้องกันแห่งประเทศไทย**, 8(1), 97-107.
- วัชรพร เชยสุวรรณ. (2560). **ความรอบรู้ด้านสุขภาพ : แนวคิดและการประยุกต์สู่การปฏิบัติการพยาบาล**. **วารสารแพทยนาวิ**, 44(3), 183-197.
- สกวเนตร ไทรแจ่มจันทร์, วัลลภา อันดารา, อุษณีย์ บุญบรรจบ, และรฐานุช ถิ่นสอน. (2564). **ความรอบรู้ด้านสุขภาพ และพฤติกรรมสุขภาพ 3อ.2ส. ของประชาชนในชุมชนบ้านเอื้ออาทรบางเขน (คลองถนน)**. **วารสารพยาบาลทหารบก**, 22(3), 376-386.
- อารีย์ แร่ทอง. (2562). **ความรอบรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพ 3อ 2ส ของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน กรณีศึกษาตำบลหินตกอำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช**. **วารสารวิชาการกรมสนับสนุนบริการสุขภาพ**, 15(3), 62-70.

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 หากผู้เขียนบทความวิจัยซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่าผู้พิมพ์บทความไม่ปฏิบัติตามระเบียบการตีพิมพ์บทความวารสารวิจัยและพัฒนา 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 เพราะผู้อื่นไม่สามารถติดตามข้อมูลเหล่านี้ได้
- 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 วิริยะเวชกุล, (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
วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2.54 ซม.

หน้า 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 สำหรับบรรณสถานะและที่อยู่ของผู้พิมพ์บทความ

คำสำคัญ: (3-5 คำ) (ตัวปกตินขนาด 14 point จัดชิดซ้าย)
(เว้น 14 point)

..... (ตัวปกตินขนาด 14 point จัดกระจาย)
(เว้น 14 point)

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

²(บรรณสถานะและที่อยู่สำหรับติดต่อของผู้พิมพ์บทความที่ 2 ตัวเอียง ขนาด 12 point จัดชิดซ้าย)

³(บรรณสถานะและที่อยู่สำหรับติดต่อของผู้พิมพ์บทความที่ 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

