



วารสารวิจัยและพัฒนา
วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

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

ปีที่ 15 ฉบับที่ 3 (เดือนกันยายน - เดือนธันวาคม 2563)
Volume 15 Number 3 (September - December 2020)



วัตถุประสงค์

1. เพื่อเป็นสื่อกลางในการเผยแพร่ผลงานบทความวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่อาหาร วิทยาศาสตร์การแพทย์ และสุขภาพ วิทยาศาสตร์ธรรมชาติ เกษตรศาสตร์ วิทยาศาสตร์ประยุกต์ วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและเทคโนโลยีสารสนเทศ สุนักวิจัย นักวิชาการ และผู้สนใจทั่วไป
2. เพื่อเผยแพร่ผลงานบทความวิจัย เพื่อการพัฒนาพื้นที่ในระดับจังหวัด กลุ่มจังหวัด ตำบล หมู่บ้านหรือชุมชน แก่นักวิจัย นักวิชาการและบุคคลทั่วไปได้เสนองานผลงานวิจัยสู่สาธารณะ
3. เพื่อส่งเสริมความร่วมมือในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ อาหาร วิทยาศาสตร์การแพทย์ และสุขภาพ วิทยาศาสตร์ธรรมชาติ เกษตรศาสตร์ วิทยาศาสตร์ประยุกต์ วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและเทคโนโลยีสารสนเทศ รวมไปถึงประสบการณ์ในการวิจัยระหว่างสถาบัน

เจ้าของ

สถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์

กำหนดออกเผยแพร่

ปีละ 3 ฉบับ

ฉบับที่ 1 (มกราคม – เมษายน)

ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม – สิงหาคม)

ฉบับที่ 3 (กันยายน – ธันวาคม)

คณะที่ปรึกษา

ผศ.ดร.สุพจน์ ทรายแก้ว

รศ.ดร.นฤมล ธนารักษ์

บรรณาธิการ

ผศ.ดร.ปณณนุช นิลแสง

รองบรรณาธิการ

อาจารย์กุลชาติ พันธธุกุล

คณะผู้จัดทำวารสารและเผยแพร่

ผศ.ดร.วีระวัฒน์ อุ่นเสนาหา

อาจารย์ปวิช เรียงศิริ

น.ส.ปรียา ยอดจันทร์

น.ส.อัคราภรณ์ เอี่ยมสถาน

นางปิยนันท์ สิละชาต

กองบรรณาธิการ

- | | |
|---------------------------------|--|
| 1. ศ.ดร.สมจิตต์ สุพรรณทัศน์ | มหาวิทยาลัยมหิดล |
| 2. รศ.ดร.ธีระชัย ธนารักษ์ | มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| 3. รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า
คุณทหารลาดกระบัง |
| 4. รศ.ดร.สุทธิพันธุ์ แก้วสมพงษ์ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 5. รศ.ดร.ปรัชญนันท์ นิลสุข | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ |
| 6. รศ.ดร.ชูสิทธิ์ ประดับเพชร | มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ศรีอยุธยา |
| 7. รศ.ดร.ดวงใจ บุญกุล | มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี |
| 8. ผศ.ดร.ศุภกิตต์ สายสุนทร | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 9. ผศ.ดร.เจษฎา มิ่งฉาย | มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ |

ติดต่อสอบถามรายละเอียดได้ที่

กองบรรณาธิการวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
เลขที่ 1 หมู่ 20 ถนนพหลโยธิน กม.48 ปณจ.ประตูน้ำพระอินทร์
ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 13180
โทรศัพท์/โทรสาร 0 2909 3036

E-mail: rdi_journalsci@vru.ac.th

Website: <http://rd.vru.ac.th>

โรงพิมพ์

ศูนย์เรียนรู้การผลิตและจัดการธุรกิจสิ่งพิมพ์ดิจิทัล
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
เลขที่ 1 หมู่ 20 ถนนพหลโยธิน กม.48 ปณจ.ประตูน้ำพระอินทร์
ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 13180
โทรศัพท์ 0 2529 0674 7, 0 2909 1633

Website: www.vru.ac.th

จำนวน 40 เล่ม

ข้อความและบทความในวารสารนี้
เป็นความคิดเห็นของผู้นิพนธ์โดยเฉพาะ
กองบรรณาธิการไม่ส่วนรับผิดชอบในเนื้อหา
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 2 สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีกำหนดออกเผยแพร่ ปีละ 3 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 (เดือนมกราคม – เดือนเมษายน) ฉบับที่ 2 (เดือนพฤษภาคม – เดือนสิงหาคม) ฉบับที่ 3 (เดือนกันยายน – เดือนธันวาคม) สำหรับนักวิจัยที่มีความประสงค์จะส่งต้นฉบับเพื่อลงตีพิมพ์ในวารสารวิจัยและพัฒนา สามารถส่งบทความวิจัยดังกล่าวมายังกองบรรณาธิการได้โดยตรง ทั้งนี้บทความวิจัยที่เสนอขอตีพิมพ์จะต้องไม่เคยหรือได้อยู่ในระหว่างขอเสนอลงตีพิมพ์ในวารสารฉบับอื่นมาก่อน ซึ่งบทความวิจัยดังกล่าวจะต้องได้รับการอ่านและประเมินคุณภาพพร้อมได้รับความเห็นชอบให้ตีพิมพ์เผยแพร่จากผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review) ในสาขาวิชานั้น ๆ ของวารสารวิจัยและพัฒนาฯ อย่างน้อย 2 ท่านก่อนลงตีพิมพ์ บทความวิจัยที่ได้รับการพิจารณาตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิจัยและพัฒนาฯ ถือเป็นกรรมสิทธิ์ของสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ห้ามนำข้อความทั้งหมดหรือบางส่วนไปพิมพ์ซ้ำ เว้นแต่จะได้รับอนุญาตจากมหาวิทยาลัยเป็นลายลักษณ์อักษรหรือมีการอ้างอิงอย่างถูกต้องชัดเจน โดยเนื้อหาต้นฉบับที่ปรากฏในวารสารวิจัยและพัฒนาฯ เป็นความรับผิดชอบของผู้นิพนธ์บทความวิจัยเอง ทั้งนี้ไม่รวมความผิดพลาดอันเกิดจากเทคนิคการพิมพ์

ปัจจุบันวารสารวิจัยและพัฒนาฯ ปีที่ 15 ฉบับที่ 3 (เดือนกันยายน – เดือนธันวาคม) 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 ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้การสนับสนุนและส่งผลงานบทความวิจัยเข้าร่วมลงตีพิมพ์ในวารสารวิจัยและพัฒนาฯ อย่างดีตลอดมา

บรรณาธิการ

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ
ประจำวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 15 ฉบับที่ 3

ศาสตราจารย์ ดร.ปรัชญนันท์	นิลสุข
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรณรรธ	ศรีสุนนท์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงพล	ต่อนี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทัศพร	ชูศักดิ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิสา	พัทตร์วิไล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญยบุษ	นิลแสง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยอดธง	รอดแก้ว
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เลิศชาย	สถิตย์พนาวงศ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วุฒิพงษ์	ชินศรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สันหวัช	ไชยวงศ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุจิตกัลยา	มฤครัฐอินแปลง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุจิตตา	เรืองรัมย์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัชย์	บุญเจริญ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนันท์	เชาว์เครือ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทรงพลธนฤทธิ์	มฤครัฐอินแปลง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิเชษฐ์	ศรีสังข์งาม
ดร.รุ่งกานต์	อินทวงศ์
ดร.สินีนารถ	สุขทนารักษ์

สารบัญ

	หน้า
การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมอาลัวจากน้ำมันข้าวกล้อง	1
กนกวรรณ ปุณณะตระกูล วีระศักดิ์ ศรีสารรัตน์ ญัฐสิมา โทจันทร์	
การเสริมกวาวเครือขาวและแคลเซียมในอาหารไก่ระยะปลดไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตไข่	11
คุณภาพเปลือกไข่คุณภาพภายในของไข่ แคลเซียมและเอสโตรเจนในเลือด	
ศรน้อย ชุ่มคำ อรพินท์ จินตสถาพร	
การออกแบบสภาพแวดล้อมแบบสมรรถการเรียนรู้โดยใช้อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง	25
รุจกา สติรางกูร พัลลภา มิตรสงเคราะห์ อำนวย วิษณุลาส	
การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมอาลัวแป้งข้าวหอมนิลเสริมสารสกัดน้ำอัญชัน	37
วรารัตน์ สานนท์ ดวงกมล แสงธีรกิจ	
การพัฒนารูปแบบการผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากขยะย่อยสลายได้ผสมกับกากไขมัน	53
ณพัชร บัวฉวน	
ผลของโปรแกรมการให้ความรู้เกี่ยวกับสุขาภิบาลอาหารและผลิตภัณฑ์กำจัดสัตว์และแมลง	63
พาหะนำโรคในชุมชนตลาด จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	
สุกฤษฎี ใจจำนง สุกัญญา นันทะ คณิชา แจ่มจิต บุษงา กาทหลง วิลาสินี บุญเพชร	
การพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันโดยใช้เทคนิคinggสำหรับแนะนำการกายภาพบำบัดผู้ป่วย	73
อัมพาท	
เกวลิน แก้วมณี รุ่ง หมูล้อม กฤตาพร พัชรสุภา	
การประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวของการใช้ประโยชน์ที่ดินในเทศบาลกาฬสินธุ์โดยใช้ข้อมูลจาก	89
ดาวเทียม LANDSAT 8 OLI/ TIRS	
ณัฐพร อรรถอำนวย อนุสรณ์ แสงประจักษ์ อีรวงศ์ เหล่าสุวรรณ	
ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อความเครียดของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร	105
ภูสิทธิ ภูสุวรรณ เอกตระกูล แข็งแรง ชนายนันท์ บุตรศรี พิษญา ดุพงษ์	
กิตติมา ลาภอนันต์บังเกิด	
การพัฒนารูปไฟฟ้าขนาดเล็กขับเคลื่อนแบบ 4 ล้ออิสระสำหรับผู้พิการทางขา	119
ศิริวรรณ พลเศษ กิตติศักดิ์ วาดสันทัด ปรัชญ์ ใจกว้าง	

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมอาลัวจากนํ้านมข้าวกล้อง

กนกวรรณ ปุณณะตระกูล¹ วีระศักดิ์ ศรีลารัตน์² ณัฐสิมา โทจันทร์^{3*}

Received : July 16, 2020

Revised : December 8, 2020

Accepted : December 22, 2020

บทคัดย่อ

ขนมอาลัวได้รับความนิยมทั้งคนไทยและต่างประเทศ แต่มีข้อจำกัดต่อกลุ่มคนรักสุขภาพเพราะมีส่วนผสมของกะทิค่อนข้างมาก ดังนั้น จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมอาลัวโดยใช้นํ้านมข้าวกล้องแทนกะทิ โดยนำเอาสูตรพื้นฐานที่นิยมทำขนมอาลัวทั้ง 3 สูตร มาทดสอบประสิทธิภาพทางประสาทสัมผัสโดยพบว่า สูตรที่ 2 ขนมไทยของหวาน-ของว่าง 108 ชนิด ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงสุด ซึ่งมีส่วนผสมประกอบไปด้วยแป้งสาลี น้ำตาลทราย กะทิ น้ำลอยดอกมะลิ และน้ำใบเตย คิดเป็นร้อยละ 9, 36, 25, 24 และ 6 ของส่วนผสมทั้งหมด ตามลำดับ โดยส่วนผสมกะทิในสูตรดังกล่าวถูกแทนด้วยนํ้านมข้าวกล้องร้อยละ 100, 75, 50, 25 และ 0 พบว่า การใช้นํ้านมข้าวกล้องทดแทนกะทิที่ร้อยละ 50 ให้ผลคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี ($L=44.68$, $a^*=-7.84$, $b^*=33.74$) เนื้อสัมผัส (hardness =2,575.39 N, cohesiveness=0.35 N.s, chewiness =688.45 N.s) ปริมาณน้ำอิสระ 0.78 และความชื้นร้อยละ 9.32 ไม่แตกต่างจากการใช้นํ้านมข้าวกล้องร้อยละ 25 และร้อยละ 0 ที่ใช้นํ้ากะทิอย่างเดี่ยว ($p \leq 0.05$) เช่นเดียวกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ลักษณะที่ปรากฏ ความรู้สึกหลังกลืน และความชอบโดยรวมมีค่าคะแนนเฉลี่ยสูง (7.44-7.72 คะแนน) ดังนั้น การใช้นํ้านมข้าวกล้องทดแทนนํ้ากะทิที่ร้อยละ 50 มีความเหมาะสมต่อผู้บริโภคที่ดูแลสุขภาพและลดขีดจำกัดของผู้ป่วยที่ต้องการบริโภคขนมไทย

คำสำคัญ: ขนมไทย ของว่าง นํ้านมข้าวกล้อง สูตรขนมไทย อาลัว

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
อีเมล: kanolwan@vru.ac.th

² อาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
อีเมล: veerasak@vru.ac.th

³ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
อีเมล: natsima@vru.ac.th

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: natsima@vru.ac.th

DEVELOPMENT OF KHANOM ARLUA PRODUCTS FROM BROWN RICE MILK

Kanokwan Punaaterkoon¹ Veerasak Seelarat² Natsima Tokhun^{3*}**Abstract**

Khanom Arlua is one of the most favorite desserts among Thai people and foreigners. However, it is limited for the groups of health conscious people because Khanom Arlua contains high components of coconut milk. Therefore, the objective of this study was to develop Khanom Arlua products by using brown rice milk instead of coconut milk. Three basic recipes for making Arlua were created to evaluate the sensory qualities in order to select the most accepted one. The results of sensory tests showed that the most accepted recipe in terms of sensory quality was the second one, 108 types of Khanom Thai dessert-snacks, of which the ingredients contained 9% of soft wheat flour, 36% of white sugar, 25% of coconut milk, 24% of jasmine-floated water, and 6% of pandan water; all by weight. By replacing the coconut milk in the second recipe with 100%, 75%, 50%, 25% and 0% of brown rice milk, respectively; The physical quality results showed that applying 50% brown rice milk gave no different color ($L=44.68$, $a^*=-7.84$, $b^*=33.74$), texture attribute (hardness = 2,575.39 N, cohesiveness = 0.35 N.s, chewiness = 688.45 N.s), water (0.78) and moisture (9.32%) compared to the recipes in which 25% and 0% of brown rice milk were used instead of coconut milk ($p \leq 0.05$). This included the sensory evaluation results concerning the color, odor, taste, texture, appearance, feeling after swallowing and overall satisfaction which achieved high average scores (7.44–7.72 scores). Therefore, applying 50% of brown rice milk in Khanom Arlua product was a suitable option for healthcare consumers and reducing the limitation of patients who prefer Thai desserts.

Keywords: Thai dessert, Snacks, Brown rice milk, Thai dessert recipe, Arlua

¹ Assistant Professor, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under the Royal Patronage, e-mail: kanolwan@vru.ac.th

² Lecturer, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under the Royal Patronage, e-mail: veerasak@vru.ac.th

³ Assistant Professor, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under the Royal Patronage, e-mail: natsima@vru.ac.th

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

บทนำ

ขนมอาลัว เป็นขนมไทยโบราณที่รู้จักกันแพร่หลาย มีรูปแบบ สีสันทัดตแต่งให้มีความสวยงาม และอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าขนมไทยอีกหลายชนิด มีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ แป้งสาเลี หั่วกะทิ และน้ำตาลทราย ซึ่งลักษณะที่ดีของขนมอาลัวคือ ข้างนอกจะต้องแห้งเป็นเกร็ด ข้างในเลื่อมมันเป็นอย่างมะตูม และมียอหดหรือปลายขนม ปัจจุบันมีการพัฒนาขนมอาลัวเชิงการค้าและปกปิดความลับของสูตรไว้ถึงร้อยละ 30.1 สำหรับส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาสูตรเป็นสูตรมาตรฐานคือ แป้งสาเลีเบา น้ำตาลและกะทิ ร้อยละ 10, 35 และ 55 ตามลำดับ (Santakul et al., 2006) เห็นได้ว่าส่วนประกอบของกะทิมีปริมาณมากกว่าส่วนประกอบอื่นๆ จึงทำให้ไม่ได้รับความนิยมในกลุ่มคนรักสุขภาพและมีขีดจำกัดกับกลุ่มผู้เป็นโรคเบาหวานหรือความดันโลหิตสูง โดยเฉพาะการใช้น้ำมันมะพร้าวชุดที่ให้ปริมาณไขมันร้อยละ 29.89–31.95 ซึ่งมากกว่ากะทิกล่องและกะทิต้นสดร้อยละ 16.91–17.79 และ 15.71–17.81 ของน้ำหนักสด ตามลำดับ (Assawanuwat & Sripramote, 2009) มะพร้าวยังแ่งยั้งให้ไขมันสูงและเป็นไขมันอิ่มตัวที่มากกว่าน้ำมันหมูและเนย รวมทั้งมีผลต่อการเพิ่มระดับคอเลสเตอรอลชนิดไม่ดี (LDL-cholesterol) ในเลือดจึงเป็นสาเหตุของโรคหัวใจและหลอดเลือดอุดตัน ซึ่งไขมันอิ่มตัวในกะทิส่วนใหญ่เป็นกรดลอริก (Lauric acid) ร้อยละ 48-53 ของปริมาณน้ำมันในกะทิ สามารถช่วยสร้างภูมิคุ้มกันและยับยั้งเชื้อโรคโดยความเป็นประโยชน์ของกะทิต่อร่างกายเมื่อบริโภคปริมาณไขมันที่เหมาะสมคือ น้อยกว่าวันละ 65 กรัม (Chomchalow, 2008)

กลุ่มคนรักสุขภาพหรือผู้ป่วยหันมารับประทานผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ทดแทนกะทิ เช่น น้ำเต้าหู้ น้ำมันถั่วเหลือง และกะทิธัญพืชที่มีความใกล้เคียงกับกะทิมะพร้าวทั้งรูป รส กลิ่น สี แตกต่างกันที่ให้ประโยชน์มากกว่าโทษต่อร่างกาย ซึ่งธัญพืชกลุ่มธัญพืชได้รับความนิยมนำมาใช้แทนกะทิมะพร้าว เช่น ถั่วเหลือง รำข้าว และน้ำมันข้าวกล้อง เป็นต้น จากรายงานการใช้กะทิจากธัญพืชแทนกะทิมะพร้าวมีผลลดระดับคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในเลือด และเพิ่ม HDL เพิ่มขึ้นในกลุ่มตัวอย่าง (Thanpitool, 2008) ส่วนการใช้น้ำมันรำข้าว พบว่า มีสารโอรีซานอลที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ช่วยลดคอเลสเตอรอลและลดความเสี่ยงต่อโรคมะเร็ง (Hutapaet, 2007) รวมทั้งผู้บริโภคยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุดต่อการใช้กะทิธัญพืชในขนมบัวลอย (Ruangnartn et al., 2018) ส่วนการผลิตขนมทองม้วนมีข้อด้อยในด้านของกลิ่นและรสชาติที่ยังไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค แต่มีข้อดีในด้านคุณค่าทางโภชนาการคือ ให้พลังงานและไขมันต่ำกว่ากะทิตั้งถึงร้อยละ 17 และ 45–51 ตามลำดับ (Ruangthamsing et al., 2014) นอกจากการใช้กะทิธัญพืชทดแทนการใช้กะทิมะพร้าวช่วยลดช่องว่างความเสี่ยงระดับคอเลสเตอรอลของผู้บริโภคแล้ว ยังเป็นทางเลือกหนึ่งของการทำขนมไทยในช่วงการขาดแคลนมะพร้าวหรือราคามะพร้าวสูงขึ้น จึงควรมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมไทยเพื่อเป็นทางเลือกของผู้บริโภคที่รักสุขภาพ และได้สูตรขนมไทยที่ผู้บริโภคยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัส เหมาะสมต่อการพัฒนาเชิงการค้าต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมอาลัวโดยใช้น้ำมันข้าวกล้องทดแทนน้ำกะทิ โดยวิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัสและคุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าสี เนื้อสัมผัส ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) และความชื้น

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การคัดเลือกสูตรพื้นฐานของขนมอาลาว

เกณฑ์คัดเลือกสูตรพื้นฐานที่สำคัญคือ พิจารณาวัตถุดิบและวิธีการทำที่ใกล้เคียงกัน โดยมีส่วนผสมหลัก ได้แก่ แป้งอเนกประสงค์ น้ำตาลทราย และน้ำกะทิ จึงได้สูตรพื้นฐานการทำขนมอาลาว 3 สูตรคือ สูตรที่ 1 ตำรับขนมไทย (Imsabai, 1996) สูตรที่ 2 ขนมไทยของหวาน-ของว่าง 108 ชนิด (Wangwattana, 1994) และสูตรที่ 3 ขนมไทย เล่ม 1 (Kongphun, 1990) (ตารางที่ 1) จากนั้นนำขนมอาลาวที่ผลิตจาก 3 สูตร ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส (Sensory evaluation) โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (1-9 Point hedonic scale) จากผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน (N=30)

ตารางที่ 1 ส่วนผสมหลักของขนมอาลาวในแต่ละสูตรพื้นฐาน

สูตรพื้นฐาน	ส่วนผสม, กรัม (ร้อยละของส่วนผสมทั้งหมด)				
	แป้ง	น้ำตาล	กะทิ	น้ำลอยดอกมะลิ	น้ำใบเตย
1 ตำรับขนมไทย	118 (7)	647 (38)	900 (52)	-	60 (3)
2 ขนมไทยฯ	95 (9)	370 (36)	250 (25)	245 (24)	60 (6)
3 ขนมไทย 1	100 (14)	231 (34)	300 (43)	-	60 (9)

2. การใช้น้ำมันข้าวกล้องแทนกะทิ

วิธีการทำขนมอาลาวจากสูตรที่ 2 โดยการร่อนแป้งสาลีอเนกประสงค์ที่อบควันเทียน 30 นาทีแล้วละลายกับน้ำดอกมะลิ 1 ถ้วยตวง นำกะทิผสมกับน้ำตาลให้ละลาย กรองใส่กระชงทอง ตั้งไฟอ่อน คนไปนึ่งทิศทางเดียวเรื่อยๆ จนเนื้อแป้งเริ่มข้น ใส่ น้ำใบเตย กวนจนแป้งเหนียวใสและยกลง เทใส่ถุงบีบใส่ถาดผึ่งให้แห้ง เมื่อขึ้นเกร็ดสามารถนำไปรับประทานได้ สำหรับการใช้น้ำมันข้าวกล้องทำแทนน้ำกะทิ จากสูตรที่ 2 ออกบางส่วนแล้วทดแทนด้วยน้ำมันข้าวกล้องฟอรั่แคร์ บาลานซ์ออร์แกนิกส์ ที่อัตราส่วนร้อยละ 100, 75, 50, 25 และ 0 หรือใช้น้ำมันข้าวกล้องเท่ากับ 250, 187.5, 125, 62.5 และ 0 กรัม

การทดสอบผลิตภัณฑ์ขนมอาลาวที่ได้จากการพัฒนาแล้วทดสอบทางประสาทสัมผัส (Sensory evaluation) และคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ การวัดค่าสี (เครื่องวัดค่าสียี่ห้อ Minolta รุ่น CR-10) และเนื้อสัมผัส (Texture analyzer, ยี่ห้อ Stable Micro System รุ่น System TA.XT Plus ใช้หัว P/36R) ซึ่งทำการวัดค่าความแข็งแรง (Hardness) ความเหนียวแน่น (Cohesiveness) และความต้านการเคี้ยว (Chewiness) ที่อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส โดยนำขนมอาลาวไปวัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer ใช้หัววัดทรงกระบอก (Cylinder probe) เส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร ระยะทางระหว่างการกด 5 วินาที ความเร็วขณะทำการวัด 2 มิลลิเมตรต่อวินาที และตัวอย่างจะถูกกดลงเป็นระยะทางร้อยละ 60 (Thauidom & Pracham, 2018; Nunes et al., 2003; Suya et al., 2008) สำหรับการทดสอบคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity: a_w) และความชื้น (% Moisture) (ยี่ห้อ Minolta รุ่น AQUA-LAB CX3)

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ชุดข้อมูลที่ได้ถูกนำไปวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ และการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (1-9 point hedonic scale) ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความรู้สึกหลังกลืน และความชอบโดยรวม

โดยใช้จำนวนผู้ทดสอบ 30 คน (N=30) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการการคัดเลือกสูตรพื้นฐานของขนมอาลัวทั้ง 3 สูตร โดยประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมอาลัวจากผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน พบว่า สูตรที่ 1 ดำรับขนมไทย และสูตรที่ 2 ขนมไทย ของหวาน-ของว่าง 108 ชนิด ให้ลักษณะประสาทสัมผัสทางสี กลิ่น เนื้อสัมผัส ลักษณะที่ปรากฏ และความชอบโดยรวม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่รสชาติและความรู้สึกหลังกลืนกลับ พบว่า สูตรที่ 2 ให้ความแตกต่างจากสูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สำหรับสูตรที่ 3 ขนมไทย1 ให้ค่าเฉลี่ยผลการประเมินประสาทสัมผัสทุกรายการน้อยกว่าสูตรที่ 2 และสูตรที่ 1 ตามลำดับ ผลพิจารณาความชอบโดยรวมแล้ว พบว่า สูตรที่ 2 ให้ค่าคะแนนประเมินเฉลี่ยสูงสุด 7.56 และช่วงคะแนนสูงเกือบทุกรายการที่ทำการประเมินมีค่าเฉลี่ย 6.86–7.56 (ตารางที่ 2) โดยสูตรที่ 2 ประกอบด้วยส่วนผสมของแป้งสาลีอเนกประสงค์ น้ำตาล กะทิ น้ำลอยดอกมะลิ และน้ำใบเตย คิดเป็นร้อยละ 9, 36, 25, 24, 6 ของส่วนผสมทั้งหมด (ตารางที่ 1) ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงเลือกสูตรที่ 2 เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์อาลัวโดยใช้น้ำมันข้าวกล้องฟอรัคร์ บาลานซ์ออร์แกนิกส์ทดแทนน้ำกะทิมะพร้าวคั้นสด

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมอาลัว

ลักษณะขนมอาลัว	สูตรที่ 1 ดำรับขนมไทย	สูตรที่ 2 ขนมไทย๑	สูตรที่ 3 ขนมไทย 1	F-test
สี	6.78 ± 1.31 ^{ab}	7.16 ± 1.04 ^a	6.36 ± 1.41 ^b	*
กลิ่น	6.92 ± 1.21 ^a	6.86 ± 1.24 ^a	5.20 ± 1.89 ^b	*
รสชาติ	6.90 ± 1.26 ^b	7.44 ± 1.20 ^a	5.16 ± 1.49 ^c	*
เนื้อสัมผัส	6.78 ± 1.31 ^a	7.04 ± 1.21 ^a	5.36 ± 1.79 ^b	*
ลักษณะปรากฏ	7.14 ± 1.09 ^a	7.04 ± 1.10 ^a	6.40 ± 1.51 ^b	*
ความรู้สึกหลังกลืน	6.78 ± 1.31 ^b	7.38 ± 1.01 ^a	4.96 ± 1.88 ^c	*
ความชอบโดยรวม	7.14 ± 1.34 ^a	7.56 ± 1.13 ^a	5.22 ± 1.75 ^b	*

หมายเหตุ ข้อมูลจากตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (N=30) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของผลการประเมินประสาทสัมผัสด้วยวิธี DMRT ที่ $p \leq 0.05$, *

ผลการใช้น้ำมันข้าวกล้องที่ระดับร้อยละ 100, 75, 50, 25 และ 0 ทดแทนน้ำกะทิ (250 กรัม) ในส่วนผสมการทำขนมอาลัวของสูตรที่ 2 และประเมินประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ ตามแผนการทดลอง RCBD ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความรู้สึกหลังกลืน และความชอบโดยรวมจากจำนวนผู้ทดสอบ 30 คน พบว่า ผลการใช้น้ำมันข้าวกล้องที่ร้อยละ 25 ให้ค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุด โดยเฉพาะความชอบโดยภาพรวมแตกต่างจากกรรมวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) หากพิจารณาศักยภาพของน้ำมันข้าวกล้องแทนกะทิร่วมกับผู้บริโภคที่ดูแลสุขภาพแล้วควรเลือกรับประทานขนมอาลัวที่ใช้ น้ำมันข้าวกล้องร้อยละ 50 เนื่องจากสี กลิ่น เนื้อสัมผัส ความรู้สึกหลังกลืนและความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากการใช้กะทิเพียงอย่างเดียว มีเพียงแต่ลักษณะที่ปรากฏของขนมอาลัวแตกต่างกันที่ร้อยละ 25 และร้อยละ 50 สำหรับการใช้น้ำมันข้าวกล้องที่ประเมินทางประสาทสัมผัสทุกรายการ พบว่า ค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ระดับการแทนกะทिर้อยละ 25 รองลงมาคือ ร้อยละ 50, 0, 75 และ 100 ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ผลการประเมินผลทางประสาทสัมผัสภายหลังการพัฒนาลักษณะของขนมอ้าว

ร้อยละของน้ำนมข้าว กลั่นแทนกะทิ (น้ำนม : กะทิ)	ค่าเฉลี่ยผลการประเมินทางประสาทสัมผัส (N=30)						
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ลักษณะ ปรากฏ	ความรู้สึก หลังกลืน	ความชอบ โดยรวม
0 (0 : 100)	7.14±0.34 ^b	7.50±0.64 ^a	8.76±1.02 ^a	7.26±0.25 ^b	6.92±0.17 ^b	7.08±0.19 ^b	7.20±0.19 ^b
25 (25 : 75)	7.60±0.11 ^a	7.44±0.74 ^a	7.86±0.76 ^{ab}	7.82±0.27 ^a	7.50±0.18 ^a	7.92±0.17 ^a	8.10±0.25 ^a
50 (50 : 50)	7.72±0.14 ^a	7.18±0.35 ^a	7.60±0.67 ^{ab}	7.44±0.11 ^b	7.70±0.23 ^a	7.44±0.14 ^b	7.52±0.14 ^b
75 (75 : 25)	6.34±0.27 ^c	6.34±0.46 ^b	6.26±0.93 ^b	6.30±0.32 ^c	6.32±0.14 ^c	6.30±0.38 ^c	6.34±0.10 ^c
100 (100 : 0)	5.84±0.15 ^d	6.06±0.59 ^b	5.98±0.47 ^b	5.82±0.12 ^d	4.76±0.24 ^d	5.96±0.73 ^c	5.90±0.27 ^d
F-test	*	*	*	*	*	*	*

หมายเหตุ ข้อมูลจากตารางเป็นค่าเฉลี่ย (N=30) และวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของผลการประเมินประสาทสัมผัสด้วยวิธี DMRT ที่ $p \leq 0.05$, *

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ขนมอ้าว

น้ำนมข้าวกล้อง ทดแทนกะทิ (%)	ค่าสี (Color)			เนื้อสัมผัส (Texture)			ปริมาณน้ำ อิสระ (a_w)	ความชื้น (%)
	L	a*	b*	แข็งแรง	เหนียว	เคี้ยว		
0	46.42±0.98 ^a	-10.46±0.25 ^a	35.10±0.57 ^b	2,399.37±301.90 ^b	0.33±0.02 ^{ab}	485.32±95.45 ^{bc}	0.78±0.01 ^a	12.77±0.80 ^a
25	47.32±1.45 ^a	-8.50±0.45 ^b	41.84±0.32 ^a	2,301.90±314.50 ^b	0.37±0.02 ^a	630.15±64.78 ^{ab}	0.76±0.00 ^b	10.11±0.39 ^b
50	44.68±0.87 ^{ab}	-7.84±0.43 ^b	33.74±0.89 ^{bc}	2,575.39±387.05 ^b	0.35±0.03 ^{ab}	688.45±86.86 ^a	0.78±0.00 ^a	9.32±0.53 ^{bc}
75	42.18±1.24 ^b	-5.62±0.37 ^c	30.74±0.66 ^{cd}	3,633.08±340.89 ^a	0.32±0.02 ^b	521.90±78.35 ^{bc}	0.76±0.00 ^b	8.64±0.20 ^c
100	42.64±1.10 ^b	-7.60±0.49 ^b	32.04±0.67 ^c	1,712.21±118.81 ^c	0.36±0.04 ^{ab}	383.91±62.28 ^c	0.76±0.00 ^b	6.92±0.84 ^d

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางของผลิตภัณฑ์ขนมอ้าวที่ใช้ส่วนผสมน้ำนมข้าวกล้องที่ระดับร้อยละ 100, 75, 50, 25 และ 0 ทดแทนกะทิ พบว่า ผลิตภัณฑ์ขนมอ้าวที่ใช้ส่วนผสมน้ำนมข้าวกล้องทดแทนกะทิให้สีเขียวของใบเตย ($a^* = -$ สีเขียว) และความสว่างลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณส่วนผสมน้ำนมข้าวกล้องเนื่องจากส่วนผสมน้ำนมข้าวกล้องมีความเข้มข้นน้อยกว่ากะทิ แต่การใช้ส่วนผสมน้ำนมข้าวกล้องที่ร้อยละ 25 และ 50 ให้ค่าความสว่างไม่แตกต่างจากการใช้กะทิอย่างเดียว (ร้อยละ 0) เช่นเดียวกับลักษณะเนื้อสัมผัสของขนมอ้าวในด้านความแข็งแรงและความเหนียวแน่น สำหรับปริมาณน้ำอิสระ (a_w) และความชื้น (Moisture) ของขนมอ้าวที่มีส่วนผสมของส่วนผสมน้ำนมข้าวให้ปริมาณน้ำอิสระ ($a_w=0.76-0.78$) ไม่แตกต่างจากการใช้กะทิอย่างเดียว ($p \leq 0.05$) แสดงว่าการควบคุมการผลิตขนมอ้าวให้เหมือนกันทุกอย่างแต่การใช้ส่วนผสมน้ำนมข้าวกล้องไม่ส่งผลต่อปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ แต่ปริมาณความชื้นของขนมอ้าวที่ใช้ส่วนผสมน้ำนมข้าวกล้องร้อยละ 25, 50 และ 75 ให้ความชื้น (ร้อยละ 8.64–10.11) แตกต่างจากการใช้กะทิเพียงอย่างเดียว (ร้อยละ 12.77) ซึ่งพบว่า มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำอิสระและเวลาที่ใช้ในการอบ โดยช่วงเวลารอบขนมอ้าวที่ 10 ชั่วโมง จะมีปริมาณความชื้นสูงกว่าขนมอ้าวที่อบช่วงเวลา 12

และ 14 ชั่วโมง ตามลำดับ และอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 70 องศาเซลเซียส จะทำให้ขนมอาลัวผิวนอกแห้งเปราะ เนื้อข้างในเหนียวนุ่ม และมีความเคี้ยวมัน (Santakul et al., 2006) ดังนั้น ผลิตภัณฑ์อาลัวที่ได้รับการยอมรับโดยภาพรวมจากผลประเมินประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ (ตารางที่ 3) กรอบกับผู้บริโภคที่ดูแลสุขภาพคือ กรรมวิธีที่ใช้น้ำนํ้าข้าวกล้องแทนกะทิร้อยละ 50 ซึ่งมีคุณภาพทางกายภาพของขนมอาลัวที่ให้ค่าสี ($L=44.68$, $a^*=-7.84$, $b^*=33.74$) เนื้อสัมผัส (Hardness = 2,575.39 N, Cohesiveness = 0.35 N.s, Chewiness = 688.45 N.s) ปริมาณน้ำอิสระ 0.78 และร้อยละความชื้น 9.32 (ตารางที่ 4) ซึ่งคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาลัวจากการพัฒนาจากสูตรพื้นฐานที่ 2 ขนมไทย ของหวาน-ของว่าง 108 ชนิด (Wangwattana, 1994) ใกล้เคียงกับการพัฒนาขนมอาลัวให้ได้สูตรพื้นฐานของ Santakul et al. (2006) แต่ได้เพิ่มความนิยมบริโภคขนมไทยเพื่อสุขภาพโดยการลดการใช้กะทิและพริ้วคั้นสดโดยใช้น้ำนํ้าข้าวกล้องทดแทนในสัดส่วนร้อยละ 50 ซึ่งให้คุณภาพทางกายภาพและประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับการใช้กะทิเพียงอย่างเดียว แต่จะช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในเลือด รวมทั้งลดความเสี่ยงต่อโรคมะเร็ง (Thanpitool, 2008; Hutapaet, 2007)

สรุป

การพัฒนาขนมอาลัวโดยการใช้ใช้น้ำนํ้าข้าวกล้องทดแทนน้ำกะทิในครั้งนี้ โดยเป็นการพัฒนาสูตรพื้นฐานของการทำขนมอาลัวที่มีส่วนผสมหลักคือ แป้ง น้ำตาล กะทิ น้ำลอยดอกมะลิ และน้ำใบเตย คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 9 : 36 : 25 : 24 : 6 ตามลำดับ ที่ได้รับการยอมรับจากผลการประเมินทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความชอบส่วนใหญ่ให้ค่าเฉลี่ยสูงสุดอยู่ในช่วง 6.86-7.56 คะแนน โดยเฉพาะในด้านรสชาติมีค่าคะแนนสูงกว่าสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) รวมทั้งความชอบโดยภาพรวมจากกลุ่มทดสอบ สำหรับผลิตภัณฑ์ขนมอาลัวที่ใช้น้ำนํ้าข้าวกล้องแทนกะทิและพริ้วคั้นสดที่ 5 ระดับคือ ร้อยละ 100, 75, 50, 25 และ 0 ของส่วนผสมกะทิในสูตรพื้นฐาน โดยคุณภาพทางกายภาพของขนมอาลัวที่ใช้น้ำนํ้าข้าวกล้องร้อยละ 50 ให้คุณภาพทางกายภาพไม่แตกต่างจากการใช้น้ำนํ้าข้าวกล้องร้อยละ 25 และการใช้น้ำกะทิเพียงอย่างเดียว เช่นเดียวกับผลการประเมินทางประสาทสัมผัส ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ลักษณะที่ปรากฏ ความรู้สึกหลังกลืน และความชอบโดยรวมให้ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.44-7.72 คะแนน ดังนั้น การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมไทยอาลัวโบราณที่ใช้น้ำนํ้าข้าวกล้องแทนกะทิที่ร้อยละ 50 เป็นผลผลิตภัณฑ์ขนมหวานที่มีไขมันน้อย คุณภาพทางประสาทสัมผัสและทางกายภาพไม่แตกต่างจากสูตรพื้นฐานที่ใช้กะทิเพียงอย่างเดียว ทำให้ผลผลิตภัณฑ์ขนมอาลัวนี้ใช้เป็นทางเลือกสำหรับผู้บริโภคที่ดูแลสุขภาพและผู้ป่วยที่ควบคุมคอเลสเตอรอลได้ รวมทั้งช่วยให้รู้สึกสดชื่น บำรุงหัวใจ และช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดจากส่วนผสมของใบเตยอีกด้วย ตลอดจนพัฒนาผลิตภัณฑ์สู่สินค้าชุมชนโครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) และธุรกิจวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SME) ได้

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาในครั้งนี้สำเร็จลงได้ เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากนักศึกษาศาखाวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นผู้ช่วยนักวิจัย และคณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี ที่สนับสนุนเงินทุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Assawanuwat, N. & Sripramote, W. (2009). **Determination of Fat in Coconut Meat, Fresh and UHT Coconut Milk**. Bachelor Degree of Science in Pharmacy, Mahidol University. [In Thai]
- Burakorn, J. (2017). Food Sensory Evaluation with Development of Food Industry 4.0. **Department of Science Service Journal**, 65(205), 16–17.
- Chomchalow, N. (2008). “**Let's use coconut milk instead of milk**”. Bangkok: Conservation and Development of Coconut Oil of Thailand Forum. [In Thai]
- Hutapaet, K. (2007). Rice Bran Oil: Valuable as Gold. **Natural Agriculture**, 10(4), 28–36. [In Thai]
- Imsabai, O. (Editor). (1996). **Thai Dessert Recipes**. Bangkok: Sangdad Publishing. [In Thai]
- Kongphun, S. (1990). **Thai Desserts (Vol.1)**. Bangkok: Pholchai Publishing Center Registered Ordinary Partnership. [In Thai]
- Nunes, M.C., Batista, P., Raymundo, A., Alves, M.M., & Sousa, I. (2003). Vegetable proteins and milk puddings. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, 31(1-4): 21–29.
- Ruangnart, A., Klarham, T. & Chantamee, A. (2018). **Development of Thai Glutinous Rice Balls (Bua Loi) by Using Stevia and Brown Rice Cream**. Bachelor Degree of Science in Home Economics, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage. [In Thai]
- Ruangthamsing, R., Thanapongpichat, S. & Siriwong, N. (2014). **Effect of the different coconut milk types on acceptability and nutritional quality of Thong Maun**. Conference on 52th Kasetsart University Annual Conference: Education, Social Sciences, Agricultural Extension and Communication, Humanities and Home Economics (pp. 444–451). Bangkok: Kasetsart University Press. [In Thai]
- Santakul, A., Wongtong, O., Lussanan, K. & Khotaveewathana, S. (2006). **Development of Standard Recipe for Khanom Arlua**. Conference on 44th Kasetsart University Annual Conference: Education, Social Sciences, Agricultural Extension and Communication, Humanities and Home Economics (pp. 557–564). Bangkok: Kasetsart University Press. [In Thai]
- Srisangwan, N. (2012). **Nutritional Improvement of A-lua and Foi-thong Desserts by Using Nonsugar Sweeteners**. Master of Science in Food Technology, Silpakorn University. [In Thai]
- Suya, I., Suwonsichon, T., & Chompreeda, P. (2008). **The Optimization of Formulation for Pudding Cake Made from Jasmine Rice Flour**. Conference on 46th Kasetsart University Annual Conference: Agro-Industry (pp. 406–413). Bangkok: Kasetsart University Press. [In Thai]

- Thaiudom, S. & Pracham, S. (2018). The Influence of Rice Protein Content and Mixed Stabilizers on Textural and Rheological Properties of Jasmine Rice Pudding. **Food Hydrocolloids**, 76, 204–215.
- Thanpitoon, S. (2008). **Comparison of the Effects of Cereal Cream and Coconut Milk Consumption on Serum Cholesterol Level**. Master of Science (Public Health) Program in Nutrition, Mahidol University.
- Wangwattana, S. (1994). **Thai Deserts, 108 Kinds of Desserts-Snacks**. Bangkok: Career Promotion OTOP Publishing. [In Thai]

การเสริมกวาวเครือขาวและแคลเซียมในอาหารไถ่ระยะปลดไขต่อสมรรถภาพการผลิตไข่ คุณภาพเปลือกไข่ คุณภาพภายในของไข่ แคลเซียมและเอสโตรเจนในเลือด

ศริน้อย ชุ่มคำ^{1*} อรพินท์ จินตสถาพร²

Received : September 17, 2020

Revised : December 16, 2020

Accepted : December 22, 2020

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลการเสริมกวาวเครือขาวร่วมกับแคลเซียมจากเปลือกหอยในอาหารไถ่ระยะปลดไขต่อสมรรถภาพการผลิตไข่ คุณภาพเปลือกไข่และคุณภาพภายในของไข่ แคลเซียมและฮอร์โมนเอสโตรเจนในเลือด โดยวางแผนการทดลองแบบ 3×2 แฟคทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ปัจจัยแรกคือกวาวเครือขาว 3 ระดับ 0, 50 และ 100 พีพีเอ็ม และปัจจัยที่สองคือเปลือกหอย 2 ระดับ 0 และ 1% ใช้แม่ไก่ไข่ลูกผสมทางการค้าพันธุ์โรมันบราวน์ระยะปลดไข อายุ 79 สัปดาห์ จำนวน 240 ตัว แบ่งเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ตัว โดยมีกลุ่มทดลองดังนี้ 1) กลุ่มอาหารปกติ 2) กลุ่มอาหารปกติเสริมกวาวเครือขาว 50 พีพีเอ็ม 3) กลุ่มอาหารปกติเสริมกวาวเครือขาว 100 พีพีเอ็ม 4) กลุ่มอาหารปกติเสริมเปลือกหอย 1% 5) กลุ่มอาหารปกติเสริมกวาวเครือขาว 50 พีพีเอ็มร่วมกับเปลือกหอย 1% และ 6) กลุ่มอาหารปกติเสริมกวาวเครือขาว 100 พีพีเอ็มร่วมกับเปลือกหอย 1% ระยะเวลาการทดลอง 84 วัน (แบ่งการเก็บข้อมูลเป็น 3 ช่วง ช่วงละ 28 วัน) ผลการทดลอง พบว่า การเสริมกวาวเครือขาวและเปลือกหอยในระดับที่ทดลองไม่ทำให้ปริมาณแคลเซียมและฮอร์โมนเอสโตรเจนในเลือดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อิทธิพลร่วมระหว่างกวาวเครือขาวและเปลือกหอยมีผลต่ออัตราการไข่ มวลไข่ ค่าสีแดงของไข่แดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) การเสริมกวาวเครือขาวมีผลต่อความหนาเปลือกไข่และดัชนีไข่แดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และการเสริมเปลือกหอยมีผลต่อค่าความสว่างของไข่แดงและค่าสีแดงของไข่แดง ($p<0.05$) และมีแนวโน้มส่งผลต่อดัชนีรูปร่างไข่ ($p=0.09$) ดังนั้นการเสริมกวาวเครือขาว 50 พีพีเอ็มถึง 100 พีพีเอ็มร่วมกับเปลือกหอย 1% ในอาหารไถ่ระยะปลดไขจะช่วยปรับปรุงคุณภาพเปลือกไข่

คำสำคัญ: กวาวเครือขาว แคลเซียม คุณภาพไข่ คุณภาพเปลือกไข่ สมรรถภาพการผลิต

¹ รองศาสตราจารย์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี
อีเมล: srinoy@vru.ac.th

² รองศาสตราจารย์ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อีเมล: ffsora@ku.ac.th

*ผู้รับผิดชอบหลัก อีเมล: srinoy@vru.ac.th

EFFECTS OF *Puraria mirifica* AND CALCIUM SUPPLEMENTATION IN DIET OF SPENT LAYING HENS ON PRODUCTIVE PERFROMANCE, EGG SHELL QUALITY, EGG INTERNAL QUALITY, CALCIUM AND ESTROGEN IN BLOOD

Srinoy Chumkam^{1*} Orapint Jintasaporn²

Abstract

This study aimed to investigate the effects of *Puraria mirifica* and oyster shell calcium supplementation in diets of spent laying hens on productive performance, egg shell quality, egg internal quality, calcium and estrogen in blood. The experiment was assigned in a completely randomized 3×2 factorial design consisting of 2 factors: 3 concentration levels of *Puraria mirifica* - 0, 50 and 100 ppm and 2 concentration levels of oyster shell calcium - 0 and 1%. In this study, two hundreds and forty Roman Brown hens (spent laying hens), 79 weeks of age, were treated differently in 6 separate groups, with 10 hens per pen and 4 replications per treatment. The treatment diets included 1) basal diet, 2) and 3) basal diet supplemented with 50 and 100 ppm of *Puraria mirifica*, respectively, 4) basal diet supplemented with 1% oyster shells, 5) and 6) basal diet supplemented with the combination of *Puraria mirifica* and oyster shells at the rate of 50 : 1 and 100 : 1 respectively. This 84-day trial period was divided into 3 periods of 28 days each. The results showed that the combination of *Puraria mirifica* and oyster shell at the trial level did not significantly lead to any difference in the level of blood calcium and estrogen. The interaction between *Puraria mirifica* and oyster shells was found to statistically significantly influence egg production, egg mass, and redness (a^*) of yolk color ($p < 0.05$). *Puraria mirifica* supplementation statistically significantly exhibited effects ($p < 0.05$) on egg shell thickness and egg yolk color. The oyster shell supplementation statistically significantly presented effects on brightness (L^*) and redness (a^*) of yolk color ($p < 0.05$). In addition, oyster shell supplementation tended to affect the egg shape index ($p = 0.09$). Therefore, the combination of 50-10 ppm of *Puraria mirifica* supplemented with 1% oyster shells in spent layer diets could improve egg shell quality.

Keywords: *Puraria mirifica*, calcium, egg quality, egg shell quality, productive performance

1. Faculty of Agricultural Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, e-mail: srinoy@vru.ac.th

2. Faculty of Fishery, Kasetsart University, Bangkok, e-mail: ffsora@ku.ac.th

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

บทนำ

อุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่ไข่ในประเทศไทยเป็นการนำเข้าพ่อแม่พันธุ์ไก่จากต่างประเทศ เพื่อนำมาผลิตลูกไก่ไข่ แม่ไก่ไข่จะเริ่มให้ไข่เมื่ออายุประมาณ 20 สัปดาห์ โดยปกติแล้วแม่ไก่ไข่จะให้ผลผลิตไข่นานประมาณ 1 ปีแล้วจะถูกจำหน่ายเป็นไก่ปลดระวางทั้งนี้เนื่องจากผลผลิตไข่ลดลง นอกจากนี้ไข่ที่ได้จากแม่ไก่ที่มีอายุมากยังมีคุณภาพลดลง เช่น เปลือกไข่บาง ไข่แตกง่าย ปัญหาไข่นิ่ม เปลือกไข่ผิดปกติมากขึ้น (Robert, 2004) ทั้งนี้เนื่องจากตามธรรมชาติของไก่ แม่ไก่จะเริ่มผลิตไข่เมื่ออายุมากขึ้น ซึ่งระยะนี้แม่ไก่จะอยู่ในสภาวะเครียด ฮอร์โมนไทร็อกซินจะเพิ่มขึ้นเพื่อกระตุ้นการเจริญของขน ฮอร์โมนเอสโตรเจนซึ่งเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์พันธุ์จะลดลง ระดับของเอสโตรเจนจะลดลงมากเมื่อแม่ไก่มีอายุ 70 สัปดาห์ ตัวรับเอสโตรเจน (Estrogen receptor) ที่ไตและลำไส้เล็กก็ลดลงตามอายุที่มากขึ้น ทำให้การดูดซึมของแคลเซียมลดลง เพราะเอสโตรเจนเป็นปัจจัยที่สำคัญในการรักษาสมดุลย์ของแคลเซียมในร่างกาย (Beck & Hansen, 2004) จึงทำให้ไม่คุ้มต่อการเลี้ยงต่อไป จำเป็นต้องขายทิ้ง และเริ่มเลี้ยงไก่รุ่นใหม่ การได้รับเอสโตรเจนจากแหล่งภายนอก ร่างกาย จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการจัดการฟาร์มที่สามารถยืดระยะเวลาการไข่ของแม่ไก่ ซึ่งจะทำให้ผู้ผลิตได้ผลตอบแทนที่สูงขึ้น

กวาวเครือขาว (*Pueraria mirifica*) เป็นพืชสมุนไพรไทย มีสารโดยธรรมชาติที่ออกฤทธิ์คล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจน (Phytoestrogen) ยุวดี มานะเกษมพันธุ์ และ ศุจิรัตน์ สงวนรังศิริกุล (2553) รายงานว่า พิวราลินและจินิสทีอินเป็นสารไอโซฟลาโวนอยด์ที่พบมากในหัวกวาวเครือขาว มีฤทธิ์คล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจนและมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ในสัตว์ปีกฮอร์โมนเอสโตรเจนจะทำให้เกิดการพัฒนาระบบสืบพันธุ์เพศเมีย Stevens (1996) รายงานว่า ฮอร์โมนเอสโตรเจนสามารถกระตุ้นให้ท่อนำไข่สร้างโปรตีนของไข่ขาวและตับสร้างสารไข่แดง (Vitellogenins) ช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีน ไขมันและวิตามินในเลือดเพื่อนำไปสร้างไข่แดง ควบคุมระดับแคลเซียมในกระแสเลือด และมีอิทธิพลต่อการขนส่งแคลเซียมจากกระแสเลือดเข้าสู่กระดูกในกระบวนการสร้างเปลือกไข่ การใช้กวาวเครือขาวในอาหารสัตว์จึงเป็นการใช้สารธรรมชาติเพื่อเพิ่มผลผลิตจากสัตว์ ครี้น้อย ชุ่มคำและคณะ (2548) พบว่า การเสริมกวาวเครือในระดับ 1% ในอาหารไก่เนื้อที่อายุ 3-7 สัปดาห์ ทำให้อัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารดีกว่ากลุ่มที่ไม่เสริมและกลุ่มที่เสริมกวาวเครือ 0.5%, 1.5%, 2.0%, 2.5% และ 3.0% ($p < 0.05$) และไม่มีการตกค้างของเอสโตรเจนในทุกกลุ่มทดลองสอดคล้องกับอรัย ไตรูฒานนท์ และคณะ (2549) ที่รายงานการเสริมกวาวเครือขาวในระดับ 1% ในอาหารไก่ตอนที่อายุ 3-7 สัปดาห์และ 4-8 สัปดาห์ ทำให้ไก่มีสมรรถภาพการเจริญเติบโตดีที่สุดและไม่มีการตกค้างของฮอร์โมน ไก่เนื้อที่ได้รับกวาวเครือขาวมีสมรรถภาพการเจริญเติบโตไม่ต่างจากที่ได้รับฮอร์โมนสังเคราะห์และเมื่อหยุดการให้กวาวเครือขาวขนาดอันตรายสามารถโตขึ้นได้ ทั้งนี้เนื่องจากการออกฤทธิ์ของเอสโตรเจนจากกวาวเครือขาวเป็นการออกฤทธิ์ในระยะสั้น ทำให้ไม่มีการตกค้างในเนื้อ ในสุกรเพศผู้ที่ได้รับกวาวเครือขาวในระดับ 2.0% และ 4.0% จะทำให้ระดับ

ฮอร์โมนเพศผู้ลดลง ($p < 0.05$) แต่ไม่มีการตกค้างของกวาวเครือในเนื้อสุกร(ศรีย้อย ชุ่มคำ และคณะ, 2545) การเสริมกวาวเครือขาวในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 900 พีพีเอ็ม และ 1200 พีพีเอ็ม จะลดผลผลิตไข่และเปอร์เซ็นต์การเลี้ยงรอดแต่การเสริมที่ระดับ 100 พีพีเอ็ม จะมีน้ำหนักไข่สูงกว่ากลุ่มที่ไม่เสริมและเสริมที่ระดับ 300 และ 900 พีพีเอ็ม ($p < 0.01$) ไม่มีการตกค้างของเอสโตรเจนในไข่และเนื้อไก่ (สมโภชน์ ทับเจริญ และคณะ, 2546) และไม่พบการแตกต่างของคุณภาพไข่ (รติญาพร นากใจ และศรีย้อย ชุ่มคำ, 2561) นอกจากนี้การเสริมแคลเซียมซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเปลือกไข่ จะช่วยลดปัญหาคุณภาพเปลือกไข่ที่เกิดขึ้น แคลเซียมในอาหารไก่ไข่จากแหล่งที่ต่างกันไม่ทำให้ความหนาเปลือกไข่ต่างกันแต่ทำให้ความแข็งแรงของเปลือกไข่ (Eggshell strength) ต่างกัน ($p < 0.05$) แม่ไก่ที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งแคลเซียมที่มีขนาดใหญ่ช่วยปรับปรุงคุณภาพเปลือกไข่ทั้งนี้เนื่องจากการย่อยสลายช้าจึงมีการคงอยู่ของแคลเซียมในกระสเลียดซึ่งเป็นผลดีต่อการนำไปสร้างเปลือกไข่ (Pizzolante *et al.*, 2011) เปลือกหอยนางรมเป็นแหล่งแคลเซียมในอาหารไก่ไข่ที่มีผลต่อสมรรถนะการผลิตของไข่ทำให้เปลือกไข่มีคุณภาพที่ดีโดยเฉพาะเมื่อไข่มีอายุมากขึ้น ทั้งนี้เพราะเปลือกหอยจะย่อยสลายช้าในทางเดินอาหารของไก่ไข่จึงทำให้ไก่สามารถใช้แคลเซียมได้ตลอดเวลา (รณชัย รามเดชะ, 2531; อุทัยคันโธ, 2529)

ดังนั้นการเสริมกวาวเครือขาวที่มีสารออกฤทธิ์คล้ายเอสโตรเจนในอาหารไก่ระยะปลดไข่ร่วมกับการเสริมเปลือกหอยเพื่อเพิ่มแคลเซียมในอาหาร น่าจะช่วยเพิ่มสมรรถภาพการผลิตไข่และคุณภาพไข่ ทำให้สามารถเพิ่มระยะเวลาการให้ไข่ของแม่ไก่ ผู้เลี้ยงมีรายได้มากขึ้นและไม่มีการตกค้างของฮอร์โมนในผลผลิตไข่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลการเสริมกวาวเครือขาวร่วมกับแคลเซียมจากเปลือกหอยต่อสมรรถภาพการผลิตไข่ คุณภาพเปลือกไข่ คุณภาพภายในของไข่ และระดับแคลเซียมและเอสโตรเจนในเลือด

วิธีดำเนินการวิจัย

แผนการทดลอง

การศึกษานี้ วางแผนการทดลองแบบ 3×2 แฟคทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ปัจจัยแรกคือกวาวเครือขาว 3 ระดับ 0, 50 และ 100 พีพีเอ็ม ปัจจัยที่ 2 คือ เปลือกหอย 2 ระดับ 0 และ 1% โดยมีกลุ่มทดลองดังนี้ 1) กลุ่มอาหารปกติ 2) กลุ่มอาหารปกติเสริมกวาวเครือขาว 50 พีพีเอ็ม 3) กลุ่มอาหารปกติเสริมกวาวเครือขาว 100 พีพีเอ็ม 4) กลุ่มอาหารปกติเสริมเปลือกหอย 1% 5) กลุ่มอาหารปกติเสริมกวาวเครือขาว 50 พีพีเอ็มร่วมกับเปลือกหอย 1% และ 6) กลุ่มอาหารควบคุมเสริมกวาวเครือขาว 100 พีพีเอ็มร่วมกับเปลือกหอย 1%

สัตว์ทดลองและการจัดการ

ในการทดลองใช้แม่ไก่ไข่ลูกผสมทางการค้า พันธุ์โรมันบราวน์ระยะปลดไข่ อายุ 79 สัปดาห์ สุ่มไก่จำนวน 240 ตัว แบ่งเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ตัว ทดลองในโรงเรือนไก่ไข่ที่เป็นระบบปิดซึ่งควบคุมอุณหภูมิโดยการระเหยของน้ำ (Evaporative cooling system) ที่อุณหภูมิ 28 ± 1 องศาเซลเซียส ระบบการให้น้ำอัตโนมัติแบบหัวหยด (Nipple) ไก่ได้รับน้ำและอาหารอย่างเต็มที่ เลี้ยงด้วยอาหารไก่ไข่สำเร็จรูปที่มีโปรตีน 16.94% ไขมัน 3.67% เยื่อใย 5.61% และแคลเซียม 3.39% พลังงานรวม 3938.44 แคลลอรี่/กรัม (AOAC, 2000)

การเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์

ระยะเวลาในการทดลอง 84 วัน แบ่งการเก็บข้อมูลเป็น 3 ช่วง ช่วงละ 28 วัน เก็บข้อมูลปริมาณอาหารที่กิน จำนวนไข่ น้ำหนักไข่ เพื่อหาปริมาณอาหารที่กินต่อวัน ปริมาณอาหารที่กินต่อการผลิตไข่ 1 โหล ประสิทธิภาพการใช้อาหาร อัตราการไข่ น้ำหนักไข่และมวลไข่ ใน 3 วันสุดท้ายของแต่ละช่วงเวลาก่อนไข่จำนวน 3 ฟองของทุกซ้ำ เพื่อหาน้ำหนักไข่แดง น้ำหนักไข่ขาว น้ำหนักเปลือกไข่ เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบไข่ ค่าความถ่วงจำเพาะของไข่ (Pesti *et al.*, 2005) ความหนาเปลือกไข่โดยใช้ไมโครมิเตอร์สำหรับวัดความหนาผิวโค้ง ค่าฮอกยูนิต (Haugh unit) (Roush, 1981) และดัชนีไข่แดงเพื่อประเมิน คุณภาพไข่ขาวและไข่แดง วัดความกว้างและความสูงของไข่ด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์ เพื่อหาดัชนีรูปทรงไข่ (Hanusova *et al.*, 2015) วัดสีไข่แดงและสีเปลือกไข่ด้วยเครื่องวัดสี (Colorimeter) เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำสุ่มเจาะเลือดไก่ที่เส้นเลือดดำใต้ปีก (Wing vein) ซ้ำละ 2 ตัว เพื่อหาปริมาณแคลเซียม (Kenneth Walker *et al.*, 1990) และฮอร์โมนเอสโตรเจนในเลือด (DCP, 1997)

วิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ปริมาณแคลเซียมและเอสโตรเจนในเลือด

ผลการเสริมกวาวเครือขาวและเปลือกหอยในอาหารไกระยะปลดไข่ ต่อปริมาณแคลเซียมและฮอร์โมนเอสโตรเจนในเลือดดังแสดงในตารางที่ 1 ปริมาณแคลเซียมและเอสโตรเจนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับ Wistdet *et al.* (2014) ที่พบว่า การเสริมเอสตราไดโอะลระดับต่ำ (0.385 มก.ของ estradiol 3-benzoate) ในอาหารไก่ไข่ไม่ทำให้ระดับแคลเซียมในกระแสเลือดเพิ่มขึ้น แม้จะพบว่าความหนาเปลือกไข่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นไปในทำนองเดียวกันในการทดลองนี้ (ตารางที่ 3) แต่ขัดแย้งกับ Ciftci (2012) ที่พบว่า การให้เอสโตรเจนจากแหล่งภายนอก (0.1 และ 0.2 มก. เอสตราไดโอะล) ในนกกระทา ทำให้เอสโตรเจนในเลือดเพิ่มขึ้น

ตามระดับของฮอร์โมนที่เพิ่มขึ้น และในไก่ไข่อุ่น 17-เบต้าเอสตราไดออลที่ระดับ 12,500, 25,000 และ 50,000 IU ทำให้ระดับแคลเซียมในเลือดและการดูดซึมของแคลเซียมเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (Dojana *et al.* 2015) และการเสริมแคลเซียมที่ระดับมากกว่า 2.0% จะทำให้ระดับแคลเซียมในเลือดเพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) แต่ระดับเอสโตรเจนไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ในไก่อายุ 34 สัปดาห์ ระดับแคลเซียมและฮอร์โมนเอสโตรเจนที่ไม่แตกต่างกันในการทดลองนี้อาจเนื่องจากระดับฮอร์โมนในกวางเครือขาว ซึ่งเป็นฮอร์โมนธรรมชาติและระดับแคลเซียมจากเปลือกหอยในการทดลองยังไม่สามารถทำให้แคลเซียม และฮอร์โมนเอสโตรเจนในเลือดแตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับอาหารปกติ

ตารางที่ 1 ปริมาณแคลเซียมและฮอร์โมนเอสโตรเจนในเลือด

กวางเครือขาว (พีพีเอ็ม)	เปลือกหอย(%)	แคลเซียม(มก./ดล.)	เอสโตรเจน (พก./ มล.)
0	0	30.57	270.00
	1	31.03	269.00
50	0	27.13	237.00
	1	22.65	294.00
100	0	25.93	286.00
	1	30.00	265.00
SEM		2.22	28.17
P-value	กวางเครือขาว	0.11	0.86
	เปลือกหอย	0.99	0.73
	กวางเครือขาว× เปลือกหอย	0.24	0.43

หมายเหตุ SEM = Standard error of mean

สมรรถภาพการผลิตไข่

ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน ปริมาณอาหารที่กินต่อการผลิตไข่ 1 โหล ประสิทธิภาพการใช้อาหาร ไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) อัตราการไข่และมวลไข่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 2) กลุ่มที่เสริมเปลือกหอยจะมีอัตราการไข่และมวลไข่สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับกาวเครือขาว 50 พีพีเอ็ม

ตารางที่ 2 สมรรถภาพการผลิตไข่

กาว เครือ (พีพีเอ็ม)	เปลือก หอย(%)	ปริมาณ อาหาร ที่กิน (ก./ตัว/ วัน)	ปริมาณ อาหารที่ กิน/ไข่ 1 โหล (กก.)	ประสิทธิ ภาพการ ใช้อาหาร	น้ำหนักไข่ (ก./ฟอง)	มวลไข่ (ก./ฟอง)	อัตราการ ไข่ (%)
0	0	107.91	1.85	2.48	62.44	43.61 ^{ab}	69.84 ^{ab}
	1	113.83	1.71	2.26	62.74	50.23 ^b	80.04 ^b
50	0	114.34	1.74	2.31	62.52	49.41 ^{ab}	79.03 ^{ab}
	1	108.01	1.94	2.66	60.93	41.54 ^a	68.16 ^a
100	0	108.10	1.70	2.28	62.17	47.09 ^{ab}	75.70 ^{ab}
	1	115.74	1.87	2.48	62.64	45.84 ^{ab}	73.26 ^{ab}
SEM		3.56	0.10	0.13	0.48	2.41	3.79
P- value	กาว	0.96	0.79	0.64	0.19	0.83	0.94
	เครือขาว						
	เปลือก	0.42	0.37	0.33	0.50	0.68	0.74
	หอย						
	กาว	0.13	0.17	0.13	0.08	0.02	0.04
	เครือขาว× เปลือก						
	หอย						

หมายเหตุ ^{a,b} อักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p<0.05$)

SEM = Standard error of mean

ร่วมกับเปลือกหอยแต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มอื่นๆ การเสริมกวาวเครือขาวร่วมกับการเสริมเปลือกหอยมีแนวโน้มจะทำให้น้ำหนักไขมีความแตกต่างกัน ($p=0.08$) สอดคล้องกับประภัสรา กันภัย (2546) ที่ไม่พบความแตกต่างของน้ำหนักไขเมื่อเสริมกวาวเครือขาวในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 100, 500 และ 1000 ฟีฟี่เอ็ม แต่แตกต่างจากสมโภชน์ ทับเจริญ และคณะ (2546) และอรฤทธิ พลายุบุญ และอรัญญิ จินตสถาพร (2558) ที่เสริมกวาวเครือในระดับ 50 ฟีฟี่เอ็มและ 100 ฟีฟี่เอ็ม ทำให้น้ำหนักไขสูงกว่ากลุ่มควบคุมแต่ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการไข่ ปริมาณอาหารที่กินต่อการผลิตไข่ 1 โหล ไม่แตกต่างกัน และการเสริมกวาวเครือขาวในระดับ 900 และ 1200 ฟีฟี่เอ็มจะทำให้อัตราการไข่ลดลง อัตราการตายเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) นอกจากนี้ Wistdet *et al.* (2014) พบว่าการให้เอสโตรเจนในระดับต่ำจากแหล่งภายนอกกับแม่ไก่ที่มีอายุ 70 สัปดาห์ไม่ทำให้น้ำหนักไขแตกต่าง ($p>0.05$) สอดคล้องกับ Saki *et al.* (2002) การเสริมเอสโตรเจนในระดับต่ำสามารถปรับปรุงคุณภาพไข่ แต่ไม่ทำให้น้ำหนักไขหรือผลผลิตไข่เพิ่มขึ้น ดังนั้นการเสริมกวาวเครือขาวในระดับที่ทดลองอาจมีฤทธิ์ของเอสโตรเจนไม่มากพอที่จะไปทดแทนการลดลงของฮอร์โมนในแม่ไก่ระยะปลดไข่ ซึ่งก็พบว่าเอสโตรเจนในเลือดไม่แตกต่างกันจึงไม่มีผลต่อการให้ผลผลิตไข่เพิ่มขึ้นในแม่ไก่ระยะปลดไข่ ส่วนการเสริมเปลือกหอยทำให้อัตราการไข่และมวลไข่ดีกว่ากลุ่มอื่น อาจเนื่องจากแคลเซียมเป็นตัวกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ในเมตาบอลิซึมของไขมัน การสร้างเปลือกไข่ การควบคุมการหลั่งฮอร์โมนบางชนิด การแข็งตัวของเลือดและมีส่วนช่วยในการขนส่งสารอาหารเข้าสู่เซลล์ เกี่ยวข้องกับการสร้างสารไข่แดง (McWatters, 2003)

คุณภาพเปลือกไข่

จากตารางที่ 3 ความถ่วงจำเพาะ ดัชนีรูปร่าง เปอร์เซ็นต์เปลือกไข่ และสีเปลือกไข่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ความหนาของเปลือกไข่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) การเสริมกวาวเครือขาวทำให้กลุ่มที่ได้รับกวาวเครือขาว 100 ฟีฟี่เอ็มร่วมกับเปลือกหอยมีความหนาของเปลือกไข่มากที่สุด($p<0.05$) มากกว่ากลุ่มควบคุม กลุ่มที่ได้รับเปลือกหอยและกลุ่มที่ได้รับกวาวเครือขาว 50 ฟีฟี่เอ็ม การเสริมเปลือกหอยมีแนวโน้มจะทำให้ค่าดัชนีรูปร่างไข่ดีขึ้น ($p=0.09$) ซึ่งสอดคล้องกับประภัสรา กันภัย (2546) อรฤทธิ พลายุบุญ และอรัญญิ จินตสถาพร (2558) ที่ไม่พบความแตกต่างของความหนาเปลือกไข่ในไก่ที่ได้รับอาหารเสริมกวาวเครือขาวในระดับต่างๆ แต่ Wistdet *et al.* (2014) พบว่า การฝัง estradiol 3-benzoate 0.385 มก.ได้ผิวหนังในไก่ทำให้ความหนาเปลือกไข่เพิ่มขึ้น และดัชนีรูปร่างดีขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเอสโตรเจนเป็นปัจจัยที่สำคัญในการรักษาสมดุลของแคลเซียม และช่วยในการดูดซึมของแคลเซียมที่ลำไส้เล็ก (Beck & Hansen, 2004) ฮอร์โมนเอสโตรเจนจะกระตุ้นการเปลี่ยนวิตามินดี 3 เป็น 1,25 dihydroxycholecalciferol ซึ่งเป็นรูปที่ร่างกายนำไปใช้ได้ และการสังเคราะห์ Calcium binding protein D28K ในเยื่อบุลำไส้เล็กส่วนต้น (Beck & Hansen, 2004) วิตามินดี 3 จะช่วยในการรักษาสมดุลของแคลเซียม โดยเพิ่มการดูดซึมของแคลเซียม ด้วยการกระตุ้น

การสร้างโปรตีนที่จับกับแคลเซียม ทำให้ให้แคลเซียมในกระแสเลือดเพิ่มขึ้น (Nascimento *et al.*, 2014) การเสริมกวาวเครือขาวและเปลือกหอยในการทดลองนี้จึงช่วยเพิ่มความหนาของเปลือกไข่ ($p < 0.05$) ดัชนีรูปทรงไข่เป็นค่าที่ประเมินการแตกตัวของไข่จากแรงที่มากระทบ มีความสำคัญต่อการขนส่งไข่ ดัชนีรูปทรงไข่จะเพิ่มขึ้นตามอายุแม่ไก่ที่เพิ่มขึ้น ความแข็งของเปลือกไข่จะสัมพันธ์กับดัชนีรูปทรงไข่ ไข่ที่รูปทรงแหลม (Sharp) จะมีค่าดัชนีรูปทรงต่ำและไข่ที่มีลักษณะกลม (Round) จะมีค่าดัชนีรูปทรงสูง (Duman *et al.*, 2016) ได้แบ่งค่าดัชนีรูปทรงไข่โดย รูปทรงแหลม < 72 , รูปทรงปกติ $72-76$ และ รูปทรงกลม > 76 ไข่ที่มีรูปทรงปกติจะทนต่อแรงที่มากระทบในระหว่างการขนส่งได้ดีที่สุด ซึ่งในการทดลองค่าดัชนีรูปทรงอยู่ในช่วงปกติ แต่การเสริมเปลือกหอยมีแนวโน้มจะมีผลต่อค่าดัชนีรูปทรงไข่ ($p = 0.09$)

ตารางที่ 3 คุณภาพเปลือกไข่

กวาว เครือขาว (ฟิฟเอ็ม)	เปลือกหอย (%)	ความ ถ่วง จำเพาะ	ความ หนา เปลือกไข่ (มม.)	ดัชนี รูปทรง (%)	เปลือกไข่ (%)	สีเปลือกไข่		
						L*	a*	b*
0	0	1.088	0.346 ^a	74.16	9.45	55.58	10.29	27.37
	1	1.087	0.346 ^a	73.92	9.31	57.17	8.93	26.42
50	0	1.087	0.347 ^a	74.15	9.32	56.16	10.73	26.57
	1	1.089	0.355 ^{ab}	73.10	9.68	57.48	8.82	26.38
100	0	1.089	0.355 ^{ab}	75.19	9.58	55.08	10.70	27.41
	1	1.090	0.366 ^b	73.85	9.84	55.79	10.29	26.77
SEM		0.001	0.006	0.60	0.15	1.02	0.84	0.89
P- value	กวาวเครือ ขาว	0.42	0.05	0.35	0.12	0.40	0.54	0.78
	เปลือกหอย	0.70	0.19	0.09	0.21	0.16	0.09	0.43
	กวาวเครือ ขาว× เปลือกหอย	0.26	0.65	0.65	0.26	0.91	0.67	0.91

หมายเหตุ ^{a,b} อักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

SEM = Standard error of mean L*=ค่าความสว่าง a*=ค่าสีแดง b*=ค่าสีเหลือง

คุณภาพภายในของไข่

ค่าฮอกยูนิต ค่าสีเหลืองของไข่แดง เปอร์เซ็นต์ไข่แดง และเปอร์เซ็นต์ไข่ขาวไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ดัชนีไข่แดง ความสว่างของสีไข่แดงและค่าสีแดงของสีไข่แดง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 4) การเสริมกวาวเครือขาวมีผลต่อค่าดัชนีไข่แดงซึ่งเป็นค่าที่ประเมินคุณภาพภายในของไข่ เช่นเดียวกับค่าฮอกยูนิตและมีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงของเยื่อหุ้มไข่แดง (Vitelline membrane) การเสริมเปลือกหอยมีผลต่อค่าความสว่าง (L^*) ของสีไข่แดง กลุ่มที่เสริมเปลือกหอยในอาหารจะมีค่าความสว่างมากกว่ากลุ่มอื่นๆ ซึ่งขัดแย้งกับ Vargas-Rodríguez *et al.* (2016) ที่พบว่า ระดับแคลเซียมที่เพิ่มขึ้นในอาหาร จะทำให้ค่าสีเหลือง (b^*) ของไข่แดงลดลง แต่ไม่มีผลต่อค่าความสว่างของไข่แดง การเสริมเปลือกหอยและ

ตารางที่ 4 คุณภาพภายในของไข่และส่วนประกอบไข่

กวาว เครือขาว (พีพีเอ็ม)	เปลือกหอย (%)	ค่าฮอก ยูนิต	ดัชนีไข่ แดง (%)	สีไข่แดง			ไข่แดง (%)	ไข่ขาว (%)
				L^*	a^*	b^*		
0	0	80.09	46.16 ^b	46.26 ^a	7.23 ^{bc}	40.22	24.99	65.33
	1	75.80	45.59 ^{ab}	49.39 ^b	6.22 ^{ab}	39.85	24.91	65.78
50	0	76.20	45.18 ^a	47.49 ^{ab}	8.32 ^c	40.74	24.64	66.24
	1	75.83	44.91 ^a	49.10 ^b	5.83 ^a	41.68	25.48	65.06
100	0	77.97	45.74 ^{ab}	48.80 ^b	6.53 ^{ab}	40.39	24.80	65.62
	1	76.15	46.23 ^b	48.93 ^b	6.88 ^{ab}	40.54	25.09	65.30
SEM		1.61	0.29	0.72	0.38	0.87	0.44	0.54
	กวาวเครือ ขาว	0.50	0.01	0.36	0.55	0.41	0.96	0.94
P- value	เปลือกหอย	0.12	0.63	0.01	0.01	0.74	0.35	0.43
	กวาวเครือ ขาว× เปลือกหอย	0.49	0.21	0.14	0.01	0.76	0.58	0.34

หมายเหตุ ^{a,b,c} อักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

SEM = Standard error of mean

การเสริมกวาวเครือขาวร่วมกับเปลือกหอยมีผลต่อค่าสีแดง (a^*) ของไข่แดง ค่าสีแดงของไข่แดงในกลุ่มที่ได้รับ กวาวเครือขาว 50 พีพีเอ็มจะสูงที่สุด และกลุ่มที่ได้รับกวาวเครือขาว 50 พีพีเอ็มร่วมกับเปลือกหอยจะต่ำที่สุด ซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่าความสว่างและความเข้มของสีไข่แดงในการทดลองนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ An *et al.* (2016) รายงานว่าความเข้มสีไข่แดงเมื่อวัดด้วยพัคสีโรจะเพิ่มขึ้นตามระดับแคลเซียมในอาหารที่ เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะกวาวเครือขาวมีฤทธิ์ในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจึงช่วยลดความเสียหายของเซลล์จาก ปฏิกิริยาออกซิเดชันขึ้นทำให้การดูดซึมของสารสีจากอาหารมาสะสมในไข่แดงเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Abou-Elkhair *et al.* (2018) พบการทดลองเสริมสารธรรมชาติจากพืชสมุนไพรที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระใน ระดับ 5 ก./กก.อาหาร จะทำให้ความเข้มสีไข่แดงเพิ่มขึ้น ระดับคลอเรสเตอรอลในไข่แดงลดลง แต่การเสริม กวาวเครือขาวร่วมกับเปลือกหอยในการทดลอง ทำให้ค่าสีแดงลดลงอาจเกี่ยวเนื่องกับเปอร์เซ็นต์ไข่แดงที่เพิ่มขึ้น (25.48%) และค่าความสว่างที่เพิ่มขึ้นจากอิทธิพลของการเสริมแคลเซียม

สรุป

การเสริมเปลือกหอย 1% ในอาหารไก่ระยะปลดไข่จะช่วยปรับปรุงอัตราการไข่และมวลไข่ การเสริม กวาวเครือขาว 50 พีพีเอ็ม หรือ 100 พีพีเอ็มร่วมกับเปลือกหอย 1% จะช่วยเพิ่มความหนาเปลือกไข่ และการ เสริมกวาวเครือขาว 100 พีพีเอ็มร่วมกับเปลือกหอย 1% จะทำให้ค่าดัชนีไข่แดงสูงที่สุด แต่ระดับของกวาวเครือ ขาวและเปลือกหอยที่ทดลองไม่มีผลต่อระดับของแคลเซียมและฮอโมนเอสโตรเจนในกระแสน้ำเลือด

ข้อเสนอแนะ

ระดับของเปลือกหอยร่วมกับกวาวเครือขาวในระดับที่ทดลองช่วยเพิ่มความหนาเปลือกไข่ แต่ไม่มีผล ต่อสมรรถภาพการผลิตไข่ อาจเนื่องจากระดับของกวาวเครือที่ใช้ในการทดลอง การเพิ่มระดับกวาวเครือขาวใน การทดลองครั้งต่อไปน่าจะช่วยเพิ่มสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตรที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- ประภัสรา กันภัย. (2546). ผลของไฟโตเอสโตรเจนในกวาวเครือขาวต่อระดับโคเลสเตอรอลในไข่แดงและ ประสิทธิภาพการให้ผลผลิตไข่ในไก่ไข่. วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ยุวดี มานะเกษมพันธ์ุ, และศุจิรัตน์ สงวนรังศิริกุล. (2553). สารออกฤทธิ์สำคัญ และผลของสารสำคัญใน กวาวเครือขาว. รายงานวิจัย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

- รณชัย งามเดชะ. (2531). **ผลของระดับ แหล่ง และขนาดของอนุภาคของแคลเซียม การเสริมเทอร์รายม์ ซิน และวิตามินซีในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตไข่และความหนาของเปลือกไข่ในฤดูร้อน.** วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- รัตญาพร นากใจ, และศรีย้อย ชุ่มคำ. (2561). **ผลการเสริมกวาวเครือขาวในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพเปลือกไข่และคุณภาพภายในของไข่.** 6 มิถุนายน 2561. การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบันครั้งที่ 6, มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ. สมุทรปราการ.
- ศรีย้อย ชุ่มคำ, อรพินท์ จินตสถาพร, และอรทัย ไตรวุฒานนท์. (2545). **อิทธิพลของกวาวเครือขาวต่อระดับฮอร์โมนบางชนิด กลิ่นเพศและเซลล์ในอวัยวะของสุกรเพศผู้.** 4-7 กุมภาพันธ์ 2545. การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 40 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ศรีย้อย ชุ่มคำ, อรพินท์ จินตสถาพร, และอรทัย ไตรวุฒานนท์. (2548). **อิทธิพลกวาวเครือขาวต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต ลักษณะซาก และระดับฮอร์โมนบางชนิดในไก่เนื้อ.** วารสารสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ, 37:37-50.
- สมโภชน์ ทับเจริญ, พัลลพ ตั้งตระกูลทรัพย์, เกรียงไกร สะอาดรักษ์, และสุชาติ สงวนพันธุ์. (2546). **ผลของกวาวเครือขาวในอาหารไก่ไข่ระยะให้ไข่สูงสุดถึงสิ้นสุดการไข่.** 3-7 กุมภาพันธ์ 2546. การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 41 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อรทัย ไตรวุฒานนท์, สมโภชน์ ทับเจริญ, อรประพันธ์ ส่งเสริม, เสาวลักษณ์ ผ่องลำเจียก, สุชาติ สงวนพันธุ์, มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด, ประนอม เดชวิศิษฐ์สกุล, และดารารวรรณ ปิ่นทอง. (2549). **การใช้อาหารผสมผงกวาวเครือขาวในการเลี้ยงไก่เนื้อตอน 1: ระยะเวลาและระดับที่เหมาะสมในการใช้ผงกวาวเครือขาวในอาหาร ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และคุณภาพซาก.** 24 มกราคม 2549. การประชุมวิชาการสัตวศาสตร์ ครั้งที่ 2 มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- อุทัย คันโธ. (2529). **อาหารและการผลิตอาหารเลี้ยงสุกรและสัตว์ปีก.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม.
- อรรณภูมิ พลายนบุญ, และอรทัย จินตสถาพร. (2558). **การใช้กวาวเครือขาวต่อการผลิตไข่และคุณภาพไข่ในแม่ไก่ไข่.** 8-9 ธันวาคม การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 12, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม.
- Abou-Elkhaira, R., Selim, S., & Hussein, E. (2018). Effect of supplementing layer hen diet with phytogetic feed additives on laying performance, egg quality, egg lipid peroxidation and blood biochemical constituents. *Animal Nutrition*. 4:394-400.
- AOAC. (2000). *Official method of analysis of association of official analytical chemists.* AOAC, Washington, DC.
- An, S. H., Kim, D. W., & An, B. K. (2016). Effects of dietary calcium levels on productive performance, eggshell quality and overall calcium status in aged laying hens. *Asian Australas Journal of Animal Science*. 29:1477-1482.
- Beck, M. M., & Hansen, K. K. (2004). Role of estrogen in avian osteoporosis. *Poultry Science*. 8:200-206.
- Ciftci, H. B. (2012). Effect of estradiol-17 β on follicle-stimulating hormone secretion and egg-laying performance of Japanese quail. *Animal*. 6:1955-1960.

- DCP. (1997). **Chemiluminescent immunoassay system model immulite**. IEC publication.
- Dojana, N., Cotor, G., Codreanu, I., & Balaceanu, R. (2015). The effect of experimental 17-beta estradiol administering on calcium metabolism regulation in young laying hens. **Bulletin UASVM Veterinary Medicine**, 72:90-92. DOI:10.15835/buasvmcn-vm:10854.
- Duman, M., Sekeroglu, A., Yildirim, A., Eleroglu, H., & Camci, O. (2016). Relation between egg sharp index and egg quality characteristics. **European Poultry Science**, 80:117-120.
- Hanusova, E., Hrnecar, C., Hanus, A., & Oravacova, M. (2015). Effect of breed on some parameter of egg quality in laying hen. **Acta fytotechnica et Zoootechnica**, 18:20-24. DOI: 10.15414/afz.2015.18.01.20-24.
- Kenneth Walker, H., Dallas Hall, W., & Willis Hurst, J. (1990). **Clinical methods** (3rd ed.). Boston: Butterworths.
- McWatters, A. (2003). **The importance of calcium in our Grey,s diets**. Retrieved September 6, 2020, from <http://www.africangreys.com/articles/nutrition/calcium.htm>.
- Nascimento, D. R., Murakami, A. E., Guerra, A. F. Q. M., Ospinas-Rojas, I. C., Ferreira, M. F. Z, & Fanhani. J. C. (2014). Effect of different vitamin D sources and calcium levels in the diet of layers in the second laying cycle. **Brazilian Journal of Poultry Science**, 16:37-42.
- Pesti, G. M., Bakalli, R. I., Driver, I. P., Ateneio, A., & Foster, E. H. (2005). **Poultry nutrition and feeding**. Althens Inc., Georgia.
- Pizzolante, C. C., Kakimoto, S. K., Saldanha, E. S. P. B., Lagana, C., Souza, H. B. A., & Moraea, J. E. (2011). Limestone and oyster shell for brown layers in their second egg production cycle. **Revista brasileira de Ciecia Avicola**, 13:1-11.
- Roberts J.R. (2004). Factors affecting egg internal quality and egg shell quality in laying hen. **The Journal of Poultry Science**, 3:161-177.
- Roush, W. B. (1981). T156 calculator program for Haugh unit calculator. **Poultry Science**. 60:1086-1088.
- Saki, A. A., Iji, P. A., & Tivey, D. R. (2002). Intestinal function and reproductive capacity of Tegel pullets in response to exogenous oestrogen. **Archive of Animal Nutrition**, 56:237-244.
- Stevens, L. (1996). **Avian biochemistry and molecular biology**. England: Combridge University Prss.
- Vargas-Rodriguez, L. M., Morales-Barrera, J. E., Herrera-Haro, J. G., Antonio-Bautista, J., Lopez-Pozos, R., & Hernandez-Sanchez, D. (2016). Effect of citric acid, phytase and calcium levels on the calcium and phosphorus content in Egg: Yolk-albumen and shell, yolk color and egg quality in diets of laying hens. **Food and Nutrition Sciences**, 7: 1364-1374.
- Wistedt, A., Ridderstråle, Y., Wall, H., & Holm, L. (2014). Exogenous estradiol improves shell strength in laying hens at the end of the laying period. **Acta Veterinaria Scandinavica**, 56:34-45.

การออกแบบสภาพแวดล้อมแบบสมาร์ทเลิร์นนิงโดยใช้อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง

รุจกา สติราษฎร์^{1*} พัลลภา มิตรสงเคราะห์² อำนวย วิษณุลาส³

Received : July 3, 2020

Revised : December 16, 2020

Accepted : December 22, 2020

บทคัดย่อ

Internet of Things (IoT) ทำให้อุปกรณ์ทุกชนิดรวมถึงอุปกรณ์ที่ไม่ใช่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ สามารถเชื่อมต่อและสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลกันผ่านอินเทอร์เน็ต ทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านต่าง ๆ ได้อย่างหลากหลาย รวมถึงด้านการศึกษา งานวิจัยนี้ได้ออกแบบสภาพแวดล้อมแบบ Smart learning โดยใช้ Internet of Things ซึ่งได้ให้คำนิยามของ Smart learning ไว้ว่าเป็นสภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวยต่อการจัดการเรียนการสอน โดยที่อุปกรณ์บางอุปกรณ์สามารถทำงานได้ด้วยตนเองและสามารถสื่อสารกับอุปกรณ์อื่น ๆ ภายในสภาพแวดล้อมเดียวกันได้ จากการศึกษาค้นคว้าและทดลองพัฒนาอุปกรณ์ IoT ได้ผลการวิจัยออกเป็น การออกแบบสภาพแวดล้อมแบบ Smart learning ใน 3 ส่วนประกอบด้วย การจัดการห้องเรียนก่อนและหลังเรียน การตรวจสอบการเข้าเรียนของผู้เรียนและการเรียนการสอนในชั้นเรียน

คำสำคัญ: การศึกษา สมาร์ทเลิร์นนิง อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง การออกแบบสภาพแวดล้อม

¹ อาจารย์ประจำ คณะวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยภาคกลาง จังหวัดนครสวรรค์
อีเมล: rujaka@gmail.com

² อาจารย์ประจำ คณะวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยภาคกลาง จังหวัดนครสวรรค์
อีเมล: m.pallapa@tuct.ac.th

³ อาจารย์ประจำ คณะวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยภาคกลาง จังหวัดนครสวรรค์
อีเมล: w.amnuay@tuct.ac.th

* ผู้รับผิดชอบหลัก อีเมล: rujaka@gmail.com

DESIGNING SMART LEARNING ENVIRONMENT USING INTERNET OF THINGS (IoT)

Rujaka Stirankura^{1*} Pallapa Mitrsonkraw² Amnuay Wichayalat³**Abstract**

The Internet of Things (IoT) is an interconnection tool that enables all physical devices, both electronic and non-electronic, to connect and communicate with one another over the Internet; allowing them to be used in a variety of applications, including education. In this research, a Smart Learning environment using the Internet of Things was designed. With regard to this, Smart Learning is the environment in which efficient teaching and learning management is facilitated and all devices are supported to operate independently and communicate with other devices under the same environment without human intervention. After researching and testing the IoT devices, the results showed that a Smart Learning environment could be designed by considering these 3 aspects: classroom management, student attendance and teaching, and learning management.

Keywords: Education, Smart learning, Internet of things, Environmental-based design

¹ Lecturer of Department of Computer Science, Faculty of Science, The University of Central Thailand, Nakhonsawan e-mail: rujaka@gmail.com

² Lecturer of Department of Computer Science, Faculty of Science, The University of Central Thailand, Nakhonsawan e-mail: m.pallapa@tuct.ac.th

³ Lecturer of Department of Computer Science, Faculty of Science, The University of Central Thailand, Nakhonsawan e-mail: w.amnuay@tuct.ac.th

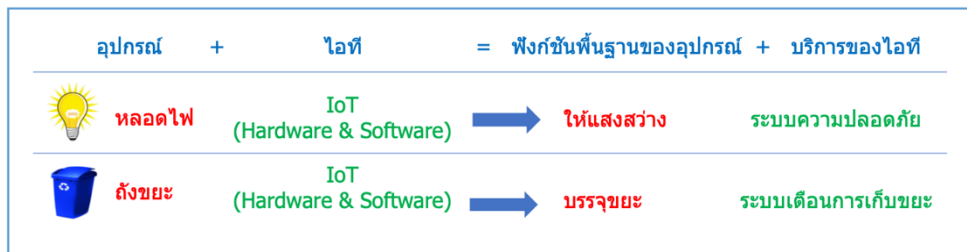
* Corresponding author, e-mail: rujaka@gmail.com

บทนำ

Internet of Things เป็นการผสมคำสองคำเข้าด้วยกันคือคำว่า Internet และ Things ซึ่งหมายถึงสิ่งต่าง ๆ เพื่อต้องการสื่อความหมายถึง การที่อุปกรณ์ทุกชนิดไม่ว่าจะเป็นอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ อุปกรณ์ไฟฟ้า หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ สามารถเชื่อมต่อและแลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้ผ่านอินเทอร์เน็ต

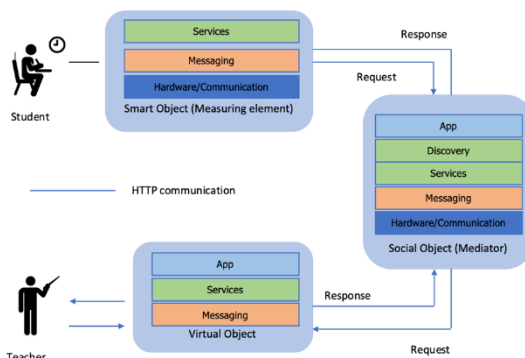
IoT ได้มีการให้คำนิยามไว้ว่า เป็นระบบเครือข่ายแบบเปิดและครอบคลุมของอุปกรณ์อัจฉริยะที่มีความสามารถในการจัดระเบียบโดยอัตโนมัติ สามารถแชร์ข้อมูลและทรัพยากรและมีปฏิกิริยาและการกระทำตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม (Madakam et al., 2015)

นวัตกรรมของ IoT เป็นการผสมผสานระหว่างอุปกรณ์กายภาพและอุปกรณ์ดิจิทัล เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ที่สามารถนำไปใช้งานในด้านต่าง ๆ ธรรมชาติอธิบายการทำงานของ IoT ประกอบด้วย การรวมอุปกรณ์กายภาพเข้ากับไอทีในรูปแบบของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ทำให้สามารถขยายการทำงานพื้นฐานทางกายภาพของอุปกรณ์ได้โดยใช้บริการของไอที ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้ในวงกว้าง (Wortmann & Fluchter, 2015) ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ธรรมชาติการทำงานของ IoT

สถาปัตยกรรมของ IoT ประกอบด้วยการรวมกันของซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ที่หลากหลาย ซึ่งทำงานบนเลเยอร์หรือชั้นหลาย ๆ ชั้น สถาปัตยกรรมของ IoT สำหรับการนำไปใช้ในทางการศึกษาประกอบด้วย 4 ชั้น ได้แก่ Hardware/Communication layer ซึ่งเป็นชั้นของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และการสื่อสารที่มีการปรับแต่งให้สามารถใช้งานอินเทอร์เน็ตได้ Messaging layer เป็นชั้นในการสร้างการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์โดยใช้โปรโตคอลร้องขอ-ตอบสนอง และใช้ข้อมูลจากชั้น Hardware เพื่อแปลงเป็นข้อความ Services layer เป็นชั้นที่ใช้ข้อมูลที่อุปกรณ์ได้รับเพื่อทำงานตามที่ชุดคำสั่งกำหนด และ Application layer เป็นชั้นที่ติดต่อกับผู้ใช้ ประกอบด้วยแอปพลิเคชันที่ทำงานตามเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นโดยจะมีส่วนติดต่อผู้ใช้ที่ทำให้ผู้ใช้เข้าถึงได้ (Marquez et al., 2016) ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 โมเดลสถาปัตยกรรม IoT สำหรับการเรียนการสอน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า ได้มีการพัฒนาระบบ IoT สำหรับการนำไปใช้งานในด้านต่าง ๆ เช่น การพัฒนาระบบติดตามการเข้าเรียนของนักเรียนโดยใช้เทคโนโลยี RFID และ QR Code ร่วมกับ IoT (มูห์หมัด มั่นศรีธา และคณะ, 2562) การออกแบบรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ IoT ร่วมกับการเรียนรู้จากคลาวด์คอมพิวเตอร์เพื่อเสริมการเรียนรู้ที่มีความหมายใน 3 ส่วนคือ Smart teaching Smart classroom และ Smart learning (กฤตย์ยุพัช สารนอก และณมน จีรังสุวรรณ, 2562) การออกแบบระบบการสั่งเปิดปิดประตูผ่านระบบเครือข่ายโดยใช้บอร์ด Arduino เชื่อมต่อกับอุปกรณ์และแอปพลิเคชัน Android ในการสั่งงานเพื่อเฝ้าดูและติดตามข้อมูลการเข้าออก (ณโม ปิ่นทอง, 2557) และระบบต้นแบบการควบคุมระบบส่องสว่างในครัวเรือนในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านผ่านสมาร์ทโฟน (เจษฎา ขจรฤทธิ์ และคณะ, 2560) เป็นต้น

IoT สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ ได้หลากหลายด้านรวมทั้งด้านการศึกษา เนื่องจากมีเทคโนโลยีที่สนับสนุนและเครื่องมือในการอำนวยความสะดวกจำนวนมากทั้งในด้านการจัดการเรียนการสอน การศึกษาค้นคว้า การเรียนด้วยตนเอง รวมไปถึงการบริหารสถานศึกษา ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ในแบบ Smart learning ที่เป็นการนำเทคโนโลยีมาทำให้เกิดประโยชน์กับการศึกษา งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการออกแบบสภาพแวดล้อมแบบ Smart learning โดยใช้เทคโนโลยี IoT ซึ่งสถานศึกษาสามารถนำไปใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนา

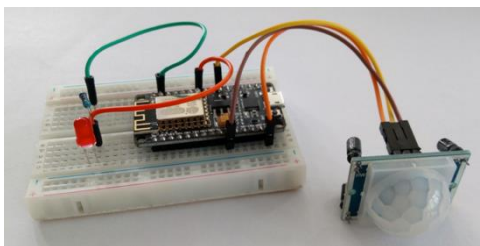
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวคิดและหลักการทำงานของ Internet of Things (IoT)
2. เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้งาน Internet of Things (IoT) กับการศึกษา
3. เพื่อออกแบบสภาพแวดล้อมแบบ Smart learning โดยใช้ Internet of Things (IoT) ที่สามารถนำไปใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนา

วิธีดำเนินการวิจัย

1. กำหนดหัวข้อในการทำวิจัยได้แก่ IoT และการประยุกต์ใช้ IoT กับการศึกษา
2. ศึกษาค้นคว้ารวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนของสถานศึกษา และหลักการ แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับ IoT รวมถึงวิธีการพัฒนาอุปกรณ์ IoT จากหนังสือ เอกสาร อินเทอร์เน็ตและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

3.1 อุปกรณ์ IoT โดยใช้บอร์ด NodeMCU ESP8266 ร่วมกับอุปกรณ์เซ็นเซอร์ และชุดคำสั่งในการสั่งให้อุปกรณ์ทำงาน เพื่อให้ทราบถึงวิธีการพัฒนาอุปกรณ์ IoT ทำให้สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบ ดังภาพที่ 3



(ก)

```
const int ledPin = 5;
const int builtinLed = D4;
const int pirPin = 13;
int pirState;

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  pinMode(builtinLed, OUTPUT);
  pinMode(pirPin, INPUT);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  pirState = digitalRead(pirPin);
  Serial.print("PIR state: "); Serial.println(pirState);
  if(pirState==HIGH) {
    digitalWrite(ledPin, HIGH);
    digitalWrite(builtinLed, LOW);
    Serial.println("Motion detected!");
  }
}
```

(ข)

ภาพที่ 3 (ก) การใช้งานเซนเซอร์จับการเคลื่อนไหวของมนุษย์โดยเชื่อมต่อเซนเซอร์เข้ากับบอร์ด NodeMCU ESP8266 (ข) ชุดคำสั่งในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์

อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการพัฒนาอุปกรณ์ IoT ประกอบด้วย

1) บอร์ด IoT เป็นบอร์ดขนาดเล็กประกอบด้วยขา I/O ซึ่งเป็นขาสำหรับการใช้งานเป็น อินพุตและเอาต์พุตจำนวนมาก ทำให้สามารถนำมาใช้ในการพัฒนาอุปกรณ์ IoT บอร์ด IoT มีหลากหลายประเภท แต่ละบอร์ดจะมีข้อจำกัดและคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ตัวอย่างบอร์ดที่มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย เช่น Arduino, NodeMCU ESP8266 และ Raspberry Pi เป็นต้น

Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Micro-controller) ที่เป็นบอร์ดควบคุมขนาดเล็ก ไม่มีระบบปฏิบัติการ แต่สามารถเขียนคำสั่งในการจัดการบอร์ด โดย Arduino จะเป็นแพลตฟอร์มแบบเปิด (Open source platform) ที่มีการเปิดเผยข้อมูลทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ในการพัฒนาอุปกรณ์ IoT ใช้วิธีนำอุปกรณ์ต่าง ๆ มาเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด หรือต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino shield) เพื่อต่อ อุปกรณ์อื่น ๆ เพิ่มเติม จากนั้นเขียนโปรแกรมเพื่ออัปโหลดเข้าบอร์ดและสั่งให้อุปกรณ์ทำงาน เนื่องจากเป็น แพลตฟอร์มแบบเปิดทำให้มีผู้พัฒนาไลบรารีจำนวนมาก ซึ่งสามารถนำมาสร้างอุปกรณ์ IoT ที่หลากหลาย

NodeMCU ESP8266 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิดหนึ่งซึ่งมีโครงสร้างคล้ายกับ Arduino ภายในบอร์ดประกอบด้วย ESP8266 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถเชื่อมต่อ Wi-Fi ได้ มีพอร์ต Micro USB สำหรับจ่ายไฟและอัปโหลดโปรแกรม ชิปแปลงแรงดันไฟฟ้าและขาสำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอก ตัวบอร์ดมี Wi-Fi ในตัวทำให้สามารถเชื่อมต่อเครือข่ายและใช้งานเป็น Access Point และ Web server ได้

Raspberry Pi เป็นบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก (Single-board Computer, SBC) บอร์ดบางรุ่นจะมี Wi-Fi พอร์ต USB พอร์ต Ethernet สามารถเชื่อมต่อกับจอภาพแบบ HDMI และเชื่อมต่อกับคีย์บอร์ดและเมาส์ ทำให้ทำงานได้เหมือนกับคอมพิวเตอร์ทั่วไป ตัวบอร์ดรองรับระบบปฏิบัติการ Linux ซึ่งติดตั้งบน SD Card มีจุดเชื่อมต่อขา I/O กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ ทำให้มีความสามารถในการสื่อสารและควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้เมื่อใช้ร่วมกับโปรแกรมที่เขียนด้วยภาษา Python จะสามารถนำมาพัฒนาอุปกรณ์ IoT ได้ ดังภาพที่ 4



(ก)



(ข)

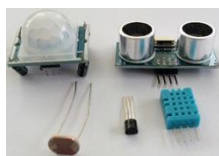


(ค)

ภาพที่ 4 (ก) บอร์ด Arduino UNO (ข) NodeMCU ESP8266 (ค) Raspberry Pi

2) เซ็นเซอร์ (Sensor) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตรวจจับสภาพแวดล้อมและให้ผลลัพธ์เป็นสัญญาณซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มหลักคือ แบบ Analog ที่ให้สัญญาณออกมาเป็นแรงดันแปรผันตามสภาพแวดล้อมที่ตรวจจับหรือวัดค่า และแบบ Digital ที่ให้ผลลัพธ์ในหลายลักษณะ เช่น เปิดปิดวงจร ให้ค่า 0 หรือ 1 หรือให้ค่าดิจิทัลที่สามารถนำไปประมวลผลได้โดยไม่ต้องแปลง (กอบเกียรติ สระอุบล, 2561) ตัวอย่างของเซ็นเซอร์ที่นำมาใช้งาน IoT เช่น เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ วัดความเข้มแสง วัดความชื้น วัดระยะแบบ Ultrasonic หรือเซ็นเซอร์จัดการเคลื่อนไหวของมนุษย์ ดังภาพที่ 5

3) อุปกรณ์หรือโมดูลอื่น ๆ ที่สามารถนำมาใช้ในการพัฒนาอุปกรณ์ IoT เช่น โมดูล RFID Reader/Detector ที่ใช้ในการอ่านและเขียนข้อมูลลงในแท็ก RFID โมดูล Infrared Remote ในการใช้งานรีโมตควบคุมอุปกรณ์ ดังภาพที่ 5



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 5 (ก) เซ็นเซอร์ประเภทต่าง ๆ (ข) โมดูล RFID (ค) โมดูล Infrared Remote

Relay module เป็นอุปกรณ์ในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัส (Contact) ให้หน้าสัมผัสติดกันหรือแยกออกจากกันคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ในการทำงานจะรับคำสั่งซึ่งเป็นสัญญาณดิจิทัลจากบอร์ด IoT ผ่านขาอินพุต เมื่อสัญญาณดิจิทัลไหลเข้าขาใด Relay ที่ต่อเข้ากับขานั้นจะทำงาน (นพ มหิษานนท์, 2563)

Servo Motor เป็นมอเตอร์ชนิดหนึ่งที่สามารถสั่งให้แกนเซอร์โวหมุนไปยังตำแหน่งองศาที่ต้องการได้ เหมาะสำหรับการใช้งานควบคุมกลไกที่ต้องการบังคับมุมหมุนให้ได้ตามต้องการ

3.2 เทคโนโลยีที่สนับสนุนการพัฒนา IoT ได้แก่

1) JSON (JavaScript Object Notation) เป็นรูปแบบการแลกเปลี่ยนและรับส่งข้อมูล โครงสร้างมีลักษณะเป็น key : value หรือเป็นแบบอาร์เรย์ ซึ่งเป็นรูปแบบที่นิยมนำมาใช้ในเว็บแอปพลิเคชัน ในการนำมาใช้งานกับ IoT จะใช้ในการแปลงค่าที่อ่านจากเซ็นเซอร์ให้อยู่ในรูป JSON เพื่อใช้ในการแสดงผลบน หน้าเว็บหรือจัดเก็บในคลาวด์ โดย JSON สามารถเชื่อมโยงข้อมูลกับฐานข้อมูล MySQL ได้

2) IFTTT (IF This Then That) คือเว็บเซิร์ฟเวอร์ให้บริการในการกระจายข้อมูลการ ให้บริการต่าง ๆ โดยอัตโนมัติ เช่น Email, Line และ Facebook โดยมีลักษณะการทำงานตามเงื่อนไข คือ ถ้ามี เหตุการณ์เกิดขึ้น (IF This) ให้กระทำการนี้ (Then That) ซึ่งเรียกว่าสูตรในการทำงานหรือ Recipe มี องค์ประกอบหลักคือ ตัวกระตุ้นให้เกิดการทำงาน (Trigger) หรือเหตุการณ์ และตัวกระทำ (Action) ที่จะทำงาน เมื่อเกิดเหตุการณ์ ในการทำงานจะเป็นการเรียกใช้บริการต่าง ๆ

3) MQTT (MQ Telemetry Transport) คือโพรโทคอลที่ออกแบบมาสำหรับการเชื่อมต่อ แบบอุปกรณ์กับอุปกรณ์ (Machine-to-Machine) หรือ M2M เหมาะสมสำหรับอุปกรณ์ที่มีการรับส่งข้อมูลต่ำ (low bandwidth) ซึ่งเป็นลักษณะของอุปกรณ์ IoT ส่วนใหญ่ ในการทำงานจะใช้รูปแบบ Publish/Subscribe คือ ผู้ส่งจะทำการส่ง (Publish) ข้อมูลออกไปโดยมีการระบุหัวข้อหรือ Topic ผู้รับจะต้องสมัคร (Subscribe) เพื่อรับข้อมูลโดยเลือก Topic ที่สนใจ โดยจะมีตัวกลางเรียกว่า Broker ที่จะรับข้อมูลจาก Publisher และส่ง ข้อมูลไปยัง Subscriber ตาม Topic ที่สมัครไว้

4) NETPIE (Network Platform for Internet of Everything) คือ IoT Cloud Platform ที่พัฒนาโดย NECTEC มีลักษณะเป็น Distributed MQTT Broker ซึ่งเป็นเสมือนจุดนัดพบให้สิ่งต่าง ๆ (Things) มาติดต่อสื่อสารและทำงานร่วมกันผ่านวิธีการส่งข้อความแบบ Publish/Subscribe มี Microgear ซึ่งเป็น ซอฟต์แวร์ไลบรารีที่ติดตั้งอยู่บนอุปกรณ์ที่ต้องการเชื่อมต่อสื่อสารผ่านคลาวด์ของ NETPIE ทำหน้าที่เป็นตัวกลาง ในการสร้างและดูแลช่องทางสื่อสารระหว่างอุปกรณ์กับ NETPIE รวมไปถึงรักษาความปลอดภัยในการส่งข้อมูล

5) Blynk คือแพลตฟอร์มแบบ Open source สำหรับการเชื่อมต่อและควบคุมอุปกรณ์ IoT ด้วย Mobile apps โดย Blynk server จะเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ IoT และสมาร์ทโฟนทำให้สามารถใช้ สมาร์ทโฟนในการควบคุมอุปกรณ์ IoT หรืออ่านค่าจากเซ็นเซอร์ได้ ในการทำงาน Blynk server จะใช้รหัส Token ในการแยกแยะอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อ โดยรหัสนี้ได้มาจากการลงทะเบียนอุปกรณ์ในแอปพลิเคชัน Blynk เมื่อลงทะเบียนเรียบร้อยแล้ว จะสามารถสร้างแอปพลิเคชันได้ด้วยการเลือก Widget มาจัดวางและกำหนดค่าเพื่อใช้ ในการควบคุมอุปกรณ์หรือแสดงข้อมูล

4. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาและการทดลองพัฒนาอุปกรณ์

5. นำข้อมูลที่ได้มาออกแบบสภาพแวดล้อมแบบ Smart learning โดยใช้ IoT

6. สรุปผลการวิจัยและนำเสนอต้นแบบสภาพแวดล้อมแบบ Smart learning

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. แนวคิดของ IoT คือ การที่อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เชื่อมต่อกันสามารถสื่อสารกันได้โดยใช้อินเทอร์เน็ตโดยไม่ต้องอาศัยข้อมูลจากผู้ใช้ ทำให้สามารถใช้งานอุปกรณ์ได้สะดวกรวดเร็วและควบคุมอุปกรณ์ได้ง่ายดายขึ้นด้วยอุปกรณ์หลักในการพัฒนาอย่างบอร์ด IoT ที่เป็นบอร์ดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดเล็กสำหรับอินพุตและเอาต์พุตจำนวนมาก อุปกรณ์เสริมที่มีหลากหลายประเภท และเทคโนโลยีที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อสนับสนุน IoT ทำให้สามารถนำไปพัฒนางาน IoT เพื่อประยุกต์ใช้งานในด้านต่าง ๆ ได้อย่างไม่จำกัด

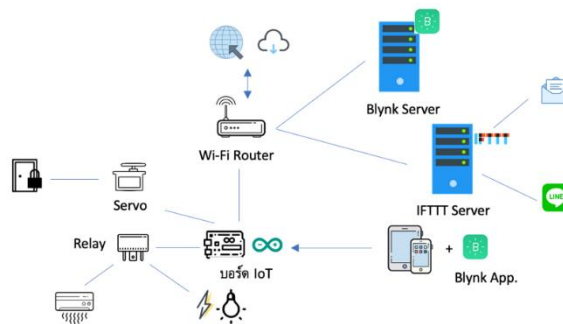
2. IoT สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาได้หลากหลายด้าน เช่น การจัดการสถานที่ในการเรียนการสอน การตรวจสอบการเข้าเรียน การจัดการอุปกรณ์ภายในชั้นเรียน การตรวจสอบติดตามตำแหน่งของผู้เรียนโดยใช้อุปกรณ์ติดตามแบบพกพา การตรวจสอบการเข้าออกสถานศึกษาโดยใช้กล้องวงจรปิดร่วมกับอุปกรณ์ IoT เป็นต้น

3. สภาพแวดล้อมแบบ Smart learning ไม่ได้มีการกำหนดค่านิยามไว้ตายตัว แต่จะเป็นการอธิบายลักษณะโดยใช้คำว่า smart หรืออัจฉริยะ ในความหมายถึง การที่สิ่งต่าง ๆ สามารถสื่อสารกันเองได้หรือสื่อสารกับมนุษย์ผ่านอินเทอร์เน็ต เหมือนกับสภาพแวดล้อมอื่น ๆ เช่น Smart home (บ้านอัจฉริยะ) Smart farming (เกษตรอัจฉริยะ) เป็นต้น งานวิจัยนี้ได้ให้นิยามของสภาพแวดล้อมแบบ Smart learning ไว้ว่าเป็นสภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวยต่อการจัดการเรียนการสอนอย่างชาญฉลาด โดยที่อุปกรณ์บางอุปกรณ์สามารถทำงานได้ด้วยตนเองและสามารถสื่อสารกับอุปกรณ์อื่น ๆ ภายในสภาพแวดล้อมเดียวกันได้ โดยอาศัยการสนับสนุนจากเทคโนโลยี Internet of things

จากการศึกษา ผู้วิจัยได้วิเคราะห์และออกแบบสภาพแวดล้อมแบบ Smart learning สำหรับการจัดการเรียนการสอนใน 3 ส่วน ดังนี้

3.1 การจัดการห้องเรียนก่อนและหลังเรียน

ระบบการจัดการห้องเรียนประกอบไปด้วย ระบบในการเปิดปิดกลอนประตู ไฟและเครื่องปรับอากาศของห้องเรียน โดยใช้บอร์ด IoT ที่เชื่อมต่อกับ Servo ซึ่งติดตั้งอยู่กับกลอนประตู และ Relay ซึ่งต่ออยู่กับสายไฟและเบรกเกอร์ของเครื่องปรับอากาศ และใช้แอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนในการสั่งการทำงาน รวมทั้งมีระบบในการเตือนเมื่อไม่ได้ล็อกประตู หรือเปิดไฟและเครื่องปรับอากาศทิ้งไว้เมื่อไม่ใช้งาน ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ระบบการจัดการห้องเรียน

จากภาพที่ 6 ขั้นตอนการทำงานประกอบด้วย

1) ในการล๊อคหรือปลดล๊อคกลอนประตู กดที่ปุ่มบนแอปพลิเคชันซึ่งเป็นปุ่มที่ควบคุมขา I/O ของบอร์ดที่เชื่อมต่ออยู่กับ Servo บอร์ดจะส่งคำสั่งไปยัง Servo ผ่านขา I/O ที่เชื่อมต่ออยู่ และสั่งให้แกนเซอร์ไวมุนไปยังตำแหน่งในการล๊อคหรือปลดล๊อคกลอนประตู

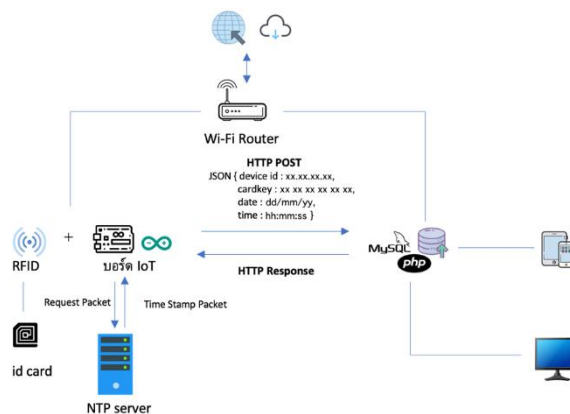
2) ในการเปิดหรือปิดไฟและเครื่องปรับอากาศ เมื่อกดปุ่มบนแอปพลิเคชันซึ่งเป็นปุ่มที่ควบคุมขา I/O บนบอร์ดที่เชื่อมต่ออยู่กับ Relay บอร์ดจะส่งคำสั่งไปยัง Relay ผ่านขา I/O ไปยังขาอินพุตของ Relay ที่เชื่อมต่ออยู่กับเบรกเกอร์และสายไฟ เพื่อเปิดหรือปิดไฟและเครื่องปรับอากาศ

3) การใช้แอปพลิเคชัน Blynk ในการควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ จะต้องเชื่อมต่อกับ Blynk server ซึ่งทำหน้าที่ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ IoT กับสมาร์ทโฟนให้สามารถติดต่อสื่อสารกันผ่านอินเทอร์เน็ต

4) ระบบจะมีการแจ้งเตือนเมื่อไม่ได้ล๊อคประตูหรือเปิดไฟหรือเครื่องปรับอากาศทิ้งไว้ โดยกำหนดค่าไว้ที่ IFTTT Server ให้มีการส่งข้อความเตือนทาง Email หรือ Line เมื่อถึงเงื่อนไขที่กำหนด เช่น ช่วงที่ไม่ใช้เวลาทำการ เป็นต้น

3.2 การตรวจสอบการเข้าเรียนของผู้เรียน

ระบบในการตรวจสอบการเข้าเรียน ประกอบด้วย เครื่องอ่าน RFID สำหรับการอ่านค่าจากบัตรนักศึกษาซึ่งเป็น RFID tag เชื่อมต่ออยู่กับบอร์ด IoT ซึ่งทำหน้าที่ในการดึงข้อมูลจากเครื่องอ่าน RFID และส่งข้อมูลไปจัดเก็บและแสดงผลบนเซิร์ฟเวอร์ ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ระบบการตรวจสอบการเข้าเรียนด้วย RFID และ IoT

จากภาพที่ 7 ขั้นตอนการทำงานประกอบด้วย

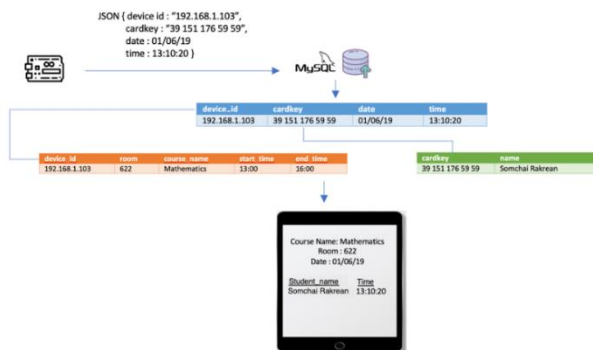
1) เมื่อเข้าเรียนนักศึกษาต้องทาบบัตรนักศึกษาที่เครื่องอ่าน RFID ที่เชื่อมต่ออยู่กับบอร์ด IoT ที่ติดตั้งอยู่ที่ห้องเรียน

2) เครื่องอ่าน RFID จะอ่านค่ารหัสการ์ดซึ่งเป็นตัวเลข 5 ชุด และบอร์ด IoT จะอ่านค่าวันเวลาจากเซิร์ฟเวอร์ให้บริการนาฬิกา NTP (Network Time Protocol) ซึ่งเป็น IP (Internet Protocol) มาตรฐานในการซิงค์อุปกรณ์ที่เชื่อมต่อเครือข่ายกับ Coordinated Universal Time (UTC) ที่ละเอียดถึงหน่วยมิลลิวินาที ซึ่งเซิร์ฟเวอร์จะส่งค่าวันเวลากลับมา

3) บอร์ด IoT จะส่งข้อมูลซึ่งประกอบด้วย เลข IP ของอุปกรณ์ รหัสศีก์การ์ด และวันเวลาในรูปแบบ JSON โดยใช้ HTTP Request ในรูปแบบ POST ไปจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลของ MySQL Server

4) อาจารย์ผู้สอนสามารถเรียกดูรายชื่อนักศึกษาที่เข้าเรียนทางเว็บเพจหรือผ่านแอปพลิเคชันโดยใช้สมาร์ทโฟนหรือคอมพิวเตอร์

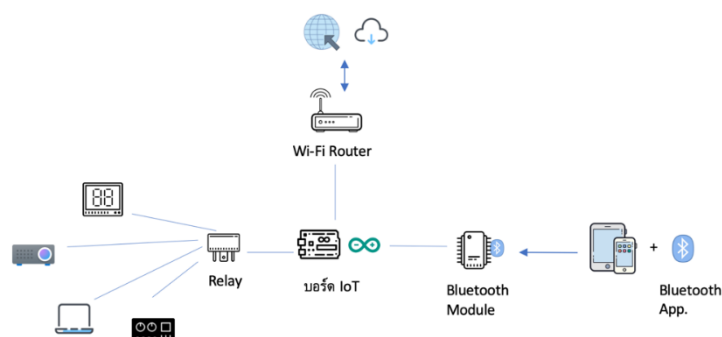
ภาพที่ 8 แสดงตัวอย่างข้อมูลที่มีการส่งจากบอร์ด IoT และเครื่องอ่าน RFID ไปจัดเก็บลงในฐานข้อมูล และแสดงผลบนหน้าเว็บ



ภาพที่ 8 ตัวอย่างข้อมูลสำหรับระบบการตรวจสอบการเข้าเรียนด้วย RFID และ IoT

3.3 การเรียนการสอนในชั้นเรียน

ระบบการจัดการการเรียนการสอนประกอบด้วย Bluetooth module ที่เชื่อมต่ออยู่กับบอร์ด IoT เพื่อรับสัญญาณ Bluetooth จากสมาร์ทโฟนในการสั่งการเปิดปิดอุปกรณ์ที่ใช้ภายในห้องเรียน ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ระบบควบคุมอุปกรณ์ในการจัดการเรียนการสอน

จากภาพที่ 9 ขั้นตอนการทำงานประกอบด้วย

1) เมื่อกดปุ่มบนแอปพลิเคชันในสมาร์ทโฟนซึ่งเป็นแอปพลิเคชัน Bluetooth control (ดาวน์โหลดได้จาก Play store ของ Android และ App store ของ Apple) ที่สามารถกำหนดค่าให้กับขา I/O ต่าง ๆ ของบอร์ดได้จะเป็นการส่งสัญญาณไปที่ Bluetooth module ที่เชื่อมอยู่กับบอร์ด IoT

2) เมื่อบอร์ดรับค่าจาก Bluetooth module จะประมวลผลและส่งคำสั่งไปยัง Relay ผ่านขา I/O ไปยังขาอินพุตของ Relay ที่เชื่อมต่ออยู่กับอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในห้องเรียน เช่น LCD projector, Digital board, Notebook หรือเครื่องเสียงเพื่อเปิดปิดอุปกรณ์

ในปัจจุบัน มีบริษัทที่พัฒนาระบบ IoT ออกวางจำหน่ายหลากหลายชนิด เช่น อุปกรณ์ควบคุมระบบไฟฟ้าในระบบ IoT สวิตช์ไฟอัจฉริยะ หรือระบบแบบครบวงจรอย่าง Smart home เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการซื้อระบบสำเร็จรูปมาใช้งานกับการพัฒนาระบบ ระบบสำเร็จรูปจะมีค่าใช้จ่ายสูงกว่า แต่จะมีข้อดีในแง่ของความปลอดภัยของอุปกรณ์และผู้ใช้ เนื่องจากการพัฒนาโดยมืออาชีพ ในขณะที่การพัฒนาระบบจะมีข้อดีในแง่ที่สามารถพัฒนาระบบได้ตรงกับความต้องการและค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่า

ระบบ IoT เป็นระบบเครือข่ายที่รองรับการเชื่อมต่อของอุปกรณ์หลากหลายชนิดและต้องใช้ไฟฟ้า ดังนั้น จะต้องมีการตรวจสอบการเชื่อมต่ออย่างต่อเนื่อง เพื่อให้แน่ใจว่า ระบบมีเสถียรภาพและควรมีการติดตั้งระบบไฟสำรอง เพื่อให้ระบบทำงานได้สม่ำเสมอ เนื่องจากในกรณีที่ไฟดับอาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของอุปกรณ์บางชนิด รวมถึงการบูตระบบใหม่ (Reboot) อาจส่งผลกระทบต่อการใช้งาน

ระบบ IoT ทำให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ติดต่อกับสื่อสารและทำงานร่วมกันโดยอัตโนมัติ ช่วยให้สามารถเข้าถึงข้อมูลในเชิงลึกและข้อมูลที่มีรายละเอียดมาก สามารถนำไปใช้งานได้หลากหลาย นอกจากนี้ ผู้ใช้ยังสามารถควบคุมอุปกรณ์และระบบต่าง ๆ ได้อย่างสะดวกสบายและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

สรุป

จากผลการวิจัยการออกแบบสภาพแวดล้อมแบบ Smart learning โดยใช้ IoT พบว่า 1) การพัฒนาอุปกรณ์ IoT สามารถพัฒนาได้ด้วยวิธีการที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนและใช้ต้นทุนไม่สูง และเนื่องจากแพลตฟอร์มที่ใช้ในการพัฒนาเป็นแบบ Open source ทำให้มีผู้พัฒนาเครื่องมือต่าง ๆ เพิ่มเติมจำนวนมาก จึงเป็นการอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ที่สนใจสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดได้อย่างหลากหลาย 2) ในการประยุกต์ใช้งาน IoT กับการศึกษา ได้ดำเนินการออกแบบสภาพแวดล้อมแบบ Smart learning 3 ระบบ ประกอบด้วย การจัดการห้องเรียนก่อนและหลังเรียน การตรวจสอบการเข้าเรียนของผู้เรียน และการเรียนการสอนในชั้นเรียน 3) ระบบ Smart learning ช่วยให้การจัดการเรียนการสอนมีความสะดวกสบายและมีประสิทธิภาพ สามารถตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์ก่อนใช้งาน ดูแลและจัดการอุปกรณ์ในชั้นเรียน และตรวจสอบการเข้าเรียนได้อย่างถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยการจัดการและติดตามพฤติกรรมนักเรียนผ่านแอปพลิเคชันโดยใช้เทคโนโลยี RFID และ QR code ร่วมกับ IoT กรณีศึกษา โรงเรียนบ้านลูโบ๊ะชามา ที่ใช้บัตรนักเรียนในรูปแบบ RFID ร่วมกับ QR Code และ IoT เพื่อให้ครูประจำชั้นสามารถติดตามนักเรียนผ่านทางแอปพลิเคชันมือถือได้ (มุหัมมัด มั่นศรีธา และคณะ, 2562) 4) การพัฒนาอุปกรณ์ IoT หนึ่งสามารถนำไปใช้งานในด้านต่าง ๆ ได้หลากหลาย ด้าน หากมีองค์ประกอบที่ใกล้เคียงกัน ตัวอย่างเช่น การออกแบบ Smart learning ในส่วนของการจัดการห้องเรียนก่อนและหลังเรียน สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาสภาพแวดล้อมสำหรับที่อยู่อาศัยในรูปแบบของ Smart Home ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Internet of Things ในการควบคุมระบบส่องสว่างสำหรับบ้านอัจฉริยะที่นำอุปกรณ์ IoT มาควบคุมการเปิดปิดไฟภายในบ้าน (เจษฎา ขจรฤทธิ์, ปิยนุช ชัยพรแก้ว และหนึ่งฤทัย เอ่งฉ้วน, 2560)

ข้อเสนอแนะ

Internet เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของ IoT ในการทำงานอุปกรณ์จะต้องมีการเชื่อมต่อกับเครือข่าย ดังนั้น การพัฒนาสภาพแวดล้อมด้วย IoT จำเป็นต้องคำนึงถึงระบบ Wi-Fi ที่มีเสถียรภาพและครอบคลุมในทุก ๆ จุดที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ รวมถึงการตรวจสอบว่ามีประสิทธิภาพและสามารถใช้งานได้จริงของสัญญาณอื่น ๆ เช่น Bluetooth infrared หรือ RFID เป็นต้น งานวิจัยนี้สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นระบบ Smart University ซึ่งเป็นระบบ IoT แบบครบวงจรโดยเพิ่มองค์ประกอบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานของสถาบันการศึกษา ได้แก่ ระบบการตรวจสอบการเข้าออกสถานศึกษา ระบบส่องสว่าง ระบบรักษาความปลอดภัย ฯลฯ

เอกสารอ้างอิง

- กฤตย์พัช สารนอก, และณมน จีรังสุวรรณ. (2562). การออกแบบรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยี อินเทอร์เน็ต ออฟ ธิง ร่วมกับการเรียนรู้จากคลาวด์คอมพิวเตอร์เพื่อเสริมการเรียนรู้ที่มีความหมาย สำหรับผู้เรียนระดับ อุดมศึกษา. *Journal of Southern Technology*, 12(1), 92-102.
- กอบเกียรติ สระอุบล. (2561). **พัฒนา IoT บนแพลตฟอร์ม Arduino และ Raspberry Pi**. กรุงเทพมหานคร : หสม สำนักพิมพ์อินเตอร์มีเดีย.
- เจษฎา ขจรฤทธิ์, ปิยนุช ชัยพรแก้ว, และหนึ่งฤทัย เอ็งฉ้วน. (2560). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Internet of Things ในการควบคุมระบบส่องสว่างสำหรับบ้านอัจฉริยะ. *Journal of Information and Technology*, 7(1), 1-11.
- ณโม ปิ่นทอง. (2557). **ระบบการสั่งเปิดปิดประตูผ่านระบบเครือข่าย**. สารนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะวิทยาการและเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.
- นพ มหิษานนท์. (2563). **Arduino Smart Home Projects**. นนทบุรี : สำนักพิมพ์คอร์ฟิงก์ชั่น.
- มุหัมมัด มั่นศรีธธา, รชต เรืองกาญจน์, และวาทีต เบญจพลกุล. (2562). การจัดการและติดตามพฤติกรรม การเรียนผ่านแอปพลิเคชันโดยใช้เทคโนโลยี RFID และ QR Code ร่วมกับ IoT กรณีศึกษา โรงเรียนบ้าน ลูโปะชามา. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์*, 12(1), 132-139.
- Madakam S, Ramaswamy, R., & Tripathi, S. (2015). Internet of Things. (IoT): A Literature Review. *Journal of Computer and Communications*, 3(5), 164-173.
- Marquez, J., Villanueva, J., Solarte, Z., & Garcia, A. (2016). IoT in Education: Integration of Objects with Virtual Academic Communities (VAC). *New Advances in Information Systems and Technologies*, 201-212.
- Wortmann, F., & Fluchter, K. (2015). Internet of Things: Technology and Value Added. *Business And Information Systems Engineering*, 57(3), 221-224.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมอาลาว์แป้งข้าวหอมนิลเสริมสารสกัดน้ำอัญชัน

วรารัตน์ สานนท์^{1*} ดวงกมล แสงธีรกิจ²

Received : August 27, 2020

Revised : December 18, 2020

Accepted : December 22, 2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณแป้งข้าวหอมนิลและสารสกัดน้ำอัญชันที่มีผลต่อลักษณะทางกายภาพ เคมีและทางประสาทสัมผัสต่อขนมอาลาว์ ผลการทดลองพบว่าการเสริมสารสกัดน้ำอัญชันจากร้อยละ 3 ถึง 7 มีค่าความเป็นสื่อน้ำเงิน (b^*) และสารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการเสริมสารสกัดน้ำอัญชันร้อยละ 7 มีค่าของสีน้ำเงินสูงที่สุด เท่ากับ -6.45 ± 0.62 และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุด เท่ากับ 65.35 ± 0.63 mg GAE/g ส่วนประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณแอนโธไซยานิน ค่าความแข็งและค่าการเกาะตัวกันของขนมอาลาว์มากขึ้นตามปริมาณการเติมน้ำอัญชันที่เพิ่มขึ้น จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าการเสริมแป้งข้าวหอมที่ร้อยละ 10 และปริมาณสารสกัดน้ำอัญชันร้อยละ 7 มีค่าคะแนนความชอบสูงสุด เมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปสำรวจการยอมรับของผู้บริโภค พบว่ามีค่าคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมที่คะแนน 7.92 7.24 7.44 7.58 และ 7.68 ตามลำดับ

คำสำคัญ : ขนมอาลาว์ แป้งข้าวหอมนิล อัญชัน แอนโธไซยานิน

¹ อาจารย์ สาขาวิชาการจัดการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
อีเมล: wararat@webmail.npru.ac.th

² อาจารย์ สาขาวิชาการจัดการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
อีเมล: Sangteerakij@gmail.com

*ผู้รับผิดชอบหลัก อีเมล: wararat@webmail.npru.ac.th

DEVELOPMENT OF PRODUCTS FROM KHANOM A-LUA HOMNIL RICE FLOUR SUPPLEMENTED WITH BUTTERFLY PEA WATER EXTRACT

Wararat Sanon^{1*} Duangkamon Sangteerakij²

Abstract

The objective of this research was to study the effect of the physical-chemical and sensory qualities of Homnil rice flour and butterfly pea water extract on the quality of Khanom A-Lua. The result showed that increasing the level of butterfly pea water extract from 3% to 7% significantly increased the b^* value in blue (-6.45 ± 0.62) and total phenolic content (65.35 ± 0.63 mg GAE/g). The apparent antioxidant activity, anthocyanin content, hardness and cohesiveness of Khanom A-Lua increased with an increase of a butterfly pea water extract level. The result from sensory quality evaluation showed that 10% of Homnil rice flour and 7% of butterfly pea water extract used gained the highest acceptance. Consumer survey scores of the finished product in terms of color, odor, taste, texture and overall satisfaction were 7.92 7.24 7.44 7.58 and 7.68, respectively.

Keywords: Khanom a-lua, Homnil rice flour, Butterfly pea, Anthocyanin

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

² Lecturer in Department of Food Management, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University, e-mail: Sangteerakij@gmail.com

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

บทนำ

ขนมอาลัวเป็นขนมไทยที่มีแป้งสาลี หัวกะทิ และน้ำตาลทรายเป็นส่วนประกอบหลัก ผิวด้านนอกเป็นน้ำตาลแข็ง ด้านในเป็นแป้งหนืด ด้วยจุดเด่นของรูปแบบเป็นทรงคล้ายหยดน้ำ มีกลิ่นหอมหวาน มักทำเป็นชิ้นเล็ก ๆ และมีสีสันหลากหลาย ลักษณะที่ดีของขนมอาลัวคือข้างนอกบางกรอบ แห้งเป็นเกล็ด ข้างในเลื่อมมันเป็นยางมะตูม มียอหรือปลายขนม (อาผญา สันตะกุล และคณะ, 2549) ผ่านการอบลมร้อนหรือการตากแห้งเพื่อให้ขนมมีลักษณะภายนอกกรอบและอยู่ตัว ขนมอาลัวเหมาะแก่การซื้อเป็นของฝากและนิยมผลิตจำหน่ายกันอย่างแพร่หลายเนื่องจากมีอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าขนมไทยหลาย ๆ ชนิด

ข้าวหอมนิล (*Oryza Sativa* Linn.) เป็นข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยในส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดที่เป็นสีม่วงดำประกอบด้วยสารแอนโธไซยานิน (Anthocyanin) ที่ประกอบด้วยสารสีม่วงเข้ม (Cyanidin) และสารสีชมพูอ่อน (Peonidin) และสารโปรแอนโธไซยานิดิน (Proanthocyanidin) ที่เป็นสารสีน้ำตาล สารเหล่านี้ผสมกันเป็นสารประกอบกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ทำหน้าที่จับกับอนุมูลอิสระ ทำให้กลไกการทำงานของร่างกายมีประสิทธิภาพมากขึ้นกว่าปกติ นอกจากนี้แอนโธไซยานินยังมีความสมบัติช่วยลดการอักเสบของเนื้อเยื่อ ลดไขมันอุดตันในเส้นเลือดที่หัวใจและสมอง บรรเทาโรคเบาหวาน ช่วยบำรุงสายตา เพิ่มประสิทธิภาพการมองเห็นในเวลากลางคืน (Chrispeels & David, 1994) ข้าวหอมนิลมีประโยชน์ทางโภชนาการโดยมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 12.5 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 70 ไขมันร้อยละ 12 -13 และประกอบไปด้วยธาตุเหล็ก สังกะสี ทองแดง แคลเซียม และโพแทสเซียม ซึ่งสูงกว่าข้าวขาวหอมมะลิ รวมทั้งมีสารหอมระเหยจำพวก cyclohexanone อยู่ในปริมาณมาก ด้วยคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระที่ดีทำให้มีความเหมาะสมสำหรับใช้ทำผลิตภัณฑ์อาหาร (สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ, 2554) มีการนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่าง ๆ เช่น คุกกี้แป้งข้าวหอมนิล และขนมเปียกกล้วย (ธีรณัฐ ฉายศิริโชติ, และณัจยา เมฆราวี, 2560; อริสรา รอดมัย และอรอุมา จิตรวโรภาส, 2550) เป็นต้น ในส่วนของดอกอัญชัน (*Clitoria ternatea* Linn.) ชื่อสามัญเรียกว่า Butterfly pea เป็นพืชสมุนไพรล้มลุก มีสรรพคุณทางยาที่หลากหลาย แบ่งตามสีของกลีบดอก ได้แก่ สีน้ำเงิน สีฟ้า สีม่วงอ่อน และสีขาว ซึ่งสีของกลีบดอกแตกต่างกันออกไปตามโครงสร้างรงควัตถุในการให้สีที่แตกต่างกัน (Kazuma et al., 2003) โดยพบว่า ในดอกอัญชันประเภทกลีบสีน้ำเงินจะมีสารแอนโธไซยานินชนิดเทอนาทิน (Ternatin) ที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในระดับปานกลางถึงในระดับสูง และยังมีรายงานเรื่องฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียของแอนโธไซยานิน พบว่า แบคทีเรียแกรมบวกมีความไวต่อแอนโธไซยานินมากกว่าแบคทีเรียแกรมลบอีกด้วย (Cisowska et al., 2011) นอกจากนี้ดอกอัญชันเป็นดอกไม้ที่รับประทานได้ มีสีที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะแต่ไม่มีกลิ่นและรสชาติ ทำให้สามารถผสมในขนมหวานหรืออาหารได้โดยไม่ทำให้รสชาติเปลี่ยนแปลงมากนัก มีการนำดอกอัญชันเสริมในผลิตภัณฑ์อาหารอีกหลายชนิด เช่น ขนมชั้น ขนมชาหริ่ม กะละแม้อัญชัน และดอกอัญชันแผ่น เป็นต้น (กรรณิการ์ พรหมเสาร์ และนันทา เบญจศิลาลักษณ์, 2542; ปิณฑสุทธิ์ สุวรรณเลิศ, 2555;

กุลบดี ดันติจันรรจ์, อนุวัตร แจ่มชัด และคณะ, 2557) ในปัจจุบันมีการผลิตขนมอาลัวหลากหลายรูปแบบโดยใช้สูตรรสชาติและสีสังเคราะห์ให้เกิดสีสันที่ความสวยงาม การเติมน้ำอัญชันจึงเป็นผลให้ผลิตภัณฑ์ขนมอาลัวมีสีน้ำเงินแตกต่างจากสีขนมอาลัวที่วางจำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไป ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการนำแป้งข้าวหอมนิลและสารสกัดน้ำอัญชันมาเสริมในขนมอาลัว เพื่อเป็นแนวทางหนึ่งในการช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบท้องถิ่นส่งเสริมและพัฒนาขนมไทยที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ และยังเป็นการเพิ่มทางเลือกแก่ผู้บริโภคอีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปริมาณแป้งข้าวหอมนิลที่เหมาะสมในขนมอาลัว
2. เพื่อศึกษาปริมาณสารสกัดน้ำอัญชันที่เหมาะสมในขนมอาลัว
3. เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพ เคมีและทางประสาทสัมผัสที่มีต่อขนมอาลัวแป้งข้าวหอมนิลเสริมสารสกัดน้ำอัญชัน

วิธีดำเนินการวิจัย

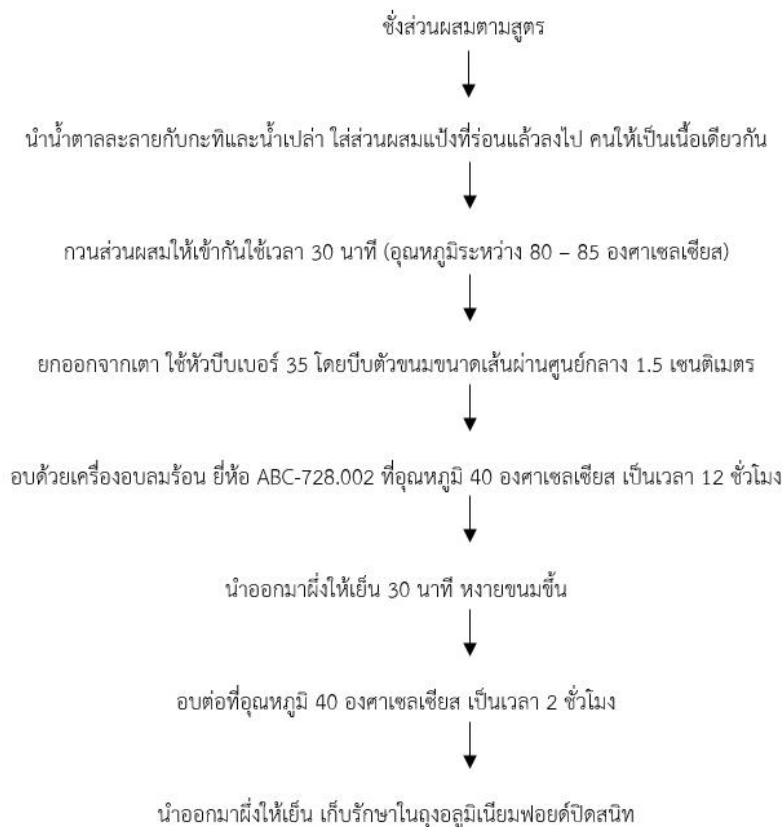
1. ศึกษาและคัดเลือกสูตรพื้นฐานของขนมอาลัว
ศึกษาและคัดเลือกขนมอาลัวสูตรพื้นฐาน 3 สูตร โดยอัตราส่วนผสมแสดงดังตารางที่ 1 และนำมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale Test โดยผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน กำหนดปัจจัยคุณภาพไว้ 5 ด้าน ได้แก่ ด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม แล้วคัดเลือกสูตรที่ได้คะแนนเฉลี่ยความชอบสูงสุด

ตารางที่ 1 ส่วนผสมของสูตรพื้นฐานขนมอาลัว 3 สูตร

ส่วนผสม	ปริมาณวัตถุดิบ (กรัม)		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
แป้งสาลีอเนกประสงค์	25	137	-
แป้งเค้ก	-	-	50
แป้งถั่วเขียว	47	29	-
น้ำตาลทรายขาว	166	218	123
กะทิ	250	285	225
น้ำเปล่า	233	-	-

หมายเหตุ สูตรที่ 1 : วิritti จันทรทรัพย์ (2558), สูตรที่ 2 : นิดดา หงส์วิวัฒน์ (2550), สูตรที่ 3 : ดัดแปลงจาก อาฒยา สันตะกุล และคณะ (2549)

กระบวนการผลิตขนมอาลัวสูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรรมวิธีการผลิตอาลัวสูตรพื้นฐาน

2. ศึกษาการเสริมปริมาณแป้งข้าวหอมนิลในขนมอาลัว

คัดเลือกสูตรพื้นฐานที่ได้รับคะแนนความชอบรวมสูงสุดจากข้อ 1 มาทำการศึกษาการเสริมปริมาณแป้งข้าวหอมนิลที่แตกต่างกัน 3 ระดับ (ร้อยละ 5, 10 และ 15 โดยน้ำหนัก/น้ำหนัก) โดยให้ปริมาณขององค์ประกอบอื่นเท่ากันในแต่ละสูตร จากนั้นนำขนมอาลัวที่ผลิตมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสตามวิธีการข้อที่ 1

3. ศึกษาปริมาณของสารสกัดน้ำอัญชันในขนมอาลัว

คัดเลือกสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบรวมสูงสุดจากข้อ 2 มาศึกษาปริมาณของสารสกัดน้ำอัญชันเสริมในผลิตภัณฑ์ขนมอาลัวที่แตกต่างกัน 3 ระดับ (ร้อยละ 3, 5 และ 7 โดยน้ำหนัก/น้ำหนัก) โดยใช้ขนมอาลัวที่ไม่ผ่านการเติมสารสกัดจากน้ำอัญชันเป็นตัวอย่างควบคุม

การเตรียมสารสกัดน้ำอัญชัน เตรียมโดยใช้ดอกอัญชันสดและน้ำในอัตราส่วน 1 : 2 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที กรองและพักไว้ให้เย็นจะได้น้ำอัญชันสำหรับการทดลอง โดยให้ปริมาณขององค์ประกอบอื่นเท่ากันในแต่ละสูตร จากนั้นนำขนมอาลัวที่ผลิตได้มาทดสอบคุณลักษณะ ดังนี้

3.1 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสตามวิธีการข้อที่ 1

3.2 คุณลักษณะทางกายภาพ

วัดค่าสี ด้วยเครื่อง Hunter lab ค่าสี L* (ค่าความสว่างมีค่า 0-100 โดย 0 หมายถึง วัตถุที่มีความสว่างสีดำ ค่า 100 หมายถึง วัตถุที่มีค่าความสว่างสีขาว) ค่าสี a* (+ หมายถึง วัตถุที่มีสีแดง, - หมายถึง วัตถุที่มีสีเขียว) ค่าสี b* (+ หมายถึง วัตถุที่มีสีเหลือง, - หมายถึง วัตถุที่มีสีน้ำเงิน) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และวิเคราะห์เนื้อสัมผัส โดยใช้เครื่อง Texture analyzer (รุ่น TA.XT. plus) ได้แก่ ค่าความแข็ง (hardness) และความสามารถเกาะตัวกัน (cohesiveness) ใช้หัววัดแบบทรงกระบอก (cylinder probe, P/50) กำหนดอัตราเร็วก่อนวัด (Pre-test speed) 10.0 mm/s. อัตราเร็วขณะวัด (Test speed) 1.0 mm/s. อัตราเร็วหลังวัด (Post-test speed) 10.0 mm/s.

3.3 คุณลักษณะทางเคมี

ตรวจวัดปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin ciocalteu (ดัดแปลงจากวิธีการของ Tsai., Tsai & Ho, 2005) ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl-hydrate (DPPH) และวิเคราะห์หาปริมาณแอนโธไซยานินรวมด้วยวิธีพีเอช-ดิฟเฟอเรนเชียล (pH-Differential method) (ดัดแปลงจากวิธีการของ Wrolstad, 1976)

4. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคและคุณลักษณะทางเคมีด้านคุณค่าทางโภชนาการของขนมอาลัวแป้งข้าวหอมนิลเสริมสารสกัดน้ำอ้อยชัน

นำผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับสูงสุด มาทำการสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 50 คน ด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scales และตรวจวัดปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน และปริมาณเถ้าตามวิธีการของ AOAC (2016) รวมทั้งคาร์โบไฮเดรต และปริมาณพลังงานทั้งหมดโดยการคำนวณจากปริมาณสารอาหารหลักทั้งโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต

5. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design: RCBD) ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ เคมีและคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ หาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและวิเคราะห์หาความแปรปรวนด้วยวิธี Analysis of variance (ANOVA) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาสูตรพื้นฐานของขนมอาลัว

จากการศึกษาสูตรพื้นฐานขนมอาลัวทั้ง 3 สูตร และได้ทำการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้วยวิธีการให้คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสแบบ 9-point hedonic scale ในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม แสดงดังตารางที่ 2 พบว่า สูตรพื้นฐานที่ 3 ได้รับคะแนนเฉลี่ยคุณลักษณะด้านสี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมและมีความแตกต่างกับสูตรพื้นฐานที่ 1 และ 2 อย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนความชอบด้านกลิ่นพบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยสูตรที่ 3 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดเท่ากับ 7.03 ± 1.22 เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเนื้อสัมผัสภายในนุ่ม ภายนอกเป็นผลึกแข็งต้งยอตตามลักษณะที่ดีของขนมอาลัว (อาผยา สันตะกุล และคณะ, 2549) จึงพิจารณาคัดเลือกขนมอาลัวสูตรที่ 3 เพื่อนำมาศึกษาปริมาณแป้งข้าวหอมนิลในขนมอาลัวในขั้นต่อไป

ตารางที่ 2 คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมอาลัวสูตรพื้นฐาน

สูตรที่	คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส				
	สี	กลิ่น ^{ns}	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
1	6.20 ± 1.10^b	6.80 ± 1.06	5.77 ± 1.33^b	5.70 ± 1.64^b	6.07 ± 1.20^b
2	6.73 ± 1.02^{ab}	6.40 ± 0.97	6.07 ± 1.11^b	5.87 ± 1.17^b	6.20 ± 0.96^b
3	6.90 ± 1.42^a	6.50 ± 1.08	6.83 ± 1.23^a	7.07 ± 1.20^a	7.03 ± 1.22^a

หมายเหตุ ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่กำกับต่างกันในแนวดิ่ง หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตัวอักษร ns ที่กำกับในแนวดิ่ง หมายถึง ข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

2. ผลการศึกษาการเสริมปริมาณแป้งข้าวหอมนิลในขนมอาลัว

นำขนมอาลัวสูตรที่ 3 ที่ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดมาทำการศึกษารวมแป้งข้าวหอมนิลที่เหมาะสมในขนมอาลัว มีการแปรค่าปริมาณออกเป็นร้อยละ 5, 10 และ 15 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด จากการศึกษา พบว่า สูตรที่เสริมแป้งข้าวหอมนิลร้อยละ 10 ได้รับคะแนนเฉลี่ยความชอบในด้านกลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม แตกต่างกับสูตรพื้นฐานที่ 1 และ 2 อย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แสดงดังตารางที่ 3 คะแนนความชอบด้านสีและรสชาติพบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) พบว่าสูตรที่เสริมแป้งข้าวหอมนิลร้อยละ 10 ได้คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านความชอบโดยรวมสูงสุดเท่ากับ 6.17 ± 1.09 รองลงมาคือสูตรที่เสริมแป้งข้าวหอมนิลร้อยละ 5 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.60 ± 1.04 และสูตรที่เสริมแป้งข้าวหอมนิลร้อยละ 15 มีค่าคะแนนเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 5.47 ± 1.17 โดยมีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยขนมอาลัวที่เสริมแป้งข้าวหอมนิลร้อยละ 10 มีลักษณะปรากฏของขนมอาลัว

เปลือกนอกมีสีของผลิตภัณฑ์ที่เป็นสีเทา ด้านในมีจุดแบ่งสีน้ำตาลเทากระจายรอบผลิตภัณฑ์ตามลักษณะของสีแบ่งข้าวหอมนิล ส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคได้ ซึ่งโดยทั่วไปคุณลักษณะด้านสีถือเป็นปัจจัยสำคัญในการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ รวมถึงแบ่งข้าวหอมนิลซึ่งมีผลต่อการเกิดเจลในผลิตภัณฑ์ขนมอาลัวที่โดยปกติจะใช้แป้งสาลี เมื่อเม็ดสตาร์ชได้รับความร้อนจะดูดซึมน้ำและเกิดการพองตัว เมื่ออุณหภูมิลดลงกลูเตนในแป้งสาลีจะเกี่ยวพันโมเลกุลกับเม็ดสตาร์ชเป็นโครงสร้างร่างแห โมเลกุลของน้ำจะแทรกอยู่ระหว่างสายพอลิเมอร์ เมื่อมีความเข้มข้นสูงพอจะเกิดเป็นผลึกน้ำตาลแทรกอยู่ในเจล โปรตีนในกะทิมีโครงสร้างแบบกลุ่มก้อน จะเกิดการคลายตัวออกเมื่อได้รับความร้อนแล้วทำให้แทรกตัวอยู่ในร่างแห ไขมันจากกะทิอาจถูกดูดซับที่บริเวณผลึกน้ำตาล สตาร์ชและกลูเตน ทำให้ได้เจลที่มีลักษณะเป็นเจลเหนียว (ณัฐรัตน์ ศรีสังวาล, 2555) เมื่อเสริมแบ่งข้าวหอมนิลเข้าไปเนื้อขนมจึงยึดเกาะตัวกันและมีความเหนียวไม่เหมือนกับการใช้แป้งสาลีทั้งหมด ขนมอาลัวเสริมแบ่งข้าวหอมนิลจึงมีลักษณะเนื้อภายในเป็นเจลที่ค่อนข้างเหนียวกว่าเมื่อมีการเสริมแบ่งข้าวเพิ่มขึ้น เป็นไปในทางเดียวกับงานวิจัยการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมอาลัวจากแบ่งข้าวไรซ์เบอร์รี่ (นพพร หงส์พันธุ์ และคณะ, 2562) โดยขนมอาลัวที่ทดแทนแบ่งข้าวไรซ์เบอร์รี่พรีเจลาทีไนซ์มีความแข็งเพิ่มขึ้นจึงสามารถทดแทนแบ่งสาลีได้บางส่วน ผลิตภัณฑ์ขนมอาลัวที่เสริมด้วยแบ่งข้าวหอมนิลในระดับร้อยละ 15 จึงมีคะแนนเฉลี่ยด้านเนื้อสัมผัสน้อยที่สุด

ตารางที่ 3 คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมอาลัวเสริมแบ่งข้าวหอมนิล

ปริมาณแบ่งข้าวหอมนิล (ร้อยละ)	คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส				
	สี ^{ns}	กลิ่น	รสชาติ ^{ns}	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
5	5.90±1.12	5.30±0.92 ^b	5.77±1.20	5.47±1.36 ^{ab}	5.60±1.04 ^b
10	5.90±1.03	6.17±1.01 ^a	5.83±1.13	5.83±1.18 ^a	6.17±1.09 ^a
15	5.80±0.93	5.50±1.11 ^b	5.50±1.25	5.23±1.14 ^b	5.47±1.17 ^b

หมายเหตุ ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่กำกับต่างกันในแนวนอง หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตัวอักษร ns ที่กำกับในแนวนอง หมายถึง ข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

รวมถึงการเพิ่มปริมาณแบ่งข้าวหอมนิลมีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีม่วงคล้ำมากขึ้น เป็นเพราะแบ่งข้าวหอมนิลมีสารกลุ่มฟลาโวนอยด์คือแอนโทไซยานินที่มีสีม่วง สอดคล้องกับงานวิจัยของธีรบุษณายศิริโชติ และณัฏยา เมฆราวี (2561) ที่ศึกษาการใช้แบ่งข้าวสาลีทดแทนแบ่งสาลีในส่วนเปลือกของขนมเปียะกุหลาบที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น ค่าความสว่างลดลง เมื่ออัตราส่วนของแบ่งข้าวสาลีต่อแบ่งสาลีเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ในขั้นตอนการอบมีการให้ความร้อนต่อเนื่องทำให้น้ำตาลในส่วนผสมเกิดกระบวนการคาราเมลไลเซชัน (caramelization) ซึ่งส่งผลให้เกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ (อบเชย วงศ์ทอง และชนิษฐา พูนผลกุล, 2544) จึง

พิจารณาคัดเลือกขนมอลัวเสริมแป้งข้าวหอมนิลร้อยละ 10 มาศึกษาปริมาณสารสกัดน้ำอัญชันในขนมอลัวในขั้นต่อไป เพื่อพัฒนาด้านสีให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

3. ผลการศึกษาปริมาณของสารสกัดน้ำอัญชันในขนมอลัว

การศึกษาปริมาณสารสกัดน้ำอัญชันเสริมในขนมอลัวแป้งข้าวหอมนิล เนื่องจากการใช้แป้งข้าวหอมนิลถึงจะมีสีน้ำตาลม่วงแต่เมื่อเสริมในผลิตภัณฑ์มีผลต่อคะแนนเฉลี่ยความชอบลดลง ดังนั้นในการพัฒนาสูตรขนมอลัวจึงพิจารณาคูณลักษณะด้านสีเพื่อให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยการนำขนมอลัวแป้งข้าวหอมนิลร้อยละ 10 เสริมสารสกัดน้ำอัญชันที่ระดับร้อยละ 0 (ตัวอย่างควบคุม), 3, 5 และ 7 โดยน้ำหนัก/น้ำหนัก เพื่อพัฒนาคุณลักษณะด้านสีและเนื้อสัมผัสของขนมอลัว ผลการศึกษาคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมอลัวแป้งข้าวหอมเสริมสารสกัดน้ำอัญชัน แสดงดังตารางที่ 4 พบว่า สูตรที่เสริมสารสกัดน้ำอัญชันร้อยละ 7 ได้รับความเห็นชอบคุณลักษณะในด้านสีแตกต่างกับร้อยละ 0, 3 และ 5 อย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 7.53 ± 0.78 สอดคล้องกับงานวิจัยของวรรณศีกา ช่วยพัฒน และคณะ (2563) พบว่าการแช่ข้าวเหนียวด้วยน้ำดอกอัญชันก่อนกระบวนการผลิตข้าวพองได้รับความชอบจากผู้ทดสอบชิมในคุณลักษณะทางด้านสีมากกว่าข้าวพองที่ผลิตจากข้าวเหนียวธรรมดา ในส่วนลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่า สูตรที่เสริมสารสกัดน้ำอัญชันร้อยละ 3 มีความแตกต่างกับ 0, 5 และ 7 อย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 7.53 ± 1.04 ในส่วนคุณลักษณะด้านกลิ่น รสชาติและความชอบโดยรวม พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อพิจารณาพบว่าสูตรที่เสริมสารสกัดน้ำอัญชันร้อยละ 7 มีคะแนนเฉลี่ยคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสสูงสุดในด้านสี รสชาติและความชอบโดยรวมใกล้เคียงชุดควบคุมซึ่งเป็นตามคุณลักษณะที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ตารางที่ 4 คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมอลัวแป้งข้าวหอมนิลเสริมสารสกัดน้ำอัญชัน

ปริมาณสารสกัด น้ำอัญชัน (ร้อยละ)	คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส				
	สี	กลิ่น ^{ns}	รสชาติ ^{ns}	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม ^{ns}
0 (ตัวอย่างควบคุม)	7.10±0.80 ^b	7.30±1.09	7.13±1.25	6.90±0.88 ^b	7.30±0.60
3	7.03±0.56 ^b	7.33±0.76	7.27±1.20	7.53±1.04 ^a	7.27±0.94
5	7.13±0.43 ^b	7.36±0.76	7.27±1.31	7.40±0.97 ^{a,b}	7.30±0.70
7	7.53±0.78 ^a	7.03±0.72	7.40±1.04	7.17±1.42 ^{a,b}	7.37±0.67

หมายเหตุ ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่กำกับต่างกันในแต่ละแถว หมายถึง ข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตัวอักษร ns ที่กำกับในแถวตั้ง หมายถึง ข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าสี พบว่า ขนมวลัวแบ่งขาวหอมนิลที่เสริมสารสกัดน้ำอัญชันในปริมาณมากมีค่าความสว่าง L^* ลดลง และมีค่าความเป็นสีน้ำเงิน b^* มากขึ้น เท่ากับ 55.17 ± 1.22 และ -6.45 ± 0.62 เนื่องจากในดอกอัญชันประเภทกลีบสีน้ำเงินจะมีสารแอนโทไซยานินชนิดเทอนาทิน ทำให้เกิดสีม่วงคราม-น้ำเงินแก่ผลิตภัณฑ์ (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, และนิธิยา รัตนพนนท์, ม.ป.ป.) เมื่อพิจารณาคุณลักษณะทางกายภาพด้านความแข็งแรงพบว่า การเสริมสารสกัดน้ำอัญชันในปริมาณที่มากขึ้นมีผลต่อค่าความแข็งที่เปลือกภายนอกของผลิตภัณฑ์ที่มากขึ้น เนื่องจากการตกผลึกของน้ำตาลจึงทำให้ขนมวลัวมีส่วนเปลือกแข็งที่หนาหุ้มอยู่รอบ ๆ ส่วนเนื้อในมีลักษณะเป็นเจลเหนียว ด้านค่าการเกาะตัวกัน พบว่า มีลักษณะเกาะติดกันและมีความนิ่มมากกว่าตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการเสริมของน้ำอัญชัน สอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐรัตน์ ศรีสังวาล (2555) ที่ศึกษาการใช้สารแทนความหวานในขนมวลัวและฝอยทอง พบว่า การใช้สารแทนความหวานซอร์บิทอลและมอลทิทอลที่เป็นสารคงความชื้น สามารถเกาะน้ำไว้ในผลิตภัณฑ์ได้มาก ส่งผลให้เนื้อในของขนมีความนิ่มเพราะน้ำมีคุณสมบัติเป็นพาสติไซเซอร์ที่ดี ทำให้มีผลต่อคุณลักษณะด้านการเกาะติดกันของเนื้อขนภายใน ดังนั้นการเสริมปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นจึงมีผลให้ผลิตภัณฑ์ขนมวลัวมีเนื้อภายในที่นิ่มลง

จากผลการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพด้านสี ค่า $L^*a^*b^*$ ของขนมวลัวแบ่งขาวหอมนิลเสริมสารสกัดน้ำอัญชันร้อยละ 0, 3, 5 และ 7 ดังตารางที่ 5 พบว่า การใช้ปริมาณสารสกัดน้ำอัญชันในปริมาณต่าง ๆ กัน มีผลให้ค่า $L^*a^*b^*$ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสูตรควบคุม (ร้อยละ 0) มีค่าความสว่าง L^* มากที่สุดเท่ากับ 69.97 ± 2.28 เมื่อพิจารณาค่าแสดงความเป็นสีน้ำเงิน b^* จากการเพิ่มปริมาณสารสกัดน้ำอัญชัน พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณสารสกัดน้ำอัญชันที่ปริมาณ 3, 5 และ 7 ส่งผลให้มีค่าความเป็นสีน้ำเงินเพิ่มขึ้นตามลำดับ และที่ปริมาณร้อยละ 7 มีค่าสีน้ำเงินมากที่สุดเท่ากับ -6.45 ± 0.62 และมีค่าแสดงความเป็นสีแดงมากที่สุดเท่ากับ -1.71 ± 0.12 แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มสารสกัดน้ำอัญชันส่งผลทำให้ค่าความสว่างลดลง แต่ค่าความเป็นสีน้ำเงินและสีแดงเพิ่มขึ้น เนื่องจากดอกอัญชันประเภทกลีบสีน้ำเงินจะมีสารแอนโทไซยานินชนิดเทอนาทิน ทำให้เกิดสีม่วงคราม-น้ำเงินแก่ผลิตภัณฑ์ (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, และนิธิยา รัตนพนนท์, ม.ป.ป.) จากการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพเนื้อสัมผัส พบว่า การใช้ปริมาณสารสกัดน้ำอัญชันในปริมาณต่าง ๆ มีผลให้ค่าความแข็งแรงและการเกาะตัวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อพิจารณาคุณลักษณะทางกายภาพด้านความแข็ง พบว่า การเสริมสารสกัดน้ำอัญชันในปริมาณที่มากขึ้นมีผลต่อค่าความแข็งที่เปลือกภายนอกของผลิตภัณฑ์ที่มากขึ้น เนื่องจากการตกผลึกของน้ำตาลจึงทำให้ขนมวลัวมีส่วนเปลือกแข็งที่หนาหุ้มอยู่รอบ ๆ ส่วนเนื้อในมีลักษณะเป็นเจลเหนียว

ตารางที่ 5 คะแนนคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของขนมอาลัวแป้งข้าวหอมนิลเสริมสารสกัดน้ำอัญชัน

คะแนน คุณลักษณะทาง กายภาพและเคมี	ปริมาณสารสกัดน้ำอัญชัน (ร้อยละ)			
	0	3	5	7
ลักษณะปรากฏ				
ค่าสี L*				
	69.97±2.28 ^a	57.97±2.58 ^b	55.26±1.23 ^b	55.17±1.22 ^b
a*	-0.86±0.14 ^c	-1.28±0.07 ^b	-1.68±0.05 ^a	-1.71±0.12 ^a
b*	5.10±0.42 ^d	-3.03±0.46 ^c	-4.60±0.33 ^b	-6.45±0.62 ^a
ค่าความแข็ง (N)	30.57±4.01 ^c	60.96±2.60 ^b	53.00±6.13 ^b	90.83±3.60 ^a
การเกาะตัวกัน	0.08±0.01 ^c	0.13±0.01 ^a	0.12±0.01 ^b	0.12±0.01 ^b
Total phenolic content (mg GAE/g)	40.17±0.27 ^d	50.81±0.21 ^c	56.67±0.72 ^b	65.35±0.63 ^a
DPPH (%inhibition)	8.23±1.12 ^c	16.60±0.31 ^b	20.63±0.71 ^a	22.05±0.71 ^a
Anthocyanin (mg/g)	13.51±0.80 ^c	24.91±1.48 ^b	41.71±1.82 ^a	42.32±0.91 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่กำกับต่างกันในแนวนอนหมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีโดยวัดปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และแอนโทไซยานิน พบว่าการเพิ่มปริมาณน้ำอัญชันในผลิตภัณฑ์ส่งผลให้ปริมาณฟีนอลิกเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) รวมถึงสารต้านอนุมูลอิสระและปริมาณแอนโทไซยานินมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำอัญชันที่เพิ่มขึ้นด้วย โดยการเสริมปริมาณน้ำอัญชันร้อยละ 7 มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 22.05 ± 0.71 และ 42.32 ± 0.91 mg/g สอดคล้องกับการศึกษาของ Cevallos-Casals, & Cisneros-Zevallos (2004) รายงานว่าสารสกัดจากมันเทศสีแดงและแครอทม่วงที่มีโครงสร้างของแอนโทไซยานินเป็นพวก Acylated anthocyanin มีความคงตัวสูงจะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นสารประกอบ Polymeric เพียงเล็กน้อยหลังจากให้ความร้อนเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

ดังนั้นสารสกัดอัญชันจึงเป็นสารให้สีที่ควรศึกษาและพัฒนาสารสกัดอัญชันให้เป็นสารให้สีตามธรรมชาติที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร และงานวิจัยของอรุษา เขาวนลิขิต และคณะ (2552) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของ pH และอุณหภูมิ ต่อสีและความคงตัวของสารสกัดจากกระเจี๊ยบและอัญชัน มาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 และ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง พบว่าการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงทำให้มีผลต่อความคงตัวของสีของแอนโทไซยานินเล็กน้อยต่อสารสกัดจากอัญชัน เนื่องจากโครงสร้างแอนโทไซยานินของอัญชันที่มี Acylated anthocyanin เป็นองค์ประกอบหลัก ดังนั้นการสกัดน้ำอัญชันโดยใช้ความร้อน 80 องศาเซลเซียส จึงยังคงคุณค่าแอนโทไซยานินได้ เมื่อเสริมในปริมาณที่มากขึ้นผลิตภัณฑ์ขนมอาลัวจึงมีค่าแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นเช่นกัน

4. ผลศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคและคุณลักษณะทางเคมีด้านคุณค่าทางโภชนาการของขนมอาลัวแป้งข้าวหอมนิลเสริมรสสกัดอัญชัน

นำผลิตภัณฑ์ที่ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด คือ ขนมอาลัวแป้งข้าวหอมนิลร้อยละ 10 เสริมสารสกัดน้ำอัญชันร้อยละ 7 ที่พัฒนาได้มาทำการสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 50 คน มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม พบว่า ผู้บริโภคมีความชอบทั้งด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง และผลการวิเคราะห์ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และพลังงานทั้งหมด แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสและคุณลักษณะเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมอาลัวแป้งข้าวหอมนิลเสริมสารสกัดน้ำอัญชันที่พัฒนาได้ร้อยละ 7

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสและคุณลักษณะทางเคมี	คะแนนเฉลี่ยและผลการวิเคราะห์
สี	7.92±1.08
กลิ่น	7.24±1.06
รสชาติ	7.44±1.30
เนื้อสัมผัส	7.58±0.99
ความชอบโดยรวม	7.68±1.03
ความชื้น (ร้อยละ)	9.73
โปรตีน (ร้อยละ)	3.78
ไขมัน (ร้อยละ)	16.07
เถ้า (ร้อยละ)	0.63
คาร์โบไฮเดรต (กรัม/100 กรัม)	69.79
พลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี)	438.91

สรุป

ผลิตภัณฑ์ขนมอาลัวแบ่งข้าวหอมนิลเสริมสารสกัดน้ำอัญชันที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงสุด ประกอบด้วยส่วนผสมดังนี้ แป้งสาลี แป้งข้าวหอมนิล น้ำตาลทราย กะทิ และสารสกัดน้ำอัญชัน (ร้อยละ 12.08, 1.21, 29.71, 54.35 และ 2.66 ตามลำดับ) ผลิตภัณฑ์มีลักษณะปรากฏที่คงตัวดีเป็นรูปทรงหยดน้ำตัวยอด มีสีน้ำเงินอมเทา มีรสชาติหวาน การตกผลึกเปลือกภายนอกของขนมอาลัวมาจากน้ำตาลและกะทิ เนื้อในมีลักษณะเกาะตัวและเหนียวเป็นเจล ซึ่งขนมอาลัวที่ใช้แป้งข้าวหอมนิลจะมีกลิ่นหอมของข้าว มีสีน้ำเงินตามธรรมชาติของอัญชัน โดยสูตรที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคคือขนมอาลัวที่เสริมแป้งข้าวหอมนิลร้อยละ 10 และเสริมสารสกัดอัญชันที่ร้อยละ 7 ดังนั้นการเสริมแป้งข้าวหอมนิลสามารถเสริมได้บางส่วนเนื่องจากมีผลต่อเนื้อสัมผัสและสีของผลิตภัณฑ์ การเสริมน้ำอัญชันมีผลให้สีของผลิตภัณฑ์มีสีน้ำเงิน รวมถึงผลิตภัณฑ์ยังคงมีสารฟีนอลิก สารต้านอนุมูลอิสระ และแอนโธไซยานินอยู่ในปริมาณมาก เมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปทดสอบความชอบของผู้บริโภคในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบคุณลักษณะทุกด้านอยู่ในระดับชอบปานกลาง ผลิตภัณฑ์ขนมอาลัวแบ่งข้าวหอมนิลเสริมสารสกัดน้ำอัญชันจึงสามารถเป็นทางเลือกในการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ได้อีกทางหนึ่งได้

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงอายุการเก็บรักษาและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตเพื่อการค้าต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาการจัดการอาหาร สาขาเทคโนโลยีและวิทยาศาสตร์การอาหาร และสาขาชีววิทยาคณวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมที่ได้อนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับการดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรรณิการ์ พรมเสาร์, และนันทา เบญจศิลาลักษณ์. (2542). *แกะรอยสำรับไทย*. เชียงใหม่: วรณรัชช์.

กุลปติ ตันติจันรรจ์, อนุวัตร แจ่มชัด, กมลวรรณ แจ่มชัด, วรณสวัสดิ์ รัฐพิทักษ์สันติ, และสมพร

คงเจริญเกียรติ. (2557). *การพัฒนาดอกอัญชันแผ่นผสมผลไม้เพื่อเป็นอาหารขบเคี้ยว*. การประชุม

ทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 52, 4 – 7 กุมภาพันธ์ 2557 ณ

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- ณัฐรัตน์ ศรีสังวาล. (2555). การปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของขนมอ้าวและฝอยทองโดยการใช้สารให้ **ความหวานทดแทนน้ำตาล**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ธีรณัฐ ฉายศิริโชติ, และณัฏยา เมฆราวี. (2560). การใช้แป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีในส่วนเปลือกของขนม **เปียะกุหลาบ**, วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร, 12(1), 27-39.
- นพพร หงส์พันธุ์, กิรติ เงินสมบัติ, และอินทุพร รัตนพิบูลย์. (2562). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมอ้าวจาก **แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่**, วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 24(2), 782-794.
- นิตดา หงส์วิวัฒน์. (2550). **เบเกอรี่เป็นอาชีพ**. กรุงเทพฯ: แสงแดด.
- ปิ่นนฤธธี สุวรรณเลิศ. (2555). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์กะละแม้อัญชัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, และนิธยา รัตนพนนท์. (ม.ป.ป.). แอนโทไซยานิน. สืบค้นจาก <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1103/anthocyanin>.
- วรรณศิกา ช่วยพัฒนา, ดุสิต อธิวัฒน์, ดวงกมล ด่านขับต้อน, และชนัญ ผลประไพ. (2563). การพัฒนา **ผลิตภัณฑ์จากข้าวเหนียวเขี้ยวงูอินทรีย์**. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 9(3), 397-406.
- วิรัตน์ จันททรัพย์. (2558). **เอกสารประกอบการสอนในรายวิชาขนมไทย**, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม (อัดสำเนา).
- สำนักงานวัฒนธรรมแห่งชาติ. (2554). **มัทศกรยน์วัฒนธรรมข้าวไทย**. กรุงเทพฯ : สำนักงานวัฒนธรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- อริสรา รอดมัย, และอรอุมา จิตรวโรภาส. (2550). การผลิตคุกกี้โอตโดยใช้แป้งข้าวหอมมะลิทดแทนแป้งสาลี **บางส่วน**. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม, 3(1), 37-43.
- อรุษา เขาวนลิขิต, ศิริรัตน์ อภิขยารักษ์, สรารัตน์ คงทอง, และสุชนา ชูประทุม. (2552). ผลกระทบของ pH และอุณหภูมิ ต่อสีและความคงตัวของสารสกัดจากกระเจี๊ยบและอัญชัน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 40(3)(พิเศษ.), 5-8.
- อาตมา สันตะกุล, อบเชย วงศ์ทอง, กาญจนา ลุศนันท์, และสมบัติ ขอทวีวัฒนา. (2549). **การพัฒนาขนมอ้าวให้ได้สูตรมาตรฐาน**. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44, 30 มกราคม -2 กุมภาพันธ์ 2549 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อบเชย วงศ์ทอง, และชนิษฐา พูนผลกุล. (2544). **หลักการประกอบอาหาร**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- AOAC. (2016). **Official methods of analysis of AOAC International**. (17th ed.). Maryland: The association of office analytical chemists.
- Cevallos-Casals, B. A., & Cisneros-Zevallos, L. (2004). Stability of Anthocyanin-Based Aqueous

- Extracts of Andean Purple Corn and Red-Fleshed Sweet Potato Compared to Synthetic and Natural Colorants. **Food Chemistry**, 86(1), 69-77.
- Chrispeels, M. L. & David, E.S. (1994). **Plants Genes and Agriculture**. London: Jones and Bartlett Publishers.
- Cisowska, A., Wojnicz, D. & Hendrich, A.B. (2011). Anthocyanins as Antimicrobial Agents of Natural Plant Origin. **Natural Product Communications**, 6(1), 149-156.
- Kazuma, K., Noda, N., & Suzuki, M. (2003). Flavonoid composition related to petal color in different lines of *Clitoria ternatea*. **Phytochemistry**, 64, 1133–1139.
- Mercadante, A.Z., & Bobbio, F.O. (2008). **Anthocyanins in Foods: Occurrence and Physicochemical Properties**. In Socaci, C. Food Colorants Chemical and functional Properties. Boca Raton: CRC Press.
- Tsai, T. H., Tsai, P. J., & Ho, S. C. (2005). Antioxidant and Anti-Inflammatory Activities of Several Commonly Species. **Journal of Food Science**, 70(1), 93–97.
- Wrolstad, R. E. (1976). **Color and pigment analyses in fruit products**. Stations Bull. Agricultural Experiment Station. Oregon State University, Corvallis.

การพัฒนาแบบการผลิตแห้งเชื้อเพลิงจากขยะย่อยสลายได้ผสมกับกากไขมัน

ณพัฐอร บัวฉุน^{1*}

Received : April 24, 2020

Revised : December 21, 2020

Accepted : December 22, 2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาแบบการผลิตแห้งเชื้อเพลิงจากขยะย่อยสลายได้ผสมกับกากไขมัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพัฒนาแบบและศึกษาสมบัติของผลิตแห้งเชื้อเพลิงจากขยะย่อยสลายได้ผสมกับกากไขมัน ด้วยวิธีการอัดแห้งที่ไม่ผ่านความร้อนให้เป็นแห้งเชื้อเพลิง ทำการศึกษาระยะเวลาในการอบแห้งเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เวลา 20 40 และ 60 นาที และทำการศึกษาอัตราส่วนของกากไขมัน และ ขยะย่อยสลาย ได้แก่ เศษผักและเศษผลไม้ เศษอาหาร และเศษหญ้าและเศษใบไม้ และทำการศึกษาคุณสมบัติของแห้งเชื้อเพลิง ได้แก่ ค่าความร้อน ความชื้น สารระเหย ปริมาณคาร์บอนคงตัว และเถ้า พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมที่มีสมบัติด้านเชื้อเพลิงโดยรวมเหมาะสมที่สุดเมื่อทำการพิจารณา ร่วมด้วย คือ กากไขมัน : เศษหญ้าและเศษใบไม้ (75:25) ที่ให้ค่าความร้อน 6,892 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ความชื้นร้อยละ 3.39 คาร์บอนคงตัวร้อยละ 14.47 สารระเหยร้อยละ 70.42 และเถ้าร้อยละ 3.21 โดยแห้งเชื้อเพลิงที่พัฒนาขึ้นมานั้นสามารถใช้ทดแทนเชื้อเพลิงประเภทฟืน ถ่านไม้ หรือวัสดุอื่นๆที่เป็นวัสดุเชื้อเพลิง เนื่องจากมีค่าความร้อนที่ใกล้เคียงกับวัสดุเหล่านั้น และมีคุณสมบัติตามมาตรฐาน (มผช. 238/254) และมาตรฐานของกรมโรงงานอุตสาหกรรม

คำสำคัญ: แห้งเชื้อเพลิง ขยะย่อยสลายได้ กากไขมัน

^{1*} อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

*ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: send2duang@hotmail.com

DEVELOPMENT OF A PRODUCTION MODEL FOR FUEL RODS FROM BIODEGRADABLE WASTE MIXED WITH FAT RESIDUE

Napattaorn Buachoon^{1*}

Abstract

This research was the development of a production model for fuel rods from biodegradable waste mixed with fat residue. The objective of this study was to study, develop model, and study properties of biodegradable waste fuel rods mixed with fat residue by the method of compressing the non-heated rods. The drying of fuel rods at the temperature of 105 ° C was studied for 20, 40, and 60 minutes and the ratio of fat and decomposed waste such as vegetable and fruit, food and grass and leaf litter was studied. The properties of the fuel rods, namely heat, humidity, volatile matter, stable carbon and ash were studied as well. It was found that the optimum ratio, when the most appropriate overall fuel properties were considered, was the ratio between fat residues: grass and leaf litter (75: 25) providing 6,892 kcal / kg of heat, 3.39 percent of moisture, 14.47 percent of stable carbon, 70.42 percent of volatile matter, and 3.21 percent of ash. The fuel rod developed can be used as a substitute for firewood, wood charcoal or other fuel materials due to the similar calorific value to those aforementioned materials and meet the standard properties (PPP 238/ 254) and standards of the Department of Industrial Works.

Keywords: Fuel rods, Biodegradable waste, Fat residue

^{1*} Lecturer of Chemistry Program , Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage

*Corresponding author, e-mail: send2duang@hotmail.com

บทนำ

ในปัจจุบันการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรทำให้เกิดการขยายตัวอย่างรวดเร็วในภาคอุตสาหกรรม รวมทั้งมีการเพิ่มกระบวนการการผลิตเพื่อให้ตอบสนองต่อการอุปโภคและบริโภคของ ประชากร ส่งผลให้ความต้องการพลังงานเพิ่มขึ้น และมีการเพิ่มปริมาณกากอุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่อง (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2559) รวมทั้งส่งผลกระทบต่อประชาชนโดยตรงโดยเฉพาะน้ำมันเชื้อเพลิง ทำให้มีราคาแพงมาก ทำให้เกิดการหาแหล่งพลังงานทดแทนเพื่อเป็นทางเลือกอย่างหนึ่งและเพื่อให้มีปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการ รวมทั้งมีราคาที่เหมาะสม และมีคุณภาพที่ดีเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ในการใช้พลังงานของแต่ละภาคธุรกิจ ทั้งนี้ปัญหาทางด้านพลังงานจะเห็นได้ว่าการขาดแคลนพลังงานที่จะให้เชื้อเพลิงของคนชนบทและคนเมืองที่มีรายได้น้อยก็มีเพิ่มมากขึ้น และจากปัญหานี้เองรัฐบาลจึงมีนโยบายส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานทดแทนภายในประเทศเพิ่มมากขึ้น ตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558–2579 (กระทรวงพลังงาน, 2558) นอกจากจะได้พลังงานทดแทนไว้ใช้ให้เพียงพอภายในประเทศแล้วยังเป็นการลดปริมาณของเสีย โดยอ้างอิงการศึกษาจากกรมโรงงานอุตสาหกรรมเกี่ยวกับโครงการส่งเสริมการใช้ประโยชน์กากอุตสาหกรรม และลดปริมาณกากที่ต้องฝังกลบ โดยรูปแบบการดำเนินงานมุ่งเน้นส่งเสริมการนำของเสียที่เกิดจากภาคการผลิตไปแปรรูปเพื่อนำกลับไปใช้ประโยชน์ใหม่ (Recycle) โดยมีเป้าหมายเพื่อลดปริมาณของเสียที่จะต้องถูกบำบัดและกำจัดให้เหลือน้อยที่สุด เป็นไปตามนโยบายการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555)

ในปัจจุบันจะพบว่าสถานการณ์ทางด้านพลังงานได้ส่งผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ การหาแหล่งพลังงานทดแทนในรูปแบบต่าง ๆ มาทดแทนและสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้สะดวกเกิดประสิทธิภาพ รวมถึงการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างคุ้มค่า ที่สำคัญช่วยประหยัดและช่วยลดค่าใช้จ่าย คือการนำขยะย่อยสลายได้ที่มีอยู่ในปริมาณที่มาก ได้แก่ เศษอาหาร เศษผักและผลไม้ และเศษหญ้าและใบไม้ รวมทั้งวัสดุที่เหลือใช้จากภาคอุตสาหกรรมการเกษตร เช่น แกลบ ชานอ้อย มันสาปะหลัง ปาล์มน้ำมัน ยางพารา และวัสดุอื่น ๆ เป็นต้น ซึ่งบางส่วนได้ถูกนำไปใช้เป็นพลังงานแล้ว เช่น แกลบจะถูกนำไปเผาเพื่อผลิตไอน้ำเพื่อนำไปหมunk หั่นใช้ร่วมกับโรงสีข้าว แต่อย่างไรก็ตาม พลังงานที่ได้เหล่านั้นก็ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการ สำหรับถ่านและฟืนเป็นเชื้อเพลิงที่ยังใช้กันอย่างกว้างขวางในชนบทและชุมชนเมืองบางส่วน เนื่องจากเกษตรกรขาดแคลนการส่งเสริมจัดการทรัพยากรและการใช้พลังงานจากชีวมวลอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานในกิจกรรมต่างๆ รวมทั้งแนวโน้มที่แหล่งทรัพยากรจะใช้อย่างไม่เหมาะสมในการใช้พลังงาน (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555)

มหาวิทยาลัยราชภัฏแห่งหนึ่งในเขตภาคกลาง เป็นสถาบันการศึกษาเก่าแก่แห่งหนึ่งของประเทศที่ได้ก่อตั้งมาเป็นเวลานานไม่น้อยกว่า 80 ปี ในปัจจุบันเปิดทำการสอนนักศึกษาในระดับอุดมศึกษาและระดับบัณฑิตศึกษาทั้งในภาคปกติและภาคพิเศษ รวมทั้งยังมีโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏที่เปิดทำการสอนในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาอยู่ภายในกำกับอีกด้วย ซึ่งในปีการศึกษา 2558 ที่ผ่านมามหาวิทยาลัยได้จัดให้มีการเรียนการสอนทั้งในระดับปริญญาตรี ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ปริญญาโท และปริญญาเอกในสาขาวิชาต่าง ๆ มากมายหลายสาขาวิชา มีคณาจารย์และบุคลากรสายสนับสนุนเป็นจำนวนมาก และมีจำนวนนักเรียนรวมทั้งสิ้นประมาณ 10,000 คน นอกจากนี้ยังมีนักเรียนในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาารวมกันอีกประมาณ 1,000 คน ซึ่งจากจำนวนนักเรียน นักศึกษา และบุคลากรที่กล่าวข้างต้น รวมทั้งบุคคลภายนอกที่เข้ามาติดต่อกับมหาวิทยาลัยอยู่เป็นประจำพบได้ว่ามีจำนวนมาก ส่งผลให้ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละวันมีปริมาณ

มากขึ้นตามไปด้วย โดยขยะเหล่านี้จะนำไปสู่ปัญหาอื่น ๆ ตามมาคือ เกิดการเน่าเหม็นและส่งกลิ่นรบกวน อันจะเป็นการสร้างความสะดวกต่อผู้อยู่อาศัยทำให้เกิดทัศนียภาพที่ไม่สวยงามภายในมหาวิทยาลัยฯ ขึ้นได้

ขยะจำพวกเศษอาหาร เศษผักและผลไม้ และเศษหญ้าและใบไม้ จัดเป็นขยะที่ย่อยสลายได้ซึ่งเกิดขึ้นจากกิจกรรมต่าง ๆ ในมหาวิทยาลัยฯ เช่น จากร้านค้าจำหน่ายอาหาร เศษใบไม้และเศษหญ้าจากการตัดแต่งสวนและสนามหญ้าภายในบริเวณมหาวิทยาลัยฯ ซึ่งยังไม่มีมาตรการดำเนินการใด ๆ ที่เหมาะสม โดยในสภาพความเป็นจริงขยะเหล่านี้ โดยเฉพาะเศษอาหารรวมทั้งเศษผักและผลไม้ซึ่งมีจำนวนมากในแต่ละวันจะถูกรวบรวมและเก็บขนไปยังที่พักขยะเพื่อรอการนำไปกำจัดโดยรถเก็บขยะของเทศบาล

เชื้อเพลิงอัดแท่งจากชีวมวลเป็นพลังงานทางเลือกที่มีประโยชน์เป็นอย่างมาก เป็นการนำขยะจำพวกเศษอาหาร เศษผักและผลไม้ และเศษหญ้าและใบไม้ กลับมาใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ช่วยลดต้นทุนในการจัดการของเสียทั้งเศรษฐศาสตร์และการกำจัดขยะตามหลักวิศวกรรม (Jittabut et al, 2015) เชื้อเพลิงอัดแท่งสามารถผลิตได้จากวัสดุหลายประเภท เช่น ฟางข้าว ขยะจำพวกเศษอาหาร เศษผักและผลไม้ และเศษหญ้าและใบไม้ ชี้อ้อย และทางมะพร้าว เป็นต้น (Mitchual et al., 2013; Ward et al., 2014) การอัดแท่งเชื้อเพลิงมีกรรมวิธีทั้งแบบอัดร้อนและแบบอัดเย็น และในกระบวนการอัดจำเป็นต้องมีวัสดุประสานที่มีคุณภาพ หรือมีวัสดุอื่น ๆ ที่มีคุณสมบัติในการทำให้วัสดุอื่น ๆ ผสมเข้ากันได้และยึดติดกันโดยมีงานวิจัยที่ผ่านมาได้นำกากไขมันจากน้ำเสียประเภทต่าง ๆ มาผสมกับวัสดุอื่น ๆ เพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งซึ่งให้ค่าความร้อนสูง (Pongthornpruek & Sasitharanuwat, 2019) ซึ่งขยะจากกระบวนการภายในมหาวิทยาลัยจะเกี่ยวข้องกับเศษอาหาร เศษผักและผลไม้ และเศษหญ้าและใบไม้ ทำให้เกิดน้ำเสียและกากไขมันจากน้ำเสียเป็นจำนวนมากเช่นกัน หากปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะจะก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำ เกิดน้ำเน่าเสียได้ กากไขมัน ดังกล่าวสามารถนำมาเป็นวัสดุเพื่อเพิ่มความร้อนให้แก่เชื้อเพลิงอัดแท่งและเป็นตัวประสานที่ดีในการนำมาทำเชื้อเพลิงอัดแท่งที่สามารถนำไปใช้ได้สะดวก

ดังนั้น คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสม และค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากการผสมกากไขมัน กับขยะย่อยสลายได้ ซึ่งได้แก่ เศษผักและเศษผลไม้ เศษอาหาร เศษหญ้าและเศษใบไม้ เพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิง รวมทั้งศึกษาการพัฒนากระบวนการผลิตแท่งเชื้อเพลิงอัดแท่ง เพื่อเป็นพลังงานทดแทนชนิดใหม่ ที่สามารถลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากไขมันและเป็นการนำขยะและของเสียมาใช้ประโยชน์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการพัฒนากระบวนการผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากขยะย่อยสลายได้ผสมกับกากไขมัน
2. เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากขยะย่อยสลายได้ผสมกับกากไขมัน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัสดุที่ใช้ในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงในครั้งนี้ ได้แก่
 - 1.1 ขยะย่อยสลายได้ ได้แก่ เศษผักและเศษผลไม้ เศษอาหาร เศษหญ้าและเศษใบไม้
 - 1.2 กากไขมันได้มาจากบ่อดักไขมันซึ่งติดตั้งตามร้านค้าจำหน่ายอาหารภายในมหาวิทยาลัยฯ โดยทำการตักแยกน้ำออกไปให้หมดได้มากที่สุด และแยกขยะชิ้นใหญ่ออกไป ทำการปั่นส่วนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส สำหรับรอนำมาใช้ในการทดลอง กากไขมันมีปริมาณ 68.1 เปอร์เซ็นต์

2. ศึกษาการพัฒนากระบวนการผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากขยะย่อยสลายได้ผสมกับกากไขมัน

2.1 นำวัสดุขยะย่อยสลายได้ ได้แก่ เศษผักและเศษผลไม้ เศษอาหาร เศษหญ้าและเศษใบไม้ แดกแห้ง และนำมาทำการบดย่อยให้มีขนาดเล็กลง หรือเป็นผง โดยใช้เครื่องบดย่อย และทดสอบเพื่อหาค่าความร้อนของวัสดุแต่ละชนิด

2.2 ทำการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงเพื่อให้ได้คุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานจริง โดยในการทดลองได้ปรับอัตราส่วนต่าง ๆ ของวัตถุดิบ ได้แก่ กากไขมัน เศษผักและเศษผลไม้ เศษอาหาร และเศษหญ้าและเศษใบไม้ โดยใช้อัตราส่วนของกากไขมันที่ 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ทำการผสมระหว่างกากไขมันและขยะย่อยสลายได้โดยทำการคลุกเคล้าส่วนผสมต่าง ๆ ให้เข้ากันโดยทั่ว และนำไปอัดด้วยวิธีการอัดแท่งด้วยกระบวนการที่ไม่ผ่านความร้อนให้เป็นแท่งเชื้อเพลิง นอกจากนี้ทำการทดลองอบก้อนตัวอย่างเพื่อให้แห้งกำหนดเป็น 3 ช่วงเวลา คือ 20, 40 และ 60 นาที ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ทำการทดสอบเบื้องต้นเกี่ยวกับการจุดติดไฟ เพื่อเลือกระยะเวลาในการอบที่เหมาะสมเพื่อนำไปทดสอบสมบัติอื่น ๆ ของก้อนเชื้อเพลิงอัดแท่ง ได้แก่ ค่าความร้อน ความชื้น สารระเหย ปริมาณคาร์บอนคงตัว และเถ้า

3. การทดสอบคุณสมบัติของแท่งเชื้อเพลิงจากขยะย่อยสลายได้ผสมกับกากไขมัน

ทำการทดสอบคุณสมบัติของแท่งเชื้อเพลิงจะทำการวิเคราะห์ ได้แก่ ค่าความร้อน (วิธีการวิเคราะห์ ASTM D 5865) ความชื้น (วิธีการวิเคราะห์ ASTM D 3173) สารระเหย(วิธีการวิเคราะห์ ASTM D 3173) ปริมาณคาร์บอนคงตัว (วิธีการวิเคราะห์ ASTM D 3175) และเถ้า (วิธีการวิเคราะห์ ASTM D 3174)

ผลการวิจัยและอภิปราย

ค่าความร้อนของขยะย่อยสลาย

ในการทดลองนี้ใช้ขยะที่ย่อยสามารถสลายได้ภายในมหาวิทยาลัยฯ ซึ่งได้แก่ เศษผักและผลไม้ เศษอาหาร เศษหญ้าและเศษใบไม้ และกากไขมัน และเมื่อนำไปทดสอบเพื่อหาค่าความร้อนของขยะย่อยสลายแต่ละชนิดที่จะนำมาผสมกับกากไขมันเพื่อผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิง พบว่าขยะย่อยสลายได้มีค่าความร้อนดังนี้ เศษผักและผลไม้ มีค่าความร้อนเท่ากับ 3,256 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม เศษอาหาร ค่าความร้อนเท่ากับ 4,903 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม เศษหญ้าและเศษใบไม้ ค่าความร้อนเท่ากับ 4,826 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม และกากไขมัน ค่าความร้อนเท่ากับ 6,985 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม เมื่อเทียบกับวัสดุอื่น ๆ เช่น แกลบ 3,229 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ชานอ้อย 3,936 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม และกะลามะพร้าว 4,282 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและการอนุรักษ์พลังงาน, 2563)

ระยะเวลาในการอบแท่งเชื้อเพลิงที่เหมาะสม

จากการทดสอบระยะเวลาในการอบแท่งเชื้อเพลิงที่เหมาะสมโดยทำการทดลองอบแท่งเชื้อเพลิงเพื่อให้แห้งกำหนดเป็น 3 ช่วงเวลา คือ 20, 40 และ 60 นาที ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส แสดงตามตารางที่ 1 พบว่า แท่งเชื้อเพลิงตัวอย่างที่อัตราส่วนต่าง ๆ อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที แท่งเชื้อเพลิงมีค่าความชื้นสูง ติดไฟได้ยาก สามารถจุดติดไฟได้ประมาณ 1-2 นาที ที่เวลา 40 นาที ติดไฟได้ สามารถจุดติดไฟได้ประมาณ 3-4 นาที และที่เวลา 60 นาที ติดไฟได้ง่าย สามารถจุดติดไฟได้ประมาณ 1-2 นาที

ตารางที่ 1 ค่าความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่อบที่ อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส 20, 40 และ 60 นาที

ร้อยละของอัตราส่วนผสม	ความชื้น (ร้อยละ)		
	20 นาที	40 นาที	60 นาที
กากไขมัน : เศษผักและผลไม้ (25:75)	36.73	22.65	4.07
กากไขมัน : เศษผักและผลไม้ (50:50)	40.21	24.32	6.33
กากไขมัน : เศษผักและผลไม้ (75:25)	42.76	25.59	8.48
กากไขมัน : เศษอาหาร (25:75)	35.39	22.44	4.89
กากไขมัน : เศษอาหาร (50:50)	36.90	23.51	6.21
กากไขมัน : เศษอาหาร (75:25)	38.08	25.39	7.38
กากไขมัน : เศษหญ้าและเศษใบไม้ (25:75)	34.05	21.59	4.21
กากไขมัน : เศษหญ้าและเศษใบไม้ (50:50)	36.49	22.98	3.85
กากไขมัน : เศษหญ้าและเศษใบไม้ (75:25)	37.39	25.02	3.39

จากตารางที่ 1 จะพบว่าทุกอัตราส่วนของแท่งเชื้อเพลิงที่ทำการหาค่าความชื้นที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที มีค่าความชื้นสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอัดแท่ง (มพข.238/2547) (ธनिया เกาศล และคณะ, 2562) ซึ่งตามเกณฑ์กำหนดให้ความชื้นของถ่านอัดแท่งมีค่าความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 ส่วนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที มีค่าความชื้นสูงเกินมาตรฐานเนื่องจากมีกากไขมันเพิ่มมากขึ้น

อัตราส่วนที่เหมาะสมในการพัฒนาแท่งเชื้อเพลิงจากขยะย่อยสลายได้ผสมกับกากไขมัน

จากการหาระยะเวลาในการอบแท่งเชื้อเพลิงที่เหมาะสม พบว่าที่เวลา 60 นาที ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส มีความเหมาะสม จึงนำมาทำการทดสอบคุณสมบัติแท่งเชื้อเพลิงจะทำการวิเคราะห์ ได้แก่ ค่าความร้อน ความชื้น สารระเหย ปริมาณคาร์บอนคงตัว และเถ้า แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณสมบัติต่างๆ ของแท่งเชื้อเพลิงจากขยะย่อยสลายได้ผสมกับกากไขมัน

ร้อยละของอัตราส่วนผสม	ค่าความร้อน (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	ค่าคุณสมบัติต่างๆ (ร้อยละ)			
		ความชื้น	สารระเหย	ปริมาณคาร์บอนคงตัว	เถ้า
กากไขมัน : เศษผักและผลไม้ (25:75)	4,194	4.07	76.21	8.20	4.11
กากไขมัน : เศษผักและผลไม้ (50:50)	5,938	6.33	74.09	11.45	3.96
กากไขมัน : เศษผักและผลไม้ (75:25)	6,256	8.48	73.91	13.11	3.68
กากไขมัน : เศษอาหาร (25:75)	4,119	4.89	75.92	8.99	4.01
กากไขมัน : เศษอาหาร (50:50)	6,011	6.21	73.92	12.34	3.90
กากไขมัน : เศษอาหาร (75:25)	6,301	7.38	72.98	14.21	3.71
กากไขมัน : เศษหญ้าและเศษใบไม้ (25:75)	4,200	4.21	75.01	9.48	3.91

ตารางที่ 2 คุณสมบัติต่างๆ ของแท่งเชื้อเพลิงจากขยะย่อยสลายได้ผสมกับกากไขมัน (ต่อ)

ร้อยละของอัตราส่วนผสม	ค่าความร้อน (กิโลแคลอรี/ กิโลกรัม)	ค่าคุณสมบัติต่างๆ (ร้อยละ)			
		ความชื้น	สาร ระเหย	ปริมาณ คาร์บอน คงตัว	เถ้า
กากไขมัน : เศษหญ้าและเศษใบไม้ (50:50)	5,590	3.85	72.45	12.21	3.65
กากไขมัน : เศษหญ้าและเศษใบไม้ (75:25)	6,892	3.39	70.42	14.47	3.21

จากตารางที่ 2 พบว่า คุณสมบัติของค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงจากขยะย่อยสลายได้ผสมกับกากไขมันเมื่อนำมาเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอัดแท่ง (มผช.238/2547) (ธनिया เกาศล และคณะ, 2562) ที่กำหนดไว้ว่าค่าความร้อนที่ดีควรมากกว่า 5,000 กิโลแคลอรี/ กิโลกรัม ซึ่งผลจากการทดลองจะพบว่า แท่งเชื้อเพลิงจากขยะย่อยสลายได้ผสมกับกากไขมัน อัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนมากที่สุดคือ กากไขมัน : เศษหญ้าและเศษใบไม้ (75:25) โดยให้ค่าพลังงานความร้อน 6,892 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม รองลงมาคือ กากไขมัน : เศษอาหาร (75:25) โดยให้ค่าพลังงานความร้อน 6,301 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม กากไขมัน : เศษผักและผลไม้ (75:25) โดยให้ค่าพลังงานความร้อน 6,256 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม เมื่อแท่งเชื้อเพลิงจากขยะย่อยสลายได้ผสมกับกากไขมัน มีอัตราส่วนของกากไขมันตั้งแต่ร้อยละ 50 ขึ้นไป ค่าความร้อนจะสูงขึ้นอย่างชัดเจนและมากกว่าค่ามาตรฐาน (มผช. 238/2547) และค่าความร้อนทั่วไปตามกรมโรงงานอุตสาหกรรมที่ควรมีค่าความร้อนไม่ต่ำกว่า 3,000 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555) นั้นหมายความว่า กากไขมันให้ค่าความร้อนสูง

ค่าความชื้นของแท่งเชื้อเพลิงจากขยะย่อยสลายได้ผสมกับกากไขมันจะพบว่าอัตราส่วนของกากไขมัน : เศษผักและผลไม้ (75:25) มีค่าความชื้นสูงมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 8.48 และรองลงมาคือ อัตราส่วนของกากไขมัน : เศษอาหาร (75:25) มีค่าความชื้นเท่ากับ ร้อยละ 7.38 โดยค่าความชื้นจะมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อกากไขมันมีปริมาณเพิ่มขึ้น เนื่องจากจะมีน้ำอยู่มาก โดยค่าความชื้นที่ดีของแท่งเชื้อเพลิงควรมีค่าความชื้นไม่เกินกว่าร้อยละ 50 (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555) แท่งเชื้อเพลิงที่ดี สามารถติดไฟได้ง่าย เก็บได้เป็นเวลานาน ค่าความชื้นควรมีค่าที่ต่ำ

ค่าคาร์บอนคงตัวของแท่งเชื้อเพลิงจากขยะย่อยสลายได้ผสมกับกากไขมันจะพบว่า อัตราส่วนของกากไขมัน : เศษหญ้าและเศษใบไม้ (75:25) มีค่าคาร์บอนคงตัวสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 14.47 และรองลงมา คือ อัตราส่วนของกากไขมัน : เศษอาหาร (75:25) มีค่าคาร์บอนคงตัวเท่ากับร้อยละ 14.21 และ อัตราส่วนของกากไขมัน : เศษผักและผลไม้ (75:25) มีค่าคาร์บอนคงตัวต่ำที่สุดเท่ากับร้อยละ 8.20 ซึ่งค่าคาร์บอนคงตัวที่ดีของแท่งเชื้อเพลิงนั้นควรมีค่าคาร์บอนคงตัวสูง เนื่องจากคาร์บอนคงตัวจะเป็นตัวบ่งชี้ในเรื่องของระยะเวลาในการเผาไหม้ได้ยาวนาน ค่าคาร์บอนคงตัวโดยทั่วไปไม่ควรต่ำกว่าร้อยละ 15 (นฤภัทร ตั้งมันคงวรกุล, 2562)

ปริมาณสารระเหยเป็นส่วนที่เมื่อแท่งเชื้อเพลิงได้รับความร้อนแล้วระเหยไป จากการทดลอง พบว่า อัตราส่วนที่ให้ปริมาณสารระเหยมากที่สุด คืออัตราส่วนของกากไขมัน : เศษผักและผลไม้ (25:75) มีปริมาณสารระเหยเท่ากับร้อยละ 76.21 และที่อัตราส่วนของกากไขมัน : เศษหญ้าและเศษใบไม้ (75:25) ที่ให้ปริมาณสาร

ระเหยน้อยที่สุดเท่ากับร้อยละ 70.42 เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานของสารระเหยโดยทั่วไปควรมีค่าสูงกว่าร้อยละ 80 (นฤภัทร ตั้งมันคงวรกุล, 2562)

ปริมาณของเถ้าคือส่วนที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ การที่เชื้อเพลิงที่มีปริมาณเถ้ามากในจำนวนมากนั้นจะส่งผลให้เชื้อเพลิงนั้นเกิดการเผาไหม้ได้ยาก ดังนั้นเชื้อเพลิงที่ดีควรมีปริมาณเถ้าไม่เกินร้อยละ 20 (นฤภัทร ตั้งมันคงวรกุล, 2562) อัตราส่วนของเชื้อเพลิงที่มีปริมาณเถ้ามากที่สุดคือ กากไขมัน : เศษผักและผลไม้ (25:75) มีค่าปริมาณเถ้าร้อยละ 4.11 และอัตราส่วนของเชื้อเพลิงที่มีปริมาณเถ้าน้อยที่สุดคือ กากไขมัน : เศษหญ้าและเศษใบไม้ (75:25) มีค่าปริมาณเถ้าร้อยละ 3.21 ซึ่งจากผลการทดลองจะพบว่าปริมาณของเถ้าในทุกอัตราส่วนมีค่าที่ใกล้เคียงกันทั้งนี้อาจเนื่องมาจากวัสดุที่ผสมนั้นมีการเผาไหม้ที่ค่อนข้างสมบูรณ์จึงทำให้เหลือปริมาณของเถ้าในปริมาณที่ต่ำกว่ามาตรฐาน

สรุป

จากการศึกษาพัฒนารูปแบบและศึกษาสมบัติของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงจากขยะย่อยสลายได้ผสมกับกากไขมัน โดยนำไปอัดด้วยวิธีการอัดแท่งด้วยกระบวนการที่ไม่ผ่านความร้อนให้เป็นแท่งเชื้อเพลิง โดยใช้กากไขมันเป็นตัวประสาน และทำการผสมกับขยะย่อยสลายได้แก่ เศษผักและเศษผลไม้ เศษอาหาร และเศษหญ้าและเศษใบไม้ โดยใช้อัตราส่วนของกากไขมันที่แตกต่างกัน พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมที่มีสมบัติด้านเชื้อเพลิงโดยรวมเหมาะสมที่สุดเมื่อทำการพิจารณาค่าความร้อน ความชื้น สารระเหย ปริมาณคาร์บอนคงตัว และเถ้า รวมด้วยคือ กากไขมัน : เศษหญ้าและเศษใบไม้ (75:25) โดยสามารถใช้ทดแทนเชื้อเพลิงประเภทฟืน ถ่านไม้ หรือวัสดุอื่นๆที่เป็นวัสดุเชื้อเพลิง เนื่องจากมีค่าความร้อนที่ใกล้เคียงกับวัสดุเหล่านั้น และมีคุณสมบัติตามมาตรฐาน (มผช. 238/254) และมาตรฐานของกรมโรงงานอุตสาหกรรม

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาอัตราส่วนที่มีความหลากหลายเพื่อให้ได้แท่งเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด
2. ศึกษาการพัฒนาเรื่องกลิ่นโดยการผสมกลิ่นพืชสมุนไพรเพื่อให้มีความหอมและน่าใช้มากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและการอนุรักษ์พลังงาน. (2561). ฐานข้อมูลศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย

ประจำปี เพาะปลูก พ.ศ. 2561.

กระทรวงพลังงาน. (2558). แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558-2579.

กรุงเทพมหานคร.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2552). โครงการส่งเสริมการใช้ประโยชน์กากอุตสาหกรรม และลดปริมาณการต้องฝังกลบ ปีงบประมาณ 2552. กรุงเทพมหานคร.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2555). คู่มือแนวทางและเกณฑ์คุณสมบัติของเสียเพื่อแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงและบล็อกประสาน, กรุงเทพมหานคร.

- ธนียา เกาศล, วัฒนา ศรีเกตุ, และวิชัยรัตน์ แก้วเจือ. (2562) ถ่านอัดแท่งจากเถ้าหนักของโรงไฟฟ้าชีวมวลจากรากไม้ยางพารา. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 24, อุตรธานี, 10-12 กรกฎาคม 2562, 29-36.
- นฤภัทร ตั้งมั่นคงวรกุล. (2557). การผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมการเกษตรและครัวเรือน. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี), 6(11). 66-77.
- Jittabut, P. (2015). Physical and Thermal Properties of Briquette Fuels from Rice Straw and Sugarcane Leaves by Mixing Molasses. *Energy Procedia*, 79(1), 10-17.
- Mitchual, S. J. (2013). Frimpong-Mensah, K. & Darkwa, N.A. Effect of species, particle size and compacting pressure on relaxed density and compressive strength of fuel briquettes. *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, 2013, 4(1). 805-815.
- Pongthornpruek, S. & Sasitharanuwat, A. The Utilization of Bamboo Residues and Grease Waste for Charcoal Briquette Production. *Applied Mechanics and Materials*, 2019, 886(1).154-158.
- Ward, B. J. Yacob, T. W. & Montoya, L. D. (2014). Evaluation of Solid Fuel Char Briquettes from Human Waste. *Environmental Science & Technology*, 2014, 48(1). 9852-9858.

ผลของโปรแกรมการให้ความรู้เกี่ยวกับสุขาภิบาลอาหาร
และผลิตภัณฑ์กำจัดสัตว์และแมลงพาหะนำโรคในชุมชนตลาด จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

สุกฤษฎี ใจจำนงค์^{1*} สุกัญญา นันทะ²
คณิชา แจ่มจิต³ บุหงา กาหลง⁴ วิลาสินี บุญเพชร⁵

Received : April 17, 2020

Revised : December 18, 2020

Accepted : December 25, 2020

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลองแบบชนิดเดียววัดก่อนและหลังการทดลอง เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมการให้ความรู้เกี่ยวกับสุขาภิบาลอาหารและผลิตภัณฑ์กำจัดสัตว์และแมลงพาหะนำโรค คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจงตามเกณฑ์ คือ ประชาชนอายุ 20ขึ้นไปที่มีอาชีพค้าขายสินค้าประเภทข้าวสาร อาหารสด อาหารแห้ง ผัก ผลไม้ ณ ตลาดประตูน้ำพระอินทร์ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 30 คน โดยได้รับโปรแกรมการให้ความรู้เกี่ยวกับสุขาภิบาลอาหาร และผลิตภัณฑ์กำจัดสัตว์และแมลงพาหะนำโรค (หนูและแมลงวัน) วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพรรณนาและสถิติวิเคราะห์ ได้แก่ Paired sample t-test ผลการศึกษาพบว่า ภายหลังจากทดลอง กลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยความรู้เกี่ยวกับสุขาภิบาลอาหารแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ความหนาแน่นของจำนวนหนูและแมลงวันลดลง และระดับความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์กำจัดสัตว์และแมลงพาหะนำโรคอยู่ในระดับมาก (ร้อยละ 93.3)

คำสำคัญ: ชุมชนตลาด สัตว์และแมลงพาหะนำโรค สุขาภิบาลอาหาร

¹ อาจารย์คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ อีเมล: sukrit@vru.ac.th

² นักศึกษาหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรบัณฑิต คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

³ นักศึกษาหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรบัณฑิต คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

⁴ นักศึกษาหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรบัณฑิต คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

⁵ นักศึกษาหลักสูตรสาธารณสุขศาสตรบัณฑิต คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

*ผู้รับผิดชอบหลัก อีเมล: sukrit@vru.ac.th

EFFECTS OF EDUCATION PROGRAMS ON FOOD SANITATION AND PRODUCTS
FOR EXTERMINATING ANIMAL AND INSECT CARRIERS IN THE MARKET COMMUNITY,
PHRA NAKHON SI AYUTTHAYA PROVINCE

SukritJaijumnong^{1*} Sukanya Nanta²
Kanitcha Jaemjit³ Bunga Kalong⁴ Wilasinee Boonpet⁵

Abstract

This quasi-experimental research is a one group pretest-posttest design which aimed at studying effects of education programs on food sanitation and products for exterminating animal and insect carriers in the market community. Thirty merchants, aged 20 years old and over, who sold grocery items such as uncooked rice, fresh and dried meat products, vegetables and fruits at Pratunam Phra In market participated in this study. The experimental group was equipped with the knowledge about food sanitation, products for exterminating animal and insect carriers. The data were analyzed by descriptive statistics and paired sample t-test. The results showed that after attending the program, the experimental group was able to significantly improve the knowledge about food sanitation ($p<0.05$), decrease the animal and insect carrier population, and improve satisfaction of the products for exterminating animal and insect carriers to a high level (93.3%).

Keywords: Market Community, Animal and Insect Carriers, Food Sanitation

¹ Lecturer at the Faculty of Public Health, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, email: sukrit@vru.ac.th

² Students at the Bachelors in Public Health Program, Faculty of Public Health, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage

³ Students at the Bachelors in Public Health Program, Faculty of Public Health, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage

⁴ Students at the Bachelors in Public Health Program, Faculty of Public Health, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage

⁵ Students at the Bachelors in Public Health Program, Faculty of Public Health, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage

*Corresponding author, email: sukrit@vru.ac.th

บทนำ

ชุมชนตลาดประตุน้ำพระอินทร์ ตั้งอยู่ในเขตเทศบาลตำบลพระอินทราชา อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีตลาดประตุน้ำพระอินทร์ที่เป็นแหล่งการค้าขายที่สำคัญและมีการค้าขายมาอย่างยาวนาน มีลูกค้าที่เป็นกลุ่มเป้าหมายสำคัญ คือ ข้าราชการ บุคลากรทางการศึกษา คนในชุมชนในเขตพื้นที่และตำบลใกล้เคียง ตลอดจนพนักงานในนิคมอุตสาหกรรมหลายแห่ง เช่น นิคมอุตสาหกรรมนวนคร นิคมอุตสาหกรรมไฮเทค นิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน เป็นต้น ทำให้มีประชากรในพื้นที่ถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) ประชากรที่อาศัยอยู่ตามหลักฐานทะเบียนราษฎร มีจำนวน 7,326 คน และ 2) ประชากรแฝงที่เข้ามาอาศัยในเขตพื้นที่เทศบาลซึ่งส่วนใหญ่เป็นประชากรที่อยู่นิคมอุตสาหกรรม โดยจากการประมาณการมีมากกว่า 100,000 คน (เทศบาลตำบลพระอินทราชา, 2557) ทำให้ตลาดประตุน้ำพระอินทร์มีผู้คนเข้ามาซื้อสินค้าอุปโภคบริโภคเป็นจำนวนมาก เนื่องจากตลาดประตุน้ำพระอินทร์เป็นตลาดที่มีการอำนวยความสะดวกแก่ลูกค้าทั้งในด้านสถานที่และประเภทสินค้า คือ มีทำเลที่ตั้งอยู่ในแหล่งชุมชน ติดถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1 หรือถนนพหลโยธิน ซึ่งสามารถเดินทางได้สะดวกและใกล้กับย่านที่พักอาศัยและนิคมอุตสาหกรรมที่ตั้งโดยรอบ ตลอดจนเป็นตลาดในลักษณะร้านค้าปลีกแบบดั้งเดิม (Traditional trade) ที่จำหน่ายทั้งสินค้าสะดวกซื้อ (Convenience goods) หรือสินค้าของกินของใช้ที่จำเป็นในชีวิตประจำวัน เช่น ข้าวสาร อาหารสด อาหารแห้ง ผัก ผลไม้ ผงซักฟอก สบู่ เป็นต้น และสินค้าเปรียบเทียบซื้อ (Shopping goods) เช่น เครื่องใช้ไฟฟ้า โทรทัศน์ ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ เป็นต้น (จิรารัตน์ จันทวัชรกร และคณะ, 2561) (สุวิมล เลี้ยงเขวงวงศ์, 2560)

ตลาดประตุน้ำพระอินทร์จึงเป็นศูนย์กลางสินค้าอุปโภคบริโภคและเป็นศูนย์กลางของชุมชนในการซื้อขาย เป็นตลาดที่คนในชุมชนทั้งในเขตพื้นที่และตำบลใกล้เคียงมีปฏิสัมพันธ์กับตลาดมายาวนาน แต่อย่างไรก็ตามจากการศึกษานำร่องปัญหาสาธารณสุขในชุมชนตลาดประตุน้ำพระอินทร์ด้วยกระบวนการระบุปัญหาและจัดลำดับความสำคัญของปัญหาตามเกณฑ์ของภาควิชาการบริหารสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล (เดชาทำดี และคณะ, 2555) โดยการประชาคมในชุมชนตลาด ประชาชนที่เข้าร่วม จำนวน 100 คน พบว่า สัตว์และแมลงพาหะนำโรค เป็นปัญหาสำคัญ ผู้วิจัยจึงพัฒนาโปรแกรมการให้ความรู้เกี่ยวกับสุขาภิบาลอาหารและผลิตภัณฑ์กำจัดสัตว์และแมลงพาหะนำโรค (หนูและแมลงวัน) เพื่อสร้างเสริมความรู้เกี่ยวกับสุขาภิบาลอาหารและใช้ผลิตภัณฑ์กำจัดสัตว์และแมลงพาหะนำโรคในการลดความหนาแน่นของจำนวนหนูและแมลงวันในชุมชนตลาด จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เพื่อให้เกิดพฤติกรรมด้านสุขาภิบาลอาหารดีขึ้น ตลอดจนการใช้ผลิตภัณฑ์รีไซเคิลในการควบคุมกำจัดสัตว์และแมลงพาหะนำโรคที่มีความปลอดภัยต่อสุขภาพและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความรู้เกี่ยวกับสุขาภิบาลอาหาร ก่อนและหลังการทดลอง
- 2) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์กำจัดสัตว์และแมลงพาหะนำโรค
- 3) เพื่อศึกษาระดับความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์กำจัดสัตว์และแมลงพาหะนำโรค

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลองแบบชนิดเดียววัดก่อนและหลังการทดลอง (Quasi-experimental research, one group pretest-posttest design) ผู้วิจัยกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง จำนวนทั้งหมด 30 คน โดยคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจงตามเกณฑ์การคัดเลือก ได้แก่ 1) ประชาชนอายุ 20 ขึ้นไปที่มีอาชีพค้าขายสินค้า สะดวกซื้อ ประเภทข้าวสาร อาหารสด อาหารแห้ง ผัก ผลไม้ เป็นต้น 2) ประกอบอาชีพ ณ ตลาดประตูน้ำพระอินทร์ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และ 3) สมัครใจเข้าร่วมการศึกษาวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

โปรแกรมการกำจัดสัตว์และแมลงพาหะนำโรค มีรายละเอียดเกี่ยวกับการให้ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการจัดการและควบคุมขั้นตอนต่าง ๆ ในการผลิตอาหาร ตั้งแต่การเตรียมวัตถุดิบ การเก็บรักษา การจำหน่ายอาหารจนอาหารถึงมือผู้บริโภค เพื่อให้อาหารปลอดภัยและมีสุขลักษณะตามมาตรฐานและการกำจัดสัตว์และแมลงพาหะนำโรค ประกอบด้วย 2 กิจกรรม ได้แก่

กิจกรรมครั้งที่ 1 “รู้ทัน ป้องกันสัตว์และแมลงพาหะนำโรค” เพื่อให้ความรู้เกี่ยวกับสุขาภิบาลอาหาร กับกลุ่มตัวอย่างที่มีอาชีพค้าขายในตลาดประตูน้ำพระอินทร์ โดยการบรรยายให้ความรู้ด้วยการนำเสนอแบบ มัลติมีเดีย (PowerPoint presentations) และเอกสารประกอบการบรรยาย

กิจกรรมครั้งที่ 2 “ปลอดโรค ปลอดภัย ห่างไกลพาหะนำโรค ด้วยผลิตภัณฑ์ไรโซเคิล” เป็นกิจกรรมที่ใช้วัสดุอุปกรณ์เหลือใช้ที่มีมากในชุมชนตลาดประตูน้ำพระอินทร์ คือ ขวดน้ำพลาสติก มาใช้เป็นวัสดุอุปกรณ์ทำผลิตภัณฑ์กำจัดสัตว์และแมลงพาหะนำโรค

2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสอบถามที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลคุณลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ เพศ อายุ ประเภทสินค้าสะดวกซื้อ

ส่วนที่ 2 ความรู้เกี่ยวกับสุขาภิบาลอาหาร

เป็นข้อคำถามเชิงบวกเช่นอาหารที่ปรุงสำเร็จแล้วเก็บในภาชนะที่สะอาดมีการปกปิด วางสูงจากพื้นอย่างน้อย 60 เซนติเมตร เป็นต้นโดยข้อจำนวน 20 ข้อ ประเมิน 2 ครั้ง ครั้งแรกเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่างก่อนได้รับโปรแกรมการกำจัดสัตว์และแมลงพาหะนำโรค และเก็บข้อมูลหลังเสร็จสิ้นกิจกรรม แบบสอบถามใช้

ลักษณะการวัดแบบเลือกตอบ “ใช่” และ “ไม่ใช่” ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดไม่ได้คะแนน คะแนนอยู่ระหว่าง 0 - 20 การแบ่งระดับความรู้ใช้เกณฑ์การประเมินแบบอิงเกณฑ์ของ Bloom (1971)

ส่วนที่ 3 ความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์กำจัดสัตว์และแมลงพาหะนำโรค

เป็นข้อคำถามเชิงบวก จำนวน 70 ข้อ ประเมินหลังเสร็จสิ้นกิจกรรม แบบสอบถามใช้ลักษณะการวัดแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 3 ระดับ ตามแนวทางของ Likert (1932) แบ่งระดับความพึงพอใจตามแนวคิดของ Best (1977) ผู้วิจัยได้ดำเนินการรวมคะแนนรายข้อคำถามแล้วแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ น้อย ปานกลาง และมาก

การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือ

เครื่องมือสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลได้พัฒนาขึ้นจากการทบทวนวรรณกรรม และให้ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทาง 3 คน ได้แก่ ด้านสุศึกษาและส่งเสริมสุขภาพ ด้านสาธารณสุขชุมชน และด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม ตรวจสอบความตรงของเนื้อหา (Content validity) และความถูกต้องตามหลักวิชาการ นำข้อเสนอแนะมาแก้ไขปรับปรุง และนำไปทดลองใช้กับกลุ่มที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่าง (Try-out) ตรวจสอบความเที่ยงด้วยการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคพบว่า มีค่าความตรงตามเนื้อหาด้วยค่าความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย มากกว่า 0.5 ในทุกข้อ

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

- 1) วิเคราะห์ข้อมูลความรู้เกี่ยวกับสุขาภิบาลอาหาร และระดับความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์กำจัดสัตว์และแมลงพาหะนำโรค ด้วยสถิติเชิงพรรณนาและสถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ Paired sample t-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- 2) วิเคราะห์ความหนาแน่นของจำนวนหนูและแมลงวัน ก่อนและหลังการทดลอง ด้วยควอดแรนท์ (Quadrant)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลคุณลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า กลุ่มตัวอย่างเพศชาย จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 26.7 และเพศหญิง จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 73.3 โดยอายุเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง เท่ากับ 58.3 ปี เมื่อพิจารณาสินค้าสะดวกซื้อตามประเภท พบว่า เป็นสินค้าจำพวกข้าวสาร จำนวน 3 คน (ร้อยละ 10.0) อาหารสด จำนวน 11 คน (ร้อยละ 36.7) อาหารแห้ง จำนวน 7 คน (ร้อยละ 23.3) และประเภทผัก/ผลไม้ จำนวน 9 คน (ร้อยละ 30.0)

ผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยความรู้เกี่ยวกับสุขาภิบาลอาหาร พบว่า ภายหลังการทดลอง กลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยความรู้เกี่ยวกับสุขาภิบาลอาหารแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความรู้เกี่ยวกับสุขาภิบาลอาหาร ก่อนและหลังการทดลอง

ความรู้เกี่ยวกับสุขาภิบาลอาหาร	n	$\bar{x}$	SD	t	d	p-value
ก่อนการทดลอง	30	6.40	2.34	9.150	29	<0.001*
หลังการทดลอง	30	10.80	1.12			

*มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ผลการวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์กำจัดสัตว์และแมลงพาหะนำโรคพบว่า ภายหลังการทดลอง กลุ่มตัวอย่างมีระดับความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์กำจัดสัตว์และแมลงพาหะนำโรคอยู่ในระดับมาก (ร้อยละ 93.33) (ตารางที่ 2 และ 3)

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละของความพึงพอใจผลิตภัณฑ์กำจัดสัตว์และแมลงพาหะนำโรคจำแนกรายข้อ

ความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์	ระดับความพึงพอใจ			$\bar{x}\pm SD$
	จำนวน (ร้อยละ)			
	น้อย	ปานกลาง	มาก	
1. ผลิตภัณฑ์เหมาะสมต่อการใช้งาน	0(0.0)	4(13.3)	26(86.7)	2.86±0.345
2. ผลิตภัณฑ์มีความง่ายต่อการใช้งาน	0(0.0)	2(6.7)	28(93.3)	2.93±0.254
3. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์หาได้ในชุมชน	0 (0.0)	3(10.0)	27(90.0)	2.90±0.305
4. ใช้ทรัพยากรทำผลิตภัณฑ์อย่างคุ้มค่า ไม่ฟุ่มเฟือย	0(0.0)	3(10.0)	27(90.0)	2.90±0.305
5. ผลิตภัณฑ์ทำได้เองโดยไม่ก่อให้เกิดอันตราย	0(0.0)	5 (16.7)	25(83.3)	2.83±0.379
6. ผลิตภัณฑ์ลดปริมาณของสัตว์พาหะนำโรคได้	0(0.0)	8 (26.7)	22(73.3)	2.73±0.408
7. ผลิตภัณฑ์มีประโยชน์ในชุมชนตลาด	0(0.0)	3(10.0)	27(90.0)	2.90±0.305

ตารางที่ 3 ระดับความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์กำจัดสัตว์และแมลงพาหะนำโรค

ระดับความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์	n	ร้อยละ
น้อย	28	93.3
ปานกลาง	2	6.7
มาก	0	0.0

ผลการศึกษา ความหนาแน่นของจำนวนหนูและแมลงวันพบว่า ก่อนการทดลอง ความหนาแน่นของจำนวนแมลงวันมี 198 ตัว/ตารางเมตร และจำนวนร่องรอยของหนูมี 8 แห่ง ภายหลังการทดลอง พบว่า ความหนาแน่นของจำนวนแมลงวันมี 98 ตัว/ตารางเมตร และจำนวนร่องรอยของหนูมี 3 แห่ง (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ความหนาแน่นของจำนวนหนูและแมลงวัน ก่อนและหลังการทดลอง

ความหนาแน่นหนูและแมลงวัน	จำนวนแมลงวัน/พื้นที่	จำนวนร่องรอยของหนู
ก่อนการทดลอง	198 ตัว/ตารางเมตร	8 แห่ง
หลังการทดลอง	98 ตัว/ตารางเมตร	3 แห่ง

อภิปรายผลการวิจัย

โปรแกรมการกำจัดสัตว์และแมลงพาหะนำโรค ประกอบด้วยกิจกรรมการให้ความรู้เกี่ยวกับสุขาภิบาลอาหาร และการใช้ผลิตภัณฑ์กำจัดสัตว์และแมลงพาหะนำโรคจากวัสดุอุปกรณ์รีไซเคิล จากการดำเนินการศึกษาวิจัย พบว่า ภายหลังการทดลอง กลุ่มตัวอย่างมีความรู้เกี่ยวกับสุขาภิบาลอาหารเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้งนี้ ผู้วิจัยเห็นถึงความสำคัญของการให้ความรู้เกี่ยวกับสุขาภิบาลอาหารเป็นอันดับแรกของกิจกรรม เนื่องจากตามทฤษฎีการเรียนรู้ หรือ Bloom's taxonomy (Bloom, 1956) ในส่วนของการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive domain) ในระดับแรก คือระดับความรู้ความจำ (Remembering) ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดกิจกรรม “รู้ทัน ป้องกันสัตว์และพาหะนำโรค” เพื่อให้ความรู้เกี่ยวกับสุขาภิบาลอาหารเป็นกิจกรรมแรกของโปรแกรม เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างเกิดการจดจำความรู้เนื้อหาที่จำเป็นต่อการกำจัดสัตว์และแมลงพาหะนำโรค เพื่อการพัฒนาพฤติกรรมในขั้นต่อไป เช่นเดียวกับการศึกษาของ Wen-Hwa (2011) ที่ศึกษาวิจัยความรู้ ทักษะ และพฤติกรรมเกี่ยวกับสุขาภิบาลอาหารในกลุ่มผู้ประกอบการ ผลการศึกษา พบว่า ความรู้เกี่ยวกับสุขาภิบาลอาหารจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลแนวโน้มในทิศทางเชิงบวกต่อทัศนคติ และพฤติกรรมที่ดีต่อพฤติกรรมทางด้านสุขาภิบาลอาหาร เป็นไปตามทฤษฎีการเรียนรู้และแนวคิด Knowledge-Attitude-Practice model (KAP model) เช่นเดียวกับการศึกษาวิจัยของ Rosmawati et al. (2016) ที่พัฒนาโปรแกรมการให้ความรู้เกี่ยวกับ

สุขาภิบาลอาหารโดยใช้แนวคิด KAP model ผลการศึกษา พบว่า ภายหลังการทดลอง กลุ่มทดลองมีความรู้ดีขึ้นกว่าก่อนการทดลองและดีกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และจากการให้ความรู้เกี่ยวกับสุขาภิบาลอาหารนั้นส่งผลให้กลุ่มทดลองมีพฤติกรรมด้านสุขาภิบาลอาหารดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

เมื่อพิจารณาผลของโปรแกรมการจัดสัตว์และแมลงพาหะนำโรค ในส่วนของกิจกรรม “ปลอดโรค ปลอดภัย ห่างไกลพาหะนำโรค ด้วยผลิตภัณฑ์รีไซเคิล” ที่มุ่งเน้นการใช้วัสดุที่เหลือใช้ที่มีอยู่ในชนตลาด คือ ขวดพลาสติกมาใช้เป็นวัสดุอุปกรณ์ทำผลิตภัณฑ์กำจัดสัตว์และแมลงพาหะนำโรค ซึ่งไม่เพียง พบว่า ผลิตภัณฑ์รีไซเคิลดังกล่าวจะช่วยดักจับกำจัดและลดปริมาณจำนวนหนูและแมลงวันพาหะนำโรคเท่านั้น แต่ยังช่วยลดการใช้ถาดกาวดักหนูสำเร็จรูปที่มีส่วนผสมของสารเคมีที่อาจก่อมลพิษในสิ่งแวดล้อมและกลิ่นเหม็นจากซากหนูและสัตว์อื่น ๆ ที่ติดในถาดกาวดัก เป็นแหล่งรังโรคสำคัญที่จะส่งผลจำนวนของแมลงวันเพิ่มขึ้นในชุมชนตลาด ซึ่งได้แก่ แมลงวันบ้าน จำพวก *Musca domestica* หรือชื่อสามัญ Common house fly ซึ่งแมลงวันประเภทนี้มีจำนวนมากถึงร้อยละ 80 ของแมลงวันที่พบมากในประเทศเขตร้อน (กรมอนามัย, 2563) และมีพฤติกรรมไต่ตอมสิ่งสกปรก ขยะปฏิกูลเน่าเสียเอื้อต่อการนำโรคมาสู่คนผ่านการรับประทานอาหารที่แมลงวันตอมเช่น โรคระบบทางเดินอาหาร ท้องร่วงรุนแรง ไทฟอยด์ อหิวาตกโรค อาหารเป็นพิษ (อภิวัฏ ธวัชสิน, 2554) รวมถึงโรคที่เกิดจากหนูที่เป็นพาหะนำโรค เช่น โรคบิด โรคฉี่หนู เป็นต้น จากการศึกษาผลของโปรแกรมการจัดสัตว์และแมลงพาหะนำโรคในชุมชนตลาด นอกจากการเพิ่มขึ้นของความรู้เกี่ยวกับสุขาภิบาลอาหารและจำนวนปริมาณของสัตว์และแมลงพาหะนำโรคที่ลดลงยังแสดงถึงความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์กำจัดสัตว์และแมลงพาหะนำโรคของกลุ่มตัวอย่างในระดับมาก ทั้งนี้ ไม่เพียงลดปริมาณสัตว์และแมลงพาหะนำโรค แต่ยังลดจำนวนขวดพลาสติกในชุมชนตลาดเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตาม การกำจัดหนูอาจทำได้โดยวิธีอื่น เช่น การปรับปรุงสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อมโดยการจัดการขยะมูลฝอย การปรับปรุงอาคารสถานที่ ร้านอาหารให้มีความสะอาดตลอดจนการใช้สิ่งมีชีวิตในธรรมชาติควบคุม (ชีววิธี) หรือ การใช้สัตว์เลี้ยง (สุนัข แมว) ในการควบคุมจำนวนปริมาณหนู เช่นเดียวกับการวิจัยของ ภานุกิจ กันหาจันทร์ และคณะ (2561) ที่ใช้วัสดุอื่นที่เป็นวัสดุจากธรรมชาติทดแทน กล่าวคือการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากโหระพาที่ระดับความเข้มข้น ร้อยละ 15 และประยุกต์ใช้ในการกำจัดแมลงวันพาหะนำโรคเช่นเดียวกับงานวิจัยนี้ที่ศึกษาผลของโปรแกรมการจัดหนูและแมลงวันในชุมชนตลาด จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ที่ผู้วิจัยได้นำผลิตภัณฑ์รีไซเคิลใช้ในการควบคุมกำจัดสัตว์และแมลงพาหะนำโรค และยังมีความปลอดภัยต่อสุขภาพมนุษย์และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

สรุปผลการวิจัย

โปรแกรมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วยกิจกรรมการให้ความรู้เกี่ยวกับสุขาภิบาลอาหารในเรื่องของการป้องกันสัตว์และแมลงพาหะนำโรคในกลุ่มตัวอย่างที่มีอาชีพค้าขายในตลาดประตูน้ำพระอินทร์ โดยกลวิธีการบรรยายด้วยการนำเสนอแบบมัลติมีเดีย และเอกสารประกอบการบรรยาย ตลอดจนกิจกรรมที่ใช้วัสดุอุปกรณ์เหลือใช้ในชุมชนตลาดประตูน้ำพระอินทร์ หรือขวดน้ำพลาสติก มาใช้เป็นวัสดุอุปกรณ์ทำผลิตภัณฑ์กำจัดสัตว์และแมลงพาหะนำโรคช่วยให้กลุ่มตัวอย่างมีความรู้เกี่ยวกับสุขาภิบาลอาหารและสามารถนำความรู้ที่ได้รับจากการวิจัยนี้ไปใช้ในการป้องกัน หรือกำจัดสัตว์และแมลงพาหะนำโรค (หนูและแมลงวัน) ด้วยองค์ความรู้และผลิตภัณฑ์กำจัดสัตว์และแมลงพาหะนำโรคเกิดพฤติกรรมด้านสุขาภิบาลอาหารดีขึ้น ตลอดจนการใช้ผลิตภัณฑ์รีไซเคิลในการควบคุมกำจัดสัตว์และแมลงพาหะนำโรคที่มีความปลอดภัยต่อสุขภาพและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการยกระดับการศึกษาวิจัยผลของโปรแกรมการกำจัดสัตว์และแมลงพาหะนำโรค คือ

1. พัฒนารูปแบบการจัดกิจกรรมการให้ความรู้เกี่ยวกับสุขาภิบาลอาหารโดยใช้กลวิธีทางสุขศึกษาอื่นๆ นอกเหนือจากการบรรยายเพียงอย่างเดียว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกิจกรรมการให้ความรู้
2. วิเคราะห์ปัจจัยสาเหตุของพฤติกรรมที่ทำให้เกิดปัญหาสัตว์และแมลงพาหะนำโรคในชุมชนตลาดและพัฒนาโปรแกรมให้เป็นไปตามโครงสร้างของทฤษฎีพฤติกรรมศาสตร์ระดับกลุ่ม/ชุมชน เพื่อให้เกิดประสิทธิผลที่เพิ่มมากขึ้น
3. พัฒนาผลิตภัณฑ์กำจัดสัตว์และแมลงพาหะนำโรคจากวัสดุอุปกรณ์ที่มีอยู่ในชุมชน ให้มีความเหมาะสม สอดคล้องกับบริบทชุมชนตลาดในแต่ละพื้นที่

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอพระคุณนายกเทศมนตรีตำบลพระอินทราชา และคุณลลิตา ปาลี ผู้อำนวยการกองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม และคุณสุปราณี เปรมปรีดา ที่ชี้แนะข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษา ตลอดจนประชาชนที่เสียสละเวลาในการเข้าร่วมวิจัยและให้ข้อมูลที่มีค่าต่อการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

กรมอนามัย. (2563). การควบคุมพาหะนำโรคแมลงวัน. สืบค้นจาก http://env.anamai.moph.go.th/ewtadmin/ewt/env/ewt_dl_link.php?nid=939.

- จิรารัตน์ จันทวีชรากร, อติลลํ พงศ์ยี่หลํ, และมนตรี วีรยางกูร. (2561). ความสัมพันธ์ระหว่างภาพลักษณ์ของร้านค้าปลีกสินค้าอุปโภคบริโภคขนาดเล็กกับพฤติกรรมการซื้อสินค้าของผู้บริโภค: การศึกษาเปรียบเทียบร้านค้าปลีกดั้งเดิมกับร้านค้าปลีกสมัยใหม่ในประเทศไทย. *วารสารปัญญาวิวัฒน์*, 10 (3), 42-60.
- เดชา ทําคี, และวิลาวัลย์ เตือนราษฎร์. (2555). การวินิจฉัยชุมชนและการจัดลำดับความสำคัญของปัญหา. เชียงใหม่: ครองช่างพริ้นท์ตั้งจํากัด.
- เทศบาลดําลพระอินทราชา. (2557). ข้อมูลสภาพทั่วไป. สืบค้นจาก <http://praintaracha.go.th/public/location/data/index/menu/24>.
- ภานุกิจ กันหาจันทร, และคณะ. (2561). ประสิทธิภาพในการไล่แมลงวันบ้าน (*Musca domestic*) ของนํ้ามันหอมระเหย 8 ชนิด. *วารสารวิชาการสาธารณสุข*, 27 (2), 364–375.
- สุวิมล เลียงเชวงวงศ์. (2560). การศึกษาพฤติกรรมการเลือกซื้อสินค้าอุปโภคบริโภคของผู้บริโภคชาว สปป. ลาว ในนิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร จังหวัดชลบุรี. วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- อภิวิฏ วัชชิน. (2554). ปัญหา "แมลงวัน-แมลงสาบ" หลังนํ้าลด. สืบค้นจาก <http://nih.dmsc.moph.go.th/login/showimgdetil.php?id=103>.
- Best, J. W. (1977). *Research in Education* (3rd ed), New Jersey: Prentice-Hall.
- Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives, Handbook The Cognitive Domain*, New York: David McKay.
- Bloom, B. S. (1971). *Hand Book on Formative and Summative Evaluation of Student Learning*, New York: Graw-Hill Book Company.
- Likert, R. A. (1932). Technique for the Measurement of Attitudes. *Arch Psychological*, 25 (140), 1–55.
- Rosmawati, N. K., et al. (2016). Effect of food safety training on food handlers' knowledge and practices. *British Food Journal*, 118(4), 795-808.
- Wen-Hwa, K. (2011). Food Sanitation Knowledge, Attitude, and Behavior for the University Restaurants Employees. *Food and Nutrition Sciences*, 2(07).

การพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันโดยใช้เทคนิคอิงกฎสำหรับแนะนำการกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาต

เกวาลิน แก้วมณี¹ รุ่ง หมูล้อม² กฤตพร พืชระสุภา^{3*}

Received : September 7, 2020

Revised : December 17, 2020

Accepted : December 25, 2020

บทคัดย่อ

การกายภาพบำบัดที่ถูกวิธีช่วยในการฟื้นฟูร่างกายของผู้ป่วยและป้องกันอาการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้นในช่วงเวลาของการกายภาพบำบัดได้ เพื่อความสะดวกในการเข้าถึงวิธีการกายภาพบำบัดที่ถูกต้องและการขอคำปรึกษาจากนักกายภาพบำบัด ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันโดยใช้เทคนิคอิงกฎสำหรับแนะนำการกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาต ระบบนี้จะให้คำแนะนำสำหรับการกายภาพบำบัดที่เหมาะสมกับสภาพร่างกายของผู้ป่วยด้วยกฎการแนะนำการกายภาพบำบัดสำหรับผู้ป่วยอัมพาต จำนวน 7 กฎ ซึ่งประกอบด้วย 2 คุณลักษณะ ได้แก่ 1) คะแนนรวมที่ได้จากดัชนีบาร์เธลเอดีแอล และ 2) ประเภทของอัมพาต นอกจากนี้ระบบยังสามารถบันทึกประวัติการกายภาพบำบัดของผู้ป่วยเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการดูแลผู้ป่วย และสถิติการกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาต จำนวน 15 ท่า และทำนอนสำหรับผู้ป่วยอัมพาต จำนวน 3 ท่า ในรูปแบบวีดิทัศน์ วัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบด้วยแบบประเมิน โดยแบ่งการประเมินออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 นักกายภาพบำบัด จำนวน 2 คน ประเมินด้วยแบบประเมินความถูกต้องและเหมาะสมของเนื้อหาในระบบ มีผลการประเมินโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.13, S.D. = 0.33) และ กลุ่มที่ 2 ผู้ดูแลผู้ป่วยอัมพาต จำนวน 20 คน ประเมินด้วยแบบประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบ มีผลการประเมินโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.33, S.D. = 0.62)

คำสำคัญ: การกายภาพบำบัด เทคนิคอิงกฎ ผู้ป่วยอัมพาต โมบายแอปพลิเคชัน

¹ นักศึกษา หลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดตาก อีเมล: gewalin_ka58@live.rmutl.ac.th

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ หลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดตาก อีเมล: rung_c@hotmail.com

³ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ หลักสูตรระบบสารสนเทศทางธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดตาก อีเมล: phucharasupa@hotmail.com

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: phucharasupa@hotmail.com

DEVELOPMENT OF A MOBILE APPLICATION BY USING A RULE-BASED TECHNIQUE FOR RECOMMENDING PARALYZED-PATIENT PHYSIOTHERAPY

Gewalin Kaewmanee¹ Rung Mulom² Kittaporn Phucharasupa^{3*}

Abstract

The correct physiotherapy helps to rehabilitate the patient's body and prevent injuries that may occur during physiotherapy's time. In order to access facilely to the correct physiotherapy methods and physiotherapist's guidance, this research aimed to develop of a mobile application by using a rule-based technique for recommending paralyzed-patient physiotherapy. This system provided appropriate physiotherapy recommendations for the patients with seven rules for recommending physiotherapy for paralyzed patients. These rules consisted of two attributes: 1) the obtained total score of Barthel ADL index and 2) the type of paralysis. In addition, the system also recorded the patient's physiotherapy history for following the paralyzed patient's treatment and demonstrated fifteen physiotherapy postures and three sleeping postures for paralyzed patients in a video format. The system performance was assessed by two assessor groups. The first assessor group included two physiotherapists, who evaluated the system performance by using an assessment form of accuracy and appropriateness of contents in the system, with the overall evaluation at a high level ($\bar{X}$ = 4.13, S.D. = 0.33). The second assessor group included twenty caregivers of paralyzed patients, who evaluated the system performance by using a satisfaction assessment form for utilizing the system, with the overall evaluation at a high level $\bar{X}$ = 4.33, S.D. = 0.62).

Keywords: Physiotherapy, Rule-based technique, Paralyzed patients, Mobile application

¹ Student of Information Technology, Faculty of Sciences and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, e-mail: gewalin_ka58@live.mutl.ac.th

² Assistant Professor, Information Technology, Faculty of Sciences and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, e-mail: rung_c@hotmail.com

³ Assistant Professor, Business Information System, Faculty of Business Administration and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Lanna, e-mail: phucharasupa@hotmail.com

* Corresponding author, e-mail: phucharasupa@hotmail.com

บทนำ

อัมพาต (Paralysis) หรือโรคหลอดเลือดสมอง (Stroke) (สุรเกียรติ์ อาชานานุภาพ, 2553) หมายถึง อาการอ่อนแรงของแขน ขา หรืออวัยวะภายนอกอื่น ๆ เช่น ใบหน้า ตา ปาก ทำให้ร่างกายส่วนนั้นเคลื่อนไหวไม่ได้หรือน้อยกว่าปกติ อาจมีอาการชาร่วมด้วย อัมพาตแบ่งเป็น 3 ประเภท ตามตำแหน่งที่เกิดอาการ ได้แก่ 1) อัมพาตครึ่งล่าง (Paraplegia) มีอาการอ่อนแรงหรือขยับเขยื้อนไม่ได้ในส่วนขาทั้งสองข้าง 2) อัมพาตครึ่งซีก (Hemiplegia) มีอาการอ่อนแรงหรือขยับเขยื้อนไม่ได้เพียงแขนและขาซีกใดซีกหนึ่ง และ 3) อัมพาตหมดทั้งแขน ขา (Quadriplegia) มีอาการอ่อนแรงหรือขยับเขยื้อนไม่ได้ในส่วนแขนและขาทั้งสองซีก โดยมีโรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน ภาวะโรคหัวใจ ไขมันในเลือดสูง สูบบุหรี่ ดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ เป็นปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญในการเกิดโรค และสามารถเกิดขึ้นได้กับคนทุกเพศและทุกวัย (กรมควบคุมโรค สำนักสารนิเทศ สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข, 2562) ในปี พ.ศ. 2562 องค์การอัมพาตโลก (World Stroke Organization) (World Stroke Organization, 2019) รายงานว่า โรคหลอดเลือดสมองเป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับ 2 ของผู้สูงอายุ และอันดับ 5 ในคนอายุ 15-59 ปี ยังพบว่า ประชากรทุก 4 คน จะป่วยด้วยโรคหลอดเลือดสมอง 1 คน ปัจจุบันโรคหลอดเลือดสมองจึงเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญระดับโลก สำหรับประเทศไทยจากรายงานข้อมูลย้อนหลัง 5 ปี ของกองยุทธศาสตร์และแผนงาน กระทรวงสาธารณสุข (กรมควบคุมโรค สำนักสารนิเทศ สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข, 2562) พบว่า จำนวนผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556-2560 มีแนวโน้มสูงขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2559 พบผู้ป่วย 293,463 คน ในปี พ.ศ. 2560 พบผู้ป่วย 304,807 คน และมีจำนวนผู้เสียชีวิตจากโรคนี้ถึงปีละประมาณ 30,000 คน สถานการณ์เหล่านี้แสดงให้เห็นว่าโรคหลอดเลือดสมองเป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับ 1 ของประเทศไทย (กรมควบคุมโรค สำนักสารนิเทศ สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข, 2562; กลุ่มพัฒนานโยบายสาธารณะและสื่อสารความเสี่ยง กองโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค, 2562) และสำหรับจังหวัดตากก็พบการเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดสมองที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 113 คน ในปี พ.ศ. 2558 เป็น 150 คน ในปี พ.ศ. 2561 โรคหลอดเลือดสมองจึงเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญของจังหวัดตากด้วยเช่นกัน (สำนักงานประชาสัมพันธ์จังหวัดตาก, 2562)

ดังนั้น จำนวนผู้ป่วยอัมพาตจึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น การดูแลผู้ป่วยอัมพาตที่มีอาการอ่อนแรงของแขนขาโดยการทากายภาพบำบัดนั้นเป็นสิ่งจำเป็นที่ช่วยในการฟื้นฟูร่างกายและลดภาวะแทรกซ้อนต่าง ๆ อาทิ กล้ามเนื้อฝ่อหรือเกร็งตัว ข้อยึดติด แผลกดทับและการติดเชื้อที่ผิวหนัง เป็นต้น เพื่อให้ผู้ป่วยมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น การนำผู้ป่วยมารับบริการกายภาพบำบัดอย่างสม่ำเสมอ ณ สถานพยาบาลกับนักกายภาพบำบัดจะช่วยส่งเสริมให้ร่างกายของผู้ป่วยฟื้นฟูได้ดี แต่สำหรับผู้ป่วยบางรายการมารับบริการที่สถานพยาบาลนั้นอาจประสบอุปสรรคหลายประการ เริ่มจากการจัดหาผู้ดูแลผู้ป่วย การขนย้ายผู้ป่วย ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง และเวลาที่ต้องเสียไปกับการเข้ารับบริการ เนื่องจากปัจจุบันระบบบริการสุขภาพของประเทศไทยมีนักกายภาพบำบัดไม่เพียงพอ (กานดา ชัยภิญโญ และสมใจ ลือวิเศษไพบูลย์, 2558) จากการฉายผลการวิเคราะห์อัตราค่าจ้างตามสายงานวิชาชีพของสภากายภาพบำบัดในปี พ.ศ. 2558 พบสัดส่วนของนักกายภาพบำบัดที่มีต่อจำนวนนักกายภาพบำบัดที่ควรมีเพียงร้อยละ 40.96 ซึ่งส่งผลให้นักกายภาพบำบัดมีพื้นที่รับผิดชอบให้บริการต่อคนที่กว้างเกินไป จึงเป็นเหตุให้บริการกายภาพบำบัดได้ไม่ทั่วถึง (นิสาศรี เสริมพล และคณะ, 2559) และเพื่อตอบสนองแผนยุทธศาสตร์การป้องกันและควบคุมโรคไม่ติดต่อระดับชาติ 5 ปี พ.ศ. 2560-2564 (กลุ่มยุทธศาสตร์และแผนงาน สำนักโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข, 2560) ภายใต้ยุทธศาสตร์ที่ 5 การปฏิรูปการจัดบริการเพื่อลดเสี่ยงและควบคุมโรค ให้สอดคล้องกับสถานการณ์โรคและบริบทพื้นที่ ซึ่งต้องการให้ผู้ป่วยควบคุมภาวะเจ็บป่วยได้ดี ชะลอการเกิดภาวะแทรกซ้อนได้อย่างทั่วถึง ด้วยการปฏิรูปกระบวนการจัดบริการ

สุขภาพให้แก่ผู้ป่วยเรื้อรังในสถานพยาบาลให้มีประสิทธิภาพ และสนับสนุนการจัดการตนเองของผู้ป่วย โดยใช้ระบบข้อมูลเพื่อการดูแลผู้ป่วยที่ต่อเนื่องและเชื่อมต่อระหว่างหน่วยบริการสุขภาพ

งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาโมบายแอปพลิเคชันสำหรับแนะนำการกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาต โดยใช้เทคนิคอิงกฎในการสร้างกฎการแนะนำการกายภาพบำบัดสำหรับผู้ป่วยอัมพาต มีทั้งหมด 7 กฎ เพื่ออำนวยความสะดวกในการเข้าถึงข้อมูลการกายภาพบำบัดที่ถูกต้องและการขอคำปรึกษาจากนักกายภาพบำบัด ซึ่งจะช่วยให้ผู้ป่วยมีสุขภาพที่ดีและลดการเกิดอาการบาดเจ็บในขณะกายภาพบำบัด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันโดยใช้เทคนิคอิงกฎสำหรับแนะนำการกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาต
2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพโมบายแอปพลิเคชันโดยใช้เทคนิคอิงกฎสำหรับแนะนำการกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาต

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันโดยใช้เทคนิคอิงกฎสำหรับแนะนำการกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาต โดยใช้กลุ่มงานเวชกรรมฟื้นฟู โรงพยาบาลสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราชเป็นกรณีศึกษา มีการดำเนินงาน 4 กระบวนการหลัก ดังนี้

1. สร้างกฎการแนะนำการกายภาพบำบัดสำหรับผู้ป่วยอัมพาต

การแนะนำการกายภาพบำบัดสำหรับผู้ป่วยอัมพาต งานวิจัยนี้ใช้เทคนิคอิงกฎ (โกเมต อัมพวัน, 2559) ซึ่งเป็นโมเดลที่ประกอบด้วยเซตของกฎ “IF-THEN” ที่มีในรูปแบบ “IF condition THEN conclusion” โดยที่ในส่วนเงื่อนไขของกฎ (Condition) จะเชื่อมโยงคุณลักษณะ (Attribute) ต่าง ๆ เข้าด้วยกันด้วยเครื่องหมาย “AND” และในส่วนสรุป (Conclusion) จะเป็นหมวดหมู่ของข้อมูล (Class) หรือผลลัพธ์ที่เป็นไปตามส่วนเงื่อนไขของกฎ

ดัชนีบาร์เธลเอดีแอล (Barthel ADL Index) (สุจิตรา มหาสุข, 2557) คิดค้นโดยบาร์เธลและมาโฮนี (Barthel & Mahoney) นิยมใช้ในการประเมินความสามารถของการปฏิบัติกิจวัตรประจำวันของผู้ป่วยสามารถทำได้ ซึ่ง สุจิตรา มหาสุข (2557) นำดัชนีบาร์เธลเอดีแอลมาช่วยประเมินการฟื้นฟูสมรรถภาพมือและแขนของผู้สูงอายุโรคหลอดเลือดสมอง โดยประเมินว่าผู้ป่วยต้องการความช่วยเหลือมากน้อยเพียงใด มีทั้งหมด 10 กิจกรรม ได้แก่ การรับประทานอาหาร (Feeding) การลุกจากที่นอนหรือเตียงไปยังเก้าอี้ (Transfers) การทำความสะอาดใบหน้า (Grooming) การเข้าใช้ห้องสุขา (Toilet use) การอาบน้ำ (Bathing) การเคลื่อนที่ภายในห้องหรือบ้าน (Mobility) การขึ้นลงบันได 1 ชั้น (Stairs) การสวมใส่เสื้อผ้า (Dressing) การกลั้นอุจจาระ (Bowels) และการกลั้นปัสสาวะ (Bladder) โดยมีคะแนนรวมต่ำสุด คือ 0 และสูงสุด คือ 20 นอกจากนี้ ยังมีงานวิจัยอื่น ๆ ที่ได้นำดัชนีบาร์เธลเอดีแอลมาใช้งาน อาทิ อาคม รัฐวงษา (2561) ใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินสุขภาพผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองรายใหม่ต่อเนื่องที่บ้าน และ ไพรัช มโนสารโสภณ (2563) ใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินความสามารถของผู้สูงอายุติดบ้าน เป็นต้น

สำหรับงานวิจัยนี้ นำคะแนนรวมที่ได้จากดัชนีบาร์เธลเอดีแอล มาใช้เป็นคุณลักษณะในการสร้างส่วนเงื่อนไขของกฎ นอกจากนี้ การทราบประเภทของอัมพาตก็จะช่วยให้ทราบถึงวิธีการกายภาพบำบัดด้วยเช่นกัน ดังนั้น กฎการแนะนำการกายภาพบำบัดสำหรับผู้ป่วยอัมพาตอย่างง่าย จึงประกอบด้วย 2 คุณลักษณะที่สำคัญ ได้แก่

- 1) คะแนนรวมที่ได้จากดัชนีบาร์เธลเอดีแอล แบ่งออกเป็นช่วงคะแนน ได้ดังนี้
 - ช่วง 0-4 คะแนน หมายถึง ผู้ป่วยพึ่งตนเองไม่ได้หรือช่วยเหลือตนเองไม่ได้
 - ช่วง 5-11 คะแนน หมายถึง ผู้ป่วยดูแลตนเองหรือช่วยเหลือตนเองได้บ้าง
 - ช่วง 12-20 คะแนน หมายถึง ผู้ป่วยช่วยเหลือตนเองได้ดี

2) ประเภทของอัมพาต สามารถแบ่งตามตำแหน่งที่เกิดอาการได้ 3 ประเภท (สุรเกียรติ์ อานานภาพ, 2553) ได้แก่ อัมพาตครึ่งล่าง (Paraplegia) หรืออัมพาตครึ่งท่อน มีอาการอ่อนแรงหรือขยับเขยื้อนไม่ได้ในส่วนขาทั้งสองข้าง อัมพาตครึ่งซีก (Hemiplegia) มีอาการอ่อนแรงหรือขยับเขยื้อนไม่ได้เพียงแขนและขาซีกใดซีกหนึ่ง และอัมพาตหมดทั้งแขนขา (Quadriplegia) หรืออัมพาตทั้งตัว มีอาการอ่อนแรงหรือขยับเขยื้อนไม่ได้ในส่วนของแขนและขาทั้งสองซีก

จากนั้นนำคุณลักษณะทั้งสองมาสร้างเป็นกฎการแนะนำการกายภาพบำบัดสำหรับผู้ป่วยอัมพาต ในรูป “IF-THEN” ได้ทั้งหมด 7 กฎ ดังแสดงในตารางที่ 1 และตัวอย่างผลลัพธ์ของแต่ละกฎซึ่งก็คือคำแนะนำสำหรับการกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาตแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 กฎการแนะนำการกายภาพบำบัดสำหรับผู้ป่วยอัมพาต

กฎ	รายละเอียดของกฎ
R ₁	IF (ประเภทอัมพาต=อัมพาตครึ่งซีก) AND (0≤Barthel ADL Index≤4) THEN คำแนะนำ C ₁
R ₂	IF (ประเภทอัมพาต=อัมพาตครึ่งซีก) AND (5≤Barthel ADL Index≤11) THEN คำแนะนำ C ₂
R ₃	IF (ประเภทอัมพาต=อัมพาตครึ่งซีก) AND (12≤Barthel ADL Index≤20) THEN คำแนะนำ C ₃
R ₄	IF (ประเภทอัมพาต=อัมพาตครึ่งท่อน) AND (0≤Barthel ADL Index≤4) THEN คำแนะนำ C ₄
R ₅	IF (ประเภทอัมพาต=อัมพาตครึ่งท่อน) AND (5≤Barthel ADL Index≤11) THEN คำแนะนำ C ₅
R ₆	IF (ประเภทอัมพาต=อัมพาตครึ่งท่อน) AND (12≤Barthel ADL Index≤20) THEN คำแนะนำ C ₆
R ₇	IF (ประเภทอัมพาต=อัมพาตครึ่งทั้งตัว) AND (0≤Barthel ADL Index≤4) THEN คำแนะนำ C ₇

ตารางที่ 2 ตัวอย่างคำแนะนำสำหรับการกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาต

ผลลัพธ์	คำแนะนำสำหรับการกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาต
C ₁	- ผู้ป่วยในกลุ่มนี้ ร่างกายซีกที่เป็นอัมพาตจะอ่อนแรง และซีกที่ไม่ได้เป็นอัมพาตอาจพอมิแรงแต่ควบคุมไม่ได้ ดังนั้น ผู้ดูแลจึงต้องช่วยในการกายภาพบำบัดทั้งสองซีกของร่างกาย ได้แก่ ท่ายกแขน ท่ากางแขน ท่าออกศอก ท่ากระดกข้อมือ ท่าขยับนิ้วมือ ท่ายกขาขึ้น ท่ากางขา ท่าออกขา ท่าออกก้านกายข้อเท้า และท่าบิดสะโพก - ควรกายภาพบำบัดในแต่ละท่าให้ได้อย่างน้อย 1 เซต (1 เซต เท่ากับ 20-30 ครั้ง) หรือใช้เวลาในการกายภาพบำบัดอย่างน้อย 45 นาทีต่อรอบเวลา และให้ได้อย่างน้อยวันละ 2 รอบเวลา ได้แก่ เวลาเช้าและเวลาเย็น ไม่ควรทำการกายภาพบำบัดหลังอาหารภายใน 1 ชั่วโมง

ตารางที่ 2 ตัวอย่างคำแนะนำสำหรับการกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาต (ต่อ)

ผลลัพธ์	คำแนะนำสำหรับการกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาต
	- ควรลดอาการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อก่อนการเคลื่อนไหวข้อต่อต่าง ๆ เพื่อป้องกันอาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ เอ็น และเนื้อเยื่อ โดยการยืดกล้ามเนื้อบริเวณสะบัก ไหล่ ข้อมือ นิ้วมือ สะโพก ด้านนอกและด้านหลัง และกล้ามเนื้อน่อง โดยเริ่มยืดในจุดที่เราารู้สึกว่ากล้ามเนื้อมีแรงต้าน ค้างไว้ 5-10 นาที ถ้าความตึงตัวลดลงแล้ว จึงขยับต่อไปเรื่อย ๆ ค้างไว้จุดละ 10 วินาที ทำซ้ำ ๆ ค้างไว้รวมประมาณ 30 วินาที จนถึง 2 นาที - ควรพูดคุยและให้กำลังใจแก่ผู้ป่วยอย่างสม่ำเสมอ
	ข้อควรระวัง (สุจิตรา บุญหยง, 2555) - ไม่ให้ผู้ป่วยใช้ความพยายามในการเคลื่อนไหวเกินกำลังกล้ามเนื้อของตนเอง เพราะจะทำให้เกิดอาการเกร็งกล้ามเนื้อมากขึ้น - การจับแขนผู้ป่วยเพื่อช่วยในการเคลื่อนไหวต้องระวังอย่าดึงกระดูกข้อไหล่ เพราะจะทำให้เกิดอาการบาดเจ็บที่ข้อไหล่ได้ เนื่องจากกล้ามเนื้อสะบักและไหล่อ่อนแรง - การยกแขนขึ้นสูงกว่าระดับไหล่ ต้องจัดทำให้แขนข้างที่อ่อนแรงอยู่ในท่าศอกเหยียดตรง นิ้วหัวแม่มือชี้ขึ้นเพดาน (หงายมือ)
C ₂	- ผู้ป่วยในกลุ่มนี้ ร่างกายซีกที่เป็นอัมพาตจะอ่อนแรง และซีกที่ไม่ได้เป็นอัมพาตอาจพอมิแรงและควบคุมได้บ้าง อย่างไรก็ตามผู้ดูแลควรต้องช่วยในการกายภาพบำบัดทั้งสองซีกของร่างกายได้แก่ ท่ายกแขน ท่ากางแขน ท่าอศอก ท่ากระดูกข้อมือ ท่าขยับนิ้วมือ ท่ายกขาขึ้น ท่ากางขา ท่าองขา ท่าออกกำลังกายข้อเท้า และท่าบิดสะโพก แต่ถ้าในซีกที่ไม่ได้เป็นอัมพาตผู้ป่วยพอมิแรงในระยะแรก เราจะพยายามให้ผู้ป่วยกายภาพบำบัดในท่าที่ผู้ป่วยทำเองได้ ได้แก่ ท่ายกแขน (ผู้ป่วยทำเอง) ท่าอศอก (ผู้ป่วยทำเอง) ท่ากระดูกข้อมือ (ผู้ป่วยทำเอง) ท่ายกกันแบบที่ 1 (ผู้ป่วยทำเอง) และท่ายกกันแบบที่ 2 (ผู้ป่วยทำเอง) - ควรกายภาพบำบัดในแต่ละท่าให้ได้อย่างน้อย 1 เซต (1 เซต เท่ากับ 20-30 ครั้ง) หรือใช้เวลาในการกายภาพบำบัดอย่างน้อย 45 นาทีต่อรอบเวลา และให้ได้อย่างน้อยวันละ 2 รอบเวลา ได้แก่ เวลาเช้าและเวลาเย็น ไม่ควรทำการกายภาพบำบัดหลังอาหารภายใน 1 ชั่วโมง - ควรลดอาการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อก่อนการเคลื่อนไหวข้อต่อต่าง ๆ เพื่อป้องกันอาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ เอ็น และเนื้อเยื่อ โดยการยืดกล้ามเนื้อบริเวณสะบัก ไหล่ ข้อมือ นิ้วมือ สะโพก ด้านนอกและด้านหลัง และกล้ามเนื้อน่อง โดยเริ่มยืดในจุดที่เราารู้สึกว่ากล้ามเนื้อมีแรงต้าน ค้างไว้ 5-10 นาที ถ้าความตึงตัวลดลงแล้ว จึงขยับต่อไปเรื่อย ๆ ค้างไว้จุดละ 10 วินาที ทำซ้ำ ๆ ค้างไว้รวมประมาณ 30 วินาที จนถึง 2 นาที - ควรส่งเสริมให้ผู้ป่วยทำกิจกรรมในชีวิตประจำวันด้วยตนเองที่บ้านให้มากที่สุด โดยได้รับความช่วยเหลือและกำลังใจจากญาติ

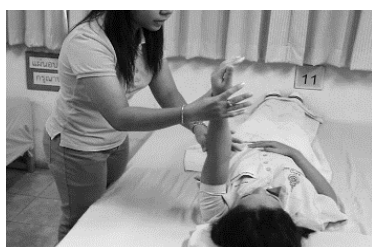
ตารางที่ 2 ตัวอย่างคำแนะนำสำหรับการกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาต (ต่อ)

ผลลัพธ์	คำแนะนำสำหรับการกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาต
	ข้อควรระวัง - ไม่ให้ผู้ป่วยใช้ความพยายามในการเคลื่อนไหวเกินกำลังกล้ามเนื้อของตนเอง เพราะจะทำให้เกิดอาการเกร็งกล้ามเนื้อมากขึ้น - การจับแขนผู้ป่วยเพื่อช่วยในการเคลื่อนไหวต้องระวังอย่าดึงกระดูกข้อไหล่ เพราะจะทำให้เกิดอาการบาดเจ็บที่ข้อไหล่ได้ เนื่องจากกล้ามเนื้อสะบักและไหล่อ่อนแรง - การยกแขนขึ้นสูงกว่าระดับไหล่ ต้องจัดทำให้แขนข้างที่อ่อนแรงอยู่ในท่าศอกเหยียดตรง นิ้วหัวแม่มือชี้ขึ้นเพดาน (หงายมือ)
C ₃	- ไม่ให้ผู้ป่วยใช้ความพยายามในการเคลื่อนไหวเกินกำลังกล้ามเนื้อของตนเอง เพราะจะทำให้เกิดอาการเกร็งกล้ามเนื้อมากขึ้น - การจับแขนผู้ป่วยเพื่อช่วยในการเคลื่อนไหวต้องระวังอย่าดึงกระดูกข้อไหล่ เพราะจะทำให้เกิดอาการบาดเจ็บที่ข้อไหล่ได้ เนื่องจากกล้ามเนื้อสะบักและไหล่อ่อนแรง - การยกแขนขึ้นสูงกว่าระดับไหล่ ต้องจัดทำให้แขนข้างที่อ่อนแรงอยู่ในท่าศอกเหยียดตรง นิ้วหัวแม่มือชี้ขึ้นเพดาน (หงายมือ)

2. ผลิตวิทัศน์สำหรับสาธิตการกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาต

การถ่ายทำวิทัศน์สำหรับสาธิตการกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาต ได้รับความร่วมมือจากนักกายภาพบำบัด กลุ่มงานเวชกรรมฟื้นฟู โรงพยาบาลสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช มาเป็นผู้สาธิตการกายภาพบำบัด ซึ่งเป็นการออกกำลังกายเพื่อการรักษาและคงความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อในแขนและขาข้างที่อ่อนแรงของผู้ป่วยอัมพาต ประกอบด้วยท่าการกายภาพบำบัดสำหรับฟื้นฟูร่างกายผู้ป่วย จำนวน 15 ท่า (บรรณทวารณ หิรัญเคราะห์ และคณะ, 2554) ได้แก่ ท่ายกแขน ท่ากางแขน ท่าอศอก ท่ากระดูกข้อมือ ท่าขยับนิ้วมือ ท่ายกขาขึ้น ท่ากางขา ท่าอขา ท่าออกกำลังกายข้อเท้า ท่าบิดสะโพก ท่ายกแขน (ผู้ป่วยทำเอง) ท่าอศอก (ผู้ป่วยทำเอง) ท่ากระดูกข้อมือ (ผู้ป่วยทำเอง) ท่ายกกันแบบที่ 1 (ผู้ป่วยทำเอง) และท่ายกกันแบบที่ 2 (ผู้ป่วยทำเอง) และ ท่านอนของผู้ป่วย จำนวน 3 ท่า (บรรณทวารณ หิรัญเคราะห์ และคณะ, 2554) ได้แก่ ท่านอนตะแคงทับซีกอ่อนแรง ท่านอนตะแคงทับซีกมีแรง และท่านอนหงาย

(ก)



(ข)



ภาพที่ 1 ตัวอย่างภาพจากวิทัศน์การสาธิตการกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาต (ก) ท่ายกแขน (ข) ท่ากางแขน

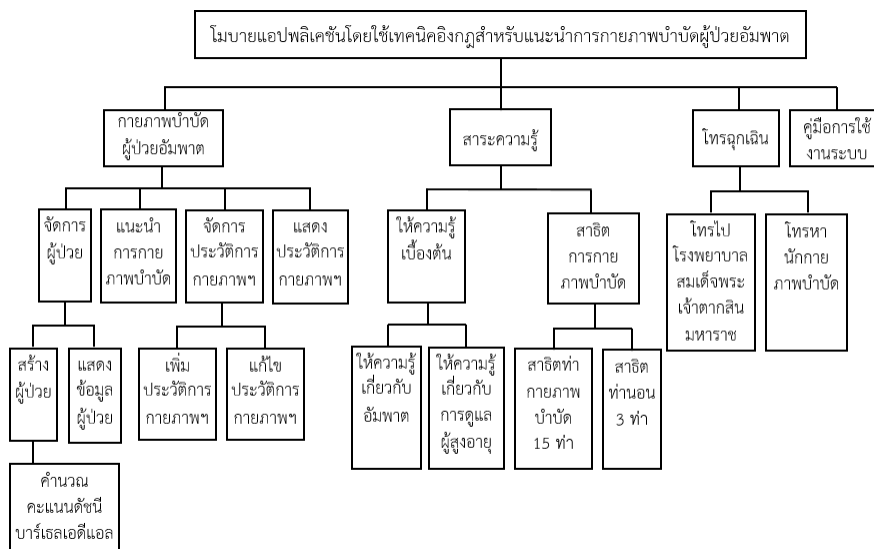
ภาพที่ 1 แสดงตัวอย่างภาพที่ได้จากเทคนิคการสาธิตการกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาตในท่าที่ผู้ดูแลผู้ป่วยอัมพาตช่วยทำ ได้แก่ (ก) ท่ายกแขน และ (ข) ท่ากางแขน

3. พัฒนาโมบายแอปพลิเคชันโดยใช้เทคนิคอิงกฎสำหรับแนะนำการกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาต

การพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันโดยใช้เทคนิคอิงกฎสำหรับแนะนำการกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาต ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ปัญหา (Problem domain) เพื่อให้ทราบถึงเป้าหมายหรือความต้องการของผู้ใช้ซึ่งก็คือผู้ดูแลผู้ป่วยอัมพาตทั้ง 3 ประเภท ได้แก่ อัมพาตครึ่งท่อน อัมพาตครึ่งซีก และอัมพาตทั้งตัว เก็บข้อมูลด้วยวิธีการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth interview) แบบไม่เป็นทางการโดยมีผู้ดูแลผู้ป่วยอัมพาตที่ได้จากการสุ่มประเภทละ 1 คน รวมจำนวน 3 คน เป็นผู้ให้ข้อมูลสำคัญ (Key informants) มีการเตรียมแนวคำถามการสัมภาษณ์ไว้ล่วงหน้าแบบกว้าง ๆ ร่วมกับผู้เชี่ยวชาญ ใช้ลักษณะคำถามแบบปลายเปิด ไม่กำหนดลำดับคำถาม เป็นการสนทนาแบบธรรมชาติ สรุปรายการสัมภาษณ์ได้ 2 แบบ ได้แก่ 1) การสัมภาษณ์แบบเปิดกว้างไม่จำกัดคำตอบเพื่อให้ผู้ให้ข้อมูลสำคัญมีอิสระในการบอกเล่าปัญหาและความต้องการของตนเอง และ 2) การสัมภาษณ์แบบเจาะลึกในประเด็นที่สนใจ คือ การดูแลการกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาต

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์ระบบ (System analysis) นำความต้องการของผู้ใช้มาวิเคราะห์หาฟังก์ชันการทำงานของระบบและแสดงโครงสร้างฟังก์ชันการทำงานของระบบในภาพรวมด้วยแผนผังลำดับชั้น (Hierarchy diagram) ดังภาพที่ 2 และแสดงการดำเนินงานกิจกรรมของผู้ใช้ (User) ภายในระบบและสิ่งที่เกี่ยวข้องที่อยู่ภายนอกระบบ รวมถึงความสัมพันธ์ของระบบย่อย (Use case) ภายในระบบใหญ่ด้วยแผนผังกรณี (Use case diagram) ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 2 แผนผังแสดงโครงสร้างฟังก์ชันการทำงานของระบบ

ขั้นตอนที่ 3 การออกแบบและพัฒนาระบบ (System design and development) การพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันโดยใช้เทคนิคอิงกฎสำหรับแนะนำการกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาต ได้รับการออกแบบให้สามารถใช้งานได้นบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ อาทิ สมาร์ทโฟน (Smart phone) และแท็บเล็ต (Tablet) เป็นต้น ภายใต้

ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) พัฒนาแอปพลิเคชันด้วยภาษาจาวา (Java) และใช้ระบบฐานข้อมูลเอสคิวไอท์ (SQLite) โดยมีเครื่องมือที่ช่วยในการพัฒนา คือ โปรแกรมแอนดรอยด์สตูดิโอ (Android studio)



ภาพที่ 3 แผนผังกรณีของระบบ

ขั้นตอนที่ 4 การทดสอบระบบ (System testing) ทำการทดสอบเบื้องต้นด้วยการทดสอบระดับหน่วย (Unit testing) ใช้วิธีแบบกล่องดำ (Black box testing) (สกรณ์ บุชบง, 2556) โดยการสร้างข้อมูลจำลองขึ้นมาเพื่อตรวจสอบผลการทำงานของแต่ละฟังก์ชัน และเมื่อพบข้อผิดพลาดจะดำเนินการแก้ไขให้ถูกต้อง

4. ประเมินประสิทธิภาพการทำงานของโมบายแอปพลิเคชันที่ใช้เทคนิคอิงกฎสำหรับแนะนำการกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาต

การพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันที่ใช้เทคนิคอิงกฎสำหรับแนะนำการกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาต ประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบด้วยแบบประเมินตามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับของลิเคิร์ท (Likert scale) โดยการแบ่งกลุ่มผู้ประเมินออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 นักกายภาพบำบัด จำนวน 2 คน ประเมินด้วยแบบประเมินความถูกต้องและเหมาะสมของเนื้อหาในระบบ และกลุ่มที่ 2 ผู้ดูแลผู้ป่วยอัมพาต จำนวน 20 คน ประเมินด้วยแบบประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบ โดยข้อมูลที่ได้จากการประเมินทั้งสองกลุ่ม จะถูกนำมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

การพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่างที่นำมาประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบ ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้พิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง โดยจัดเอกสารชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย และดำเนินการเก็บข้อมูลด้วยตนเอง ข้อมูลทั้งหมดได้ถูกนำมาใช้เพื่อศึกษาวิจัยเท่านั้น และถูกเก็บไว้เป็นความลับ ไม่นำข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างมาเปิดเผย หลังเสร็จสิ้นการศึกษาวิจัยข้อมูลเหล่านี้ได้ถูกทำลาย

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการออกแบบและพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันโดยใช้เทคนิคอิงกฎสำหรับแนะนำการกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาต

หน้าจอหลักของระบบที่แสดงในภาพที่ 4 ประกอบด้วยรายการการทำงาน ดังนี้ 1) การกายภาพบำบัด เป็นรายการที่สำคัญที่ช่วยจัดการข้อมูลผู้ป่วยอัมพาตและให้คำแนะนำในการกายภาพบำบัด 2) สารระความรู้ เป็นรายการสำหรับสาธิตท่ากายภาพบำบัดเพื่อฟื้นฟูร่างกายผู้ป่วยอัมพาต จำนวน 15 ท่า และทำนอน จำนวน 3 ท่า ในรูปแบบวีดิทัศน์ และให้ความรู้เกี่ยวกับอัมพาตและการดูแลผู้สูงอายุ 3) ติดต่อผู้เชี่ยวชาญ เป็นรายการสำหรับโทรออกเพื่อติดต่อนักกายบำบัด และ 4) คู่มือการใช้งาน เป็นรายการให้ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้งานระบบและการพัฒนาระบบ



ภาพที่ 4 หน้าจอหลักของระบบ



ภาพที่ 5 หน้าจอรายการการกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาต

หน้าจอรายการการกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาตที่แสดงในภาพที่ 5 ประกอบด้วยรายการการทำงาน ดังนี้ 1) จัดการผู้ป่วย เป็นรายการสำหรับเพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูลผู้ป่วยและประเมินความสามารถของการปฏิบัติกิจวัตรประจำวันของผู้ป่วยสามารถทำได้ 2) แนะนำการกายภาพบำบัด เป็นรายการสำหรับให้คำแนะนำในการกายภาพบำบัดผู้ป่วยตามคะแนนที่ได้จากการประเมินความสามารถของการปฏิบัติกิจวัตรประจำวันที่อยู่ในช่วงคะแนนรวมดัชนีบาร์เรลเอดีแอลต่าง ๆ และวีดิทัศน์สาธิตการกายภาพบำบัด 3) จัดการประวัติการกายภาพฯ เป็นรายการสำหรับเพิ่ม ลบและแก้ไขข้อมูลการกายภาพบำบัดผู้ป่วย และ 4) แสดงประวัติการกายภาพฯ เป็นรายการแสดงข้อมูลการกายภาพบำบัดของผู้ป่วยแต่ละคน

กระบวนการทำงานที่สำคัญของระบบได้แสดงในภาพที่ 6 ซึ่งก็คือกระบวนการให้คำแนะนำในการกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาตเมื่อมีการเพิ่มข้อมูลผู้ป่วยใหม่ดังภาพ (ก) ผู้ป่วยจะต้องถูกประเมินความสามารถของการปฏิบัติกิจวัตรประจำวันซึ่งมี 10 ข้อ ดังภาพ (ข) จากนั้นระบบจะคำนวณคะแนนและแสดงออกมาดังภาพ (ค) ซึ่งผู้ดูแลผู้ป่วยสามารถนำคะแนนไปเปรียบเทียบและเลือกศึกษาคำแนะนำที่อยู่ในช่วงคะแนนรวมดัชนีบาร์เรลเอดีแอลที่สอดคล้อง ดังภาพ (ง) จึงจะได้คำแนะนำสำหรับการกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาตดังภาพ (จ)

และสามารถเลือกชมวีดิทัศน์การสาธิตการกายภาพบำบัดผู้ป่วยได้ดังภาพ (ฉ) เมื่อเลือกรายการวีดิทัศน์ของตำแหน่งที่ต้องการกายภาพระบบจะแสดงวีดิทัศน์สาธิตการกายภาพบำบัดของตำแหน่งนั้นออกมาดังภาพ (ซ)

(ก) ข้อมูลผู้ป่วยอัมพาต

ชื่อผู้ดูแล	น้ำฝน
รหัสผู้ดูแล	123
ชื่อผู้ป่วย	ลุง โยบ
อายุ	68
พื้นที่มีอาการ	2560
เลือกผู้ป่วยอัมพาต	
อัมพาตครึ่งซีก	
อัมพาตครึ่งบน	
อัมพาตครึ่งล่าง	

บันทึก ยกเลิก

(ข) แบบประเมินกิจวัตรประจำวัน

- Feeding (การรับประทานอาหารไม่สะดวกการใส่ของลง)
ไม่สามารถรับประทานอาหารได้เองได้
○ ขาดไปหมดเลย ขาดไปบางส่วน ไม่ขาดเลย
- Transfer (การถ่ายโอนตัวผู้ป่วย)
ไม่สามารถทำได้ (ไม่สามารถเคลื่อนย้าย) หรือสามารถเคลื่อนย้ายได้
○ ไม่สามารถช่วยเหลือ ต้องการความช่วยเหลือ สามารถช่วยเหลือได้
- Grooming (การทำความสะอาดร่างกาย)
○ ขาดไปหมดเลย ขาดไปบางส่วน ไม่ขาดเลย
- Toileting (การขับถ่าย)
○ ขาดไปหมดเลย ขาดไปบางส่วน ไม่ขาดเลย
- Dressing (การแต่งตัว)
○ ขาดไปหมดเลย ขาดไปบางส่วน ไม่ขาดเลย
- Mobility (การเคลื่อนไหว)
○ ขาดไปหมดเลย ขาดไปบางส่วน ไม่ขาดเลย
- Walking (การเดิน)
○ ขาดไปหมดเลย ขาดไปบางส่วน ไม่ขาดเลย
- Transfer (การถ่ายโอนตัวผู้ป่วย)
○ ขาดไปหมดเลย ขาดไปบางส่วน ไม่ขาดเลย
- Grooming (การทำความสะอาดร่างกาย)
○ ขาดไปหมดเลย ขาดไปบางส่วน ไม่ขาดเลย
- Toileting (การขับถ่าย)
○ ขาดไปหมดเลย ขาดไปบางส่วน ไม่ขาดเลย
- Dressing (การแต่งตัว)
○ ขาดไปหมดเลย ขาดไปบางส่วน ไม่ขาดเลย
- Mobility (การเคลื่อนไหว)
○ ขาดไปหมดเลย ขาดไปบางส่วน ไม่ขาดเลย
- Walking (การเดิน)
○ ขาดไปหมดเลย ขาดไปบางส่วน ไม่ขาดเลย

(ค) ข้อมูลผู้ป่วยอัมพาต

ชื่อผู้ดูแล	น้ำฝน
รหัสผู้ดูแล	123
ชื่อผู้ป่วย	ลุง โยบ
อายุ	68
พื้นที่มีอาการ	2560
เลือกผู้ป่วยอัมพาต	
อัมพาตครึ่งซีก	
อัมพาตครึ่งบน	
อัมพาตครึ่งล่าง	

(ฉ) รายการคำแนะนำสำหรับการกายภาพบำบัดผู้ป่วย (จ) ตัวอย่างคำแนะนำสำหรับการกายภาพบำบัดผู้ป่วย

อัมพาตครึ่งซีก	คำแนะนำ 0-4
อัมพาตครึ่งบน	คำแนะนำ 5-11
อัมพาตครึ่งล่าง	คำแนะนำ 12-20
อัมพาตครึ่งซีก	คำแนะนำ 0-4
อัมพาตครึ่งบน	คำแนะนำ 5-11
อัมพาตครึ่งล่าง	คำแนะนำ 12-20
อัมพาตครึ่งซีก	คำแนะนำ 0-4

(ซ) ตัวอย่างวีดิทัศน์สาธิตการกายภาพบำบัดตำแหน่งแขน

ตำแหน่งการกายภาพบำบัด	0-4
ตำแหน่งการกายภาพบำบัด	5-11
ตำแหน่งการกายภาพบำบัด	12-20
ตำแหน่งการกายภาพบำบัด	0-4

ภาพที่ 6 แสดงกระบวนการให้คำแนะนำในการกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาต (ก) เพิ่มข้อมูลผู้ป่วย (ข) แบบประเมินกิจวัตรประจำวัน (ค) ผลคะแนนรวมที่ได้จากดัชนีบาร์เรลเอ็ดดีแอล (ง) รายการคำแนะนำสำหรับการกายภาพบำบัดผู้ป่วย (จ) ตัวอย่างคำแนะนำสำหรับการกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาตครึ่งท่อนที่ได้คะแนนในช่วง 12-20 (ฉ) รายการวีดิทัศน์สำหรับสาธิตการกายภาพบำบัดผู้ป่วย (ซ) ตัวอย่างวีดิทัศน์สาธิตการกายภาพบำบัดตำแหน่งแขน

2. ผลการประเมินประสิทธิภาพโมบายแอปพลิเคชันโดยใช้เทคนิคอิงกฎสำหรับแนะนำการกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาต

การประเมินความถูกต้องและเหมาะสมของเนื้อหาในระบบจากนักกายภาพบำบัด จำนวน 2 คน ใน 3 ด้าน ต่อไปนี้ 1) กฎการแนะนำการกายภาพบำบัดสำหรับผู้ป่วยอัมพาต 2) ความรู้ในระบบ และ 3) การรายงานข้อมูลผู้ป่วยและประวัติการกายภาพบำบัดผู้ป่วย พบว่าทั้ง 3 ด้านมีผลการประเมินอยู่ในระดับมาก และผลการประเมินความถูกต้องและเหมาะสมของเนื้อหาในระบบโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.13$, S.D. = 0.33) ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความถูกต้องและเหมาะสมของเนื้อหาในระบบของนักกายภาพบำบัด

หัวข้อประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
1. กฎการแนะนำการกายภาพบำบัดสำหรับผู้ป่วยอัมพาต	4.00	0	มาก
2. ความรู้ในระบบ			
2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอัมพาต	4.00	0	มาก
2.2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการดูแลผู้สูงอายุ	4.00	0	มาก
3. การรายงานข้อมูลผู้ป่วยและประวัติการกายภาพบำบัดผู้ป่วย	4.50	0.50	มาก
ผลการประเมินโดยรวม	4.13	0.33	มาก

ตารางที่ 4 ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบของผู้ดูแลผู้ป่วยอัมพาต

หัวข้อประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
1. ด้านฟังก์ชันการทำงาน			
1.1 การสร้างผู้ป่วยใหม่ในระบบ	4.60	0.49	มากที่สุด
1.2 การโทรขอคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญ	4.55	0.50	มากที่สุด
1.3 คำแนะนำสำหรับการกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาต	4.25	0.54	มาก
1.4 วิดีทัศน์สำหรับสาธิตการกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาต	4.40	0.58	มาก
1.5 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอัมพาตและการดูแลผู้สูงอายุ	3.95	0.59	มาก
1.6 การจัดการประวัติการกายภาพบำบัดผู้ป่วย	4.05	0.59	มาก
1.7 การรายงานข้อมูล ได้แก่ การรายงานข้อมูลผู้ป่วย และการรายงานประวัติการกายภาพฯ	3.85	0.57	มาก
1.8 คู่มือการใช้งานแอปพลิเคชัน	4.05	0.50	มาก
ผลการประเมินด้านฟังก์ชันการทำงาน	4.21	0.61	มาก
2. ด้านส่วนติดต่อกับผู้ใช้			
2.1 ความชัดเจนของขนาดตัวอักษร	4.50	0.67	มาก
2.2 ความชัดเจนและการสื่อความหมายของภาพ สัญลักษณ์ต่าง ๆ	4.55	0.59	มากที่สุด
2.3 การจัดวางองค์ประกอบและความสวยงาม	4.60	0.66	มากที่สุด
ผลการประเมินด้านส่วนติดต่อกับผู้ใช้	4.55	0.64	มากที่สุด

ตารางที่ 4 ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบของผู้ดูแลผู้ป่วยอัมพาต (ต่อ)

หัวข้อประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
3. ด้านภาพรวมการทำงานของระบบ			
3.1 ระบบทำงานสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้	4.50	0.59	มาก
3.2 ประสิทธิภาพการทำงานของระบบโดยรวม	4.35	0.57	มาก
3.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากระบบ	4.45	0.50	มาก
ผลการประเมินด้านภาพรวมการทำงานของระบบ	4.43	0.56	มาก
ผลการประเมินโดยรวม	4.33	0.62	มาก

การประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบของผู้ดูแลผู้ป่วยอัมพาต จำนวน 20 คน ใน 3 ด้าน พบว่า 1) ด้านฟังก์ชันการทำงาน มีผลการประเมินอยู่ในระดับมาก 2) ด้านส่วนติดต่อกับผู้ใช้ มีผลการประเมินอยู่ในระดับมากที่สุด และ 3) ด้านภาพรวมการทำงานของระบบ มีผลการประเมินอยู่ในระดับมาก และมีผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.33$, S.D. = 0.62)

โดยประเด็นที่ผู้ดูแลผู้ป่วยอัมพาตมีความพึงพอใจน้อย คือ ด้านฟังก์ชันการทำงาน ได้แก่ รายการกรรงานข้อมูล ($\bar{X} = 3.85$, S.D. = 0.57) และรายการความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอัมพาตและการดูแลผู้สูงอายุ ($\bar{X} = 3.95$, S.D. = 0.59) สาเหตุเนื่องจากระบบรายงานข้อมูลและให้ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอัมพาตและการดูแลผู้สูงอายุในรูปแบบข้อความบรรยายซึ่งทำให้เสียเวลาในการอ่านและสรุปใจความได้ยาก

สรุป

จากแนวโน้มของผู้ป่วยอัมพาตที่มีเพิ่มมากขึ้นในอนาคต และจำนวนของนักกายภาพบำบัดในปัจจุบันที่มีไม่เพียงพอต่อการให้บริการเชิงรุกในระดับครัวเรือน ร่วมถึงการขนย้ายผู้ป่วยอัมพาตมารับบริการที่สถานพยาบาลก็มีอุปสรรคหลายประการดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ดังนั้น จึงเป็นสาเหตุให้เกิดการพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันโดยใช้เทคนิคอิงกฎสำหรับแนะนำการกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาต ซึ่งเป็นเครื่องมือที่สะดวกในการให้บริการเชิงรุกและใช้งานได้ง่าย ช่วยในการให้คำแนะนำการกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาตแก่ผู้ดูแลผู้ป่วย ด้วยกฎการแนะนำการกายภาพบำบัดสำหรับผู้ป่วยอัมพาตอย่างง่าย จำนวน 7 กฎ ที่ได้จากการพิจารณาคะแนนรวมของดัชนีบาร์เรลเอตีแอลและประเภทของอัมพาต ช่วยบันทึกประวัติการกายภาพบำบัดของผู้ป่วยเพื่อเป็นข้อมูลในการดูแล นอกจากนี้ยังได้รวบรวมท่ากายภาพบำบัดสำหรับผู้ป่วยอัมพาตและผลิตเป็นวีดิทัศน์ในการสาธิตการกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาต โดยได้รับความร่วมมือจากนักกายภาพบำบัด กลุ่มงานเวชกรรมฟื้นฟู โรงพยาบาลสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช มาเป็นผู้สาธิต ประกอบด้วยท่ากายภาพบำบัดสำหรับฟื้นฟูร่างกายผู้ป่วยอัมพาตจำนวน 15 ท่า และท่านอนของผู้ป่วยอัมพาต จำนวน 3 ท่า ซึ่งช่วยอำนวยความสะดวกในการเข้าถึงข้อมูลการกายภาพบำบัดที่ถูกต้อง และช่วยอำนวยความสะดวกในการขอคำปรึกษาจากนักกายภาพบำบัด การกายภาพบำบัดที่ถูกต้องจะช่วยให้ผู้ป่วยอัมพาตมีร่างกายที่แข็งแรงขึ้นและลดการเกิดอาการบาดเจ็บในขณะกายภาพบำบัดลงได้ ด้วยผลการประเมินความถูกต้องและเหมาะสมของเนื้อหาในระบบโดยรวมจากนักกายภาพบำบัด จำนวน 2 คน ที่อยู่ในระดับมาก $\bar{X} = 4.13$, S.D. = 0.33) และ ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบโดยรวมจากผู้ดูแลผู้ป่วยอัมพาต จำนวน 20 คน ที่อยู่ในระดับมาก $\bar{X} = 4.33$, S.D. = 0.62) แสดงให้เห็นว่าโมบายแอปพลิเคชันโดยใช้เทคนิคอิงกฎสำหรับแนะนำการกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาตนี้สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้เป็นอย่างดีและตรงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้

ข้อเสนอแนะ

ในการฟื้นฟูผู้ป่วยอัมพาตที่แพทย์อนุญาตให้กลับบ้านได้ สามารถกลับมาใช้ชีวิตในสังคมได้อย่างอิสระช่วยเหลือตนเองได้ และเป็นภาระแก่ผู้อื่นน้อยที่สุด นอกเหนือจากวิธีการกายภาพบำบัดที่เน้นฟื้นฟูสภาพร่างกายของผู้ป่วย ยังมีวิธีการดูแลในเรื่องอื่น ๆ ที่มีความสำคัญเช่นกัน ได้แก่ ภาวะแทรกซ้อน อาหารและโภชนาการ การดูแลด้านจิตใจและอารมณ์ และการแก้ไขด้านการพูดสำหรับผู้ป่วยที่สูญเสียความสามารถในการพูด ดังนั้นเพื่อประสิทธิภาพของงานวิจัยในอนาคต จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องต่าง ๆ เหล่านี้ ซึ่งจะทำให้ระบบสามารถให้คำแนะนำครอบคลุมปัญหาต่าง ๆ ได้มากยิ่งขึ้น และควรออกแบบการรายงานผลข้อมูลในเรื่องต่าง ๆ ให้สื่อความหมายและง่ายต่อการทำความเข้าใจของผู้ใช้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณหัวหน้าหน่วยงานกายภาพบำบัด กลุ่มงานเวชกรรมฟื้นฟู โรงพยาบาลสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช และ คุณสุภาวดี ทิมแสน (นักกายภาพบำบัด กลุ่มงานเวชกรรมฟื้นฟู โรงพยาบาลสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช) ที่ให้การสนับสนุนข้อมูลต่าง ๆ ในการวิจัย และการอนุเคราะห์สถานที่ในการจัดทำวิทยุทัศน์การสาธิตการกายภาพบำบัดผู้ป่วยอัมพาต

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมโรค สำนักสารนิเทศ สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข. (2562). **กรมควบคุมโรคเฝ้าระวังอัมพาตโลก ปี 2562 ให้ประชาชนรับรู้สัญญาณเตือนโรคหลอดเลือดสมอง ลดความเสี่ยงเป็นอัมพาต**, สืบค้นจาก <https://pr.moph.go.th/?url=pr/detail/2/02/133619/>
- กลุ่มพัฒนานโยบายสาธารณะและสื่อสารความเสี่ยง กองโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค. (2562). **ประเด็นสารเฝ้าระวังอัมพาตโลก ปี 2562**, สืบค้นจาก <https://drive.google.com/drive/folders/143fbev2Vf3UEbPNnsAFjQrwbP3B2lqM>
- กลุ่มยุทธศาสตร์และแผนงาน สำนักโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. (2560). **แผนยุทธศาสตร์การป้องกันและควบคุมโรคไม่ติดต่อระดับชาติ 5 ปี (พ.ศ. 2560 - 2564)**, สืบค้นจาก <https://www.iccp-portal.org/system/files/plans/Thailand%20National%20NCD%20plan%202017-2021.pdf>
- กานดา ชัยภิญโญ, และสมใจ ลือวิเศษไพบูลย์. (2558). **ปัญหาการขาดแคลนบุคลากรด้านกายภาพบำบัด การปฏิบัติหน้าที่แนวทางการแก้ไขปัญหา และประเด็นการปฏิรูป**, สืบค้นจาก http://pt.or.th/PTCouncil/file_attach/24Mar201536-AttachFile1427182476.pdf
- โกเมศ อัมพวัน. (2559). **บทที่ 6 การจำแนกประเภทและการทำนายข้อมูล**, สืบค้นจาก <https://staff.informatics.buu.ac.th/~komate/886464/%5B6%5D-Classification.pdf>
- นิสาศรี เสริมพล, สายพิน ประเสริฐสุขดี, และภครตี ชัยวัฒน์. (2559). **ปัญหา อุปสรรค และการแก้ไขปัญหาในการให้บริการกายภาพบำบัดด้านเด็กในโรงพยาบาลชุมชน, วารสารเทคนิคการแพทย์และกายภาพบำบัด**, 28(1), 69-79.
- บรรณพชรพรรณ หิรัญเคราะห์, สุภัตรา อังศุโรจน์กุล, พรพชร กิตติเพ็ญกุล และลัดดา ลาภศิริอนันต์กุล. (2554). **คู่มือการฟื้นฟูสมรรถภาพผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองสำหรับญาติที่ดูแลผู้ป่วยที่บ้าน**, สืบค้นจาก

- https://dol.thaihealth.or.th/resourcecenter/sites/default/files/documents/khuumuuekaarfuuenfuusmrthphaaphphuupwyorkhhld_0.pdf
- ไพรัช มโนสารโสภณ. (2563). ผลของโปรแกรมฟื้นฟูสุขภาพที่มีต่อการปฏิบัติกิจวัตรประจำวัน ของผู้สูงอายุติดบ้าน อำเภอโพธาราม จังหวัดราชบุรี, **วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 15(1), 13-23.
- สกรณ บุษบง. (2556). การสร้างกรณีทดสอบสำหรับการทดสอบระดับรวมหน่วยแบบเพิ่มทีละหน่วย โดยอัตโนมัติจากกรณีทดสอบระดับหน่วย. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- สุจิตรา บุญหยง. (2555). ภาพกายภาพบำบัดเบื้องต้นสำหรับผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง, สืบค้นจาก <https://www.thaihp.org/index.php?option=viewhome&lang=th&id=203&layout=0>
- สุจิตรา มหาสุข. (2557). ผลของโปรแกรมการให้ข้อมูล การสร้างแรงจูงใจ และการฟื้นฟูมือและแขนต่อการทำกิจวัตรประจำวันของผู้สูงอายุโรคหลอดเลือดสมอง. วิทยานิพนธ์พยาบาลมหาบัณฑิต สาขาวิชาพยาบาลศาสตร์ คณะพยาบาลศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุรเกียรติ์ อาชานานุภาพ. (2553). ตำราการตรวจรักษาโรคทั่วไป 2 : โรคกับการดูแลรักษาและการป้องกัน. พิมพ์ครั้งที่ 5 ฉบับปรับปรุง. (หน้า 628). กรุงเทพฯ : โฮลิสติก พับลิชชิง.
- สำนักงานประชาสัมพันธ์จังหวัดตาก. (2562). ผู้ว่าราชการจังหวัดตาก เป็นประธานเปิดงาน “แสงนำใจ ไทยทั้งชาติ เดิน วิ่ง ปั่น ป้องกันอัมพาต จังหวัดตาก ครั้งที่ 5 เฉลิมพระเกียรติ”. สืบค้นจาก http://123.242.165.136/?module=news &pages=detail_news&news_code=N0006533
- อาคม รัฐวงษา. (2561). การพัฒนาแนวทางการจัดการรายกรณีเพื่อดูแลสุขภาพผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองรายใหม่ต่อเนืองที่บ้านโรงพยาบาลโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม, **วารสารวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี**, 24(1), 22-39.
- World Stroke Organization. (2019). **Learn about stroke**. Retrieved from <https://www.world-stroke.org/world-stroke-day-campaign/why-stroke-matters/learn-about-stroke>

การประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวของการใช้ประโยชน์ที่ดินในเทศบาลกาฬสินธุ์โดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 8 OLI/ TIRS

ณัฐพร อรรถอำนวย¹ อนุสรณ์ แสงประจักษ์² อีรวงศ์ เหล่าสุวรรณ^{3*}

Received : May 15, 2020

Revised : December 22, 2020

Accepted : December 25, 2020

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวของการใช้ประโยชน์ที่ดินในเทศบาลกาฬสินธุ์ด้วยข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 8 OLI/ TIRS ใน 2 ช่วงเวลาคือปี พ.ศ. 2558 และปี พ.ศ. 2562 วิธีการดำเนินการ 1) ได้นำข้อมูล LANDSAT 8 OLI มาจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินใน 4 ประเภท ได้แก่ พื้นที่การเกษตร พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ชุมชนเมือง และพื้นที่แหล่งน้ำ 2) นำข้อมูล LANDSAT 8 OLI แบนด์ที่ 4 แบนด์ที่ 5 และ TIRS มาวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวโดยใช้อัลกอริทึมแบบแยกหน้าต่าง ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2558 และปี พ.ศ. 2562 พบว่า เทศบาลกาฬสินธุ์ที่สามารถจำแนกเป็นพื้นที่การเกษตรเท่ากับ 7.607 ตร.กม. และ 5.583 ตร.กม. พื้นที่ป่าไม้เท่ากับ 0.873 ตร.กม. และ 0.551 ตร.กม. พื้นที่ชุมชนเมืองเท่ากับ 16.643 ตร.กม. และ 18.349 ตร.กม. พื้นที่แหล่งน้ำเท่ากับ 0.359 ตร.กม. และ 0.354 ตร.กม. ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวพบว่าในปี พ.ศ. 2558 มีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 33.490 °C และค่าอุณหภูมิพื้นผิวของปี พ.ศ.2562 อยู่ที่ 35.360 °C นอกจากนี้จากทั้ง 2 ช่วงเวลายังพบว่าอุณหภูมิพื้นผิวของพื้นที่ชุมชนเมืองจะปรากฏค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่การเกษตร และพื้นที่แหล่งน้ำ

คำสำคัญ : อุณหภูมิพื้นผิว การใช้ประโยชน์ที่ดิน การรับรู้จากระยะไกล ดาวเทียม LANDSAT 8 OLI/TIRS

¹ นิสิตปริญญาโท หลักสูตรพลังงาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

จังหวัดมหาสารคาม อีเมล: nutapohn@gmail.com

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย

จังหวัดมหาสารคาม อีเมล: saengprajak@gmail.com

³ รองศาสตราจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย

จังหวัดมหาสารคาม อีเมล: teerawong@msu.ac.th

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: teerawong@msu.ac.th

ESTIMATE OF LAND SURFACE TEMPERATURE OF LANDUSE IN KALASIN MUNICIPALITY USING LANDSAT 8 OLI/ TIRS DATA

Nuttapohn Akhamnuay¹ Anusorn Sangprajak² Teerawong Laosuwan^{3*}

Abstract

The aim of this study is to estimate the land surface temperature for land use types in Kalasin municipality, using the data from LANDSAT-8 OLI/ TIRS in 2 time periods: 2015 and 2019. The research methodologies are as follows: 1) analyze land use in 4 types; i.e. agricultural area, forest area, urban area, and water area using LANDSAT-8 OLI, 2) analyze the land surface temperature using bands 4-5 of LANDSAT-8 OLI/ TIRS by using a split-windows algorithm. The results showed that, in 2015 and 2019, there were 7.607 km² and 5.583 km² of agricultural area, 0.873 km² and 0.551 km² of forest area, 16.643 km² and 18.349 km² of urban area, 0.359 km² and 0.354 km² of water area in Kalasin municipality. The results of land surface temperature analysis showed that the average temperature in 2015 was 33.490 °C and the average temperature in 2019 was 35.360°C. In addition, it was found in both periods that the average land surface temperature of the urban area was highest; followed by the forest area, agricultural area, and water area, respectively.

Keywords: Land surface temperature, land use, remote sensing, LANDSAT 8 OLI/TIRS

¹ Master student, Energy Program, Faculty of Science, Mahasarakham University, Khamriang Sub-District, Kantarawichai District, Maha Sarakham, e-mail: nutapohn@gmail.com

² Assistant Professor, Department of Physics, Faculty of Science, Mahasarakham University, Khamriang Sub-District, Kantarawichai District, Maha Sarakham, e-mail: saengprajak@gmail.com

³ Associate Professor, Department of Physics, Faculty of Science, Mahasarakham University, Khamriang Sub-District, Kantarawichai District, Maha Sarakham, e-mail: teerawong@msu.ac.th

* Corresponding author, e-mail teerawong@msu.ac.th

บทนำ

ปัจจุบันสภาพภูมิอากาศโลกได้เปลี่ยนแปลงรุนแรงขึ้นและบ่อยครั้งขึ้นโดยเปลี่ยนแปลงดังกล่าวสะท้อนให้เห็นจากปรากฏการณ์เอลนีโญ (แล้ง) และลานีญา (น้ำท่วม) ที่เกิดขึ้นรวมถึงอุณหภูมิพื้นผิวโลกที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง (Cai et al., 2015; FAO and The World Bank, 2019) สำหรับประเทศไทย เป็นประเทศที่กำลังพัฒนาทั้งทางด้านเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมนั้นได้มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากการทำเกษตรกรรมไปเป็นพื้นที่อุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่องในสองสามทศวรรษที่ผ่านมา (Charoentrakulpeeti, 2012) ซึ่งโดยปกติแล้วอุณหภูมิของพื้นที่เกษตรกรรมจะสูงกว่าอุณหภูมิของพื้นที่ป่าไม้แต่ก็ยังคงต่ำกว่าอุณหภูมิของพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง (Laosuwan et al., 2017) จากความเจริญดังกล่าวส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของชุมชนที่อยู่อาศัย อาคารพาณิชย์และโรงงานอุตสาหกรรม ในทางตรงข้ามพื้นที่สีเขียวที่ทำหน้าที่ดูดซับรังสีของดวงอาทิตย์และเปลี่ยนไปเป็นพลังงานในกระบวนการสังเคราะห์แสงนั้นมีน้อยลงทำให้อุณหภูมิเขตเมืองเพิ่มขึ้นจนเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Urban heat Island) ในที่สุด (Suksabai & Nakhapakorn, 2014)

ในการศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวนั้นเป็นการตรวจสอบความร้อนของพื้นผิวของโลกอีกรูปแบบหนึ่งที่นิยมนำมาติดตามอุณหภูมิโลก ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะมีการนำอุณหภูมิพื้นผิวไปใช้ประโยชน์ เช่น การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเนื่องจากโลกมีความร้อนที่เพิ่มมากขึ้น การศึกษารูปแบบของสภาพภูมิอากาศโดยตรวจสอบการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศที่มีผลต่ออุณหภูมิพื้นผิว การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิพื้นผิวที่ส่งผลกระทบต่อแผ่นน้ำแข็งขั้วโลก รวมถึงการศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวที่ผลกระทบต่อพืชพรรณในระบบนิเวศในภูมิภาคต่าง ๆ ของโลก เป็นต้น (Wong & Yu, 2005; Zhou et al., 2011; Mathew et al., 2016) จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้องในด้านการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวพบว่ามีหลายงานวิจัยที่ทำการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวด้วยข้อมูลจากดาวเทียม เช่น การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิพื้นผิวของพื้นที่เมือง (Younesazadeh et al., 2015; Rotjanakusol & Laosuwan, 2018A) การศึกษาการเกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Urban heat Island) (Yang and Santamouris, 2018; Santamouris et al., 2018) และการตรวจวัดและระบุพื้นที่ที่เกิดไฟป่าจากอุณหภูมิพื้นผิว (Amraoui et al., 2010; Hally et al., 2018) เป็นต้น

นอกจากนี้ ในปัจจุบันก็พบว่าหลายงานวิจัยก็ได้ให้ความสำคัญเกี่ยวกับการพัฒนาวิธีตรวจวัดอุณหภูมิพื้นผิวด้วยเทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกล โดยเทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกลนั้นเป็นเทคโนโลยีที่ได้รับการยอมรับว่าทันสมัยและมีประสิทธิภาพ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ติดตามและตรวจสอบปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนพื้นโลกได้ทันต่อเหตุการณ์ (Uttaruk & Laosuwan, 2016; Rotjanakusol & Laosuwan, 2018B; Khandelwal et al., 2018; Chokkuea, 2019; Uttaruk & Laosuwan, 2019) ในขณะเดียวกันก็ปรากฏหลายงานวิจัยได้มีการพัฒนาสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวร่วมกับข้อมูลจากดาวเทียม เช่น Radiative Transfer Equation-Based Method, Mono-Window/Single Channel

Algorithms, Split-Window Algorithms (Yu et al., 2014; Du et al., 2015; Wang et al., 2016) ด้วยความสำคัญของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิตั้งที่กล่าวมาข้างต้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อมุ่งเน้นการประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวของการใช้ประโยชน์ที่ดินในเทศบาลกาฬสินธุ์ซึ่งปัจจุบันพบว่ามีการขยายพื้นที่ชุมชนเมืองอย่างรวดเร็วด้วยข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 8 OLI/TIRS ใน 2 ช่วงเวลาคือในปี พ.ศ. 2558 และปี พ.ศ. 2562

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในเทศบาลกาฬสินธุ์ออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ พื้นที่การเกษตร พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ชุมชนเมือง และพื้นที่แหล่งน้ำ ด้วยข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 8 OLI ใน 2 ช่วงเวลา
2. เพื่อวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวในเทศบาลกาฬสินธุ์ด้วยข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 8 OLI/TIRS ใน 2 ช่วงเวลา โดยใช้อัลกอริทึมแบบแยกหน้าต่าง
3. เพื่อประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวของการใช้ประโยชน์ที่ดินในเทศบาลกาฬสินธุ์ใน 2 ช่วงเวลา

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 8 OLI/TIRS บันทึกข้อมูลวันที่ 22 พฤศจิกายน พ.ศ. 2558 และวันที่ 19 พฤศจิกายน พ.ศ. 2562

2. การวิเคราะห์ข้อมูล ในการศึกษานี้จะอธิบายถึงวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็นขั้นตอนต่าง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน: เป็นขั้นตอนการจำแนกพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินใน 2 ในเทศบาลกาฬสินธุ์จาก 2 ช่วงเวลา คือ ปี พ.ศ. 2558 และปี พ.ศ. 2562 ด้วยข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 8 OLI ใน 4 ประเภท คือ พื้นที่การเกษตร พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ชุมชนเมือง และพื้นที่แหล่งน้ำ โดยใช้ค่าการสะท้อนแสงที่เรียกว่าค่าเชิงตัวเลข (Digital number) สำหรับการจัดกลุ่มชั้นข้อมูลเพื่อแสดงความแตกต่างทางกายภาพของวัตถุ ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้เทคนิคการจำแนกข้อมูลแบบควบคุม (Supervised classification) และแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum likelihood)

2) การวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิว: สำหรับการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 8 OLI/TIRS โดยใช้อัลกอริทึมแบบแยกหน้าต่างสามารถแบ่งวิธีการได้ดังนี้

- การวิเคราะห์อุณหภูมิความสว่างในการศึกษาครั้งนี้ จะเป็นการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวโลกในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน โดยเมื่อการแผ่รังสี (Radiance) ของวัตถุเท่ากับการแผ่รังสีของวัตถุดำ (black body) ทั้งนี้การแผ่รังสีของวัตถุดำจะเป็นตัวกำหนดอุณหภูมิความสว่างของวัตถุ โดยวิธีการวิเคราะห์แสดงได้ดังสมการที่

1 (Rotjanakusol & Laosuwan, 2018) นอกจากนี้การแผ่รังสีของวัตถุจะขึ้นอยู่กับความยาวของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอีกทั้งเป็นสัดส่วนระหว่าง การสะท้อน (Reflection) การดูดซับ (Absorption) และการส่งผ่าน (Transmission) สำหรับวิธีการวิเคราะห์แสดงได้ดังสมการที่ 2 (Barsi et al., 2014)

$$T = \frac{k_2}{\ln \left(\frac{k_1}{L_\lambda} + 1 \right)} \quad (1)$$

เมื่อ; T = อุณหภูมิความสว่าง

k_1 = ค่าคงของดาวเทียม LANDSAT 8 TIRS (แบนด์ 10 = 774.89 และแบนด์ 11 = 480.89)

k_2 = ค่าคงของดาวเทียม LANDSAT 8 TIRS (แบนด์ 10 = 1321.08 และแบนด์ 11 = 1201.14)

L_λ = ค่าการแผ่รังสี

$$L_\lambda = M_L Q_{cal} + A_L \quad (2)$$

เมื่อ M_L = ค่า radiance multi band

A_L = ค่า radiance add band

Q_{cal} = ค่าเชิงตัวเลข

- การวิเคราะห์สภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลก (Land Surface Emissivity: LSE): การแผ่รังสีของวัตถุจริงบนพื้นโลกไม่สามารถดูดกลืนพลังงานไว้ทั้งหมด โดยมีการแผ่รังสีออกมาเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับวัตถุดำ โดยสภาพการเปล่งรังสีสามารถประมาณค่าได้จากข้อมูลสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมดินที่ได้จากดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณแสดงได้ดังสมการที่ 3 (Rajeshwari & Mani., 2014) ซึ่งจากสมการที่ 3 จำเป็นจะต้องทำการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การปกคลุมของพื้นที่สีเขียว (Fractional Vegetation Cover: FVC) ดังสมการที่ 4 (Skokovic et al., 2014) ก่อน ซึ่งสัมประสิทธิ์การปกคลุมของพื้นที่สีเขียวนั้นเป็นการวิเคราะห์ความอุดมสมบูรณ์ของพืชพรรณที่นำผลมาจากดัชนีผลต่างพืชพรรณ (NDVI) (Sruthi & Mohammed, 2015) สามารถวิเคราะห์ได้ดังสมการที่ 5 สำหรับ p คือค่าการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของสิ่งปกคลุมดินซึ่งจะขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นและสัดส่วนของการสะท้อน การดูดซับ และการส่งผ่าน โดยวิธีการวิเคราะห์แสดงได้ดังสมการที่ 6

$$LSE = \varepsilon_s (1 - FVC) + \varepsilon_v * FVC \quad (3)$$

เมื่อ; ε_s = ค่าคงที่ของ LANDSAT 8 TIRS แบนด์ 10 (0.971) และแบนด์ 11 (0.977)

ε_v = ค่าคงที่ของ LANDSAT 8 TIRS แบนด์ 10 (0.987) แบนด์ 11 (0.989)

$$FVC = \frac{NDVI - NDVI_s}{NDVI_v - NDVI_s} \quad (4)$$

เมื่อ; $NDVI_v$ = คือ NDVI ของพืชพรรณหรือค่าสูงสุดของ NDVI

$NDVI_s$ = คือ NDVI ของดินหรือค่าต่ำสุดของ NDVI

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{Red}}{\rho_{NIR} + \rho_{Red}} \quad (5)$$

เมื่อ; ρ_{NIR} = ค่าการสะท้อนของพืชพรรณในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้

ρ_{Red} = ค่าการสะท้อนของพืชพรรณในช่วงคลื่นสีแดง

$$\rho_\lambda = M_p Q_{cal} + A_p \quad (6)$$

เมื่อ; M_p = คือ ค่า Reflectance Multi Band

A_p = คือ ค่า Reflectance Multi Band

Q_{cal} = ค่า Digital Number (DN)

- การวิเคราะห์ไอน้ำในชั้นบรรยากาศ: สำหรับการวิเคราะห์ไอน้ำในชั้นบรรยากาศ (Atmospheric Water Vapor: AWW) นั้น สามารถวิเคราะห์ได้จากการที่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศ โดยใช้ค่าอุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 10 และแบนด์ 11 วิธีการวิเคราะห์ที่แสดงได้ดังสมการที่ 7 (Ren et al., 2015)

$$WV = a + b \times \tau_j / \tau_i \quad (7)$$

$$\text{เมื่อ; } \frac{\tau_j}{\tau_i} \gg R_{ji} = \sum_{k=1}^N (T_{i,j} - \bar{T})(T_{i,j} - \bar{T}) / \sum_{k=1}^N (T_{i,j} - \bar{T})^2$$

a และ b = สัมประสิทธิ์ที่ได้จากการจำลอง

τ = ประสิทธิภาพในการทะลุผ่านของแบนด์ 10 และ 11

i, j = แบนด์ 10 และแบนด์ 11 ของช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน

$T_{i,j}, T_{j,k}$ = ค่าอุณหภูมิความสว่างของแบนด์ที่ 10 และ 11

$\bar{T}_i, \bar{T}_j$ = ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 10 และ 11

- การวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิว: การวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวในการศึกษาคั้งนี้จะวิเคราะห์จาก 1) ค่าอุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 10 และแบนด์ 11 2) ค่าการวิเคราะห์สภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลกแบนด์ 10 และแบนด์ 11 และ 3) ค่าการวิเคราะห์ไอน้ำในชั้นบรรยากาศ สำหรับวิธีการวิเคราะห์แสดงได้ดังสมการที่ 8 (Skokovic et al., 2014)

$$LST = (T_{10} + C_{10} - T_{11}) + (T_{10} - T_{11})^2 C_0 + (C_3 + C_4 W)(1 - \varepsilon) + (C_5 + C_6 W) \Delta \varepsilon \quad (8)$$

เมื่อ; T_{10} , T_{11} = ค่าอุณหภูมิความสว่างของแบนด์ที่ 10 และ 11

ε = สภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวเฉลี่ยของแบนด์ 10 และ 11

$\Delta \varepsilon$ = ความแตกต่างสภาพเปล่งรังสีของแบนด์ 10 และ 11

$C_0 - C_6$ = ค่าคงที่ของสมการ (Skokovic et al., 2014)

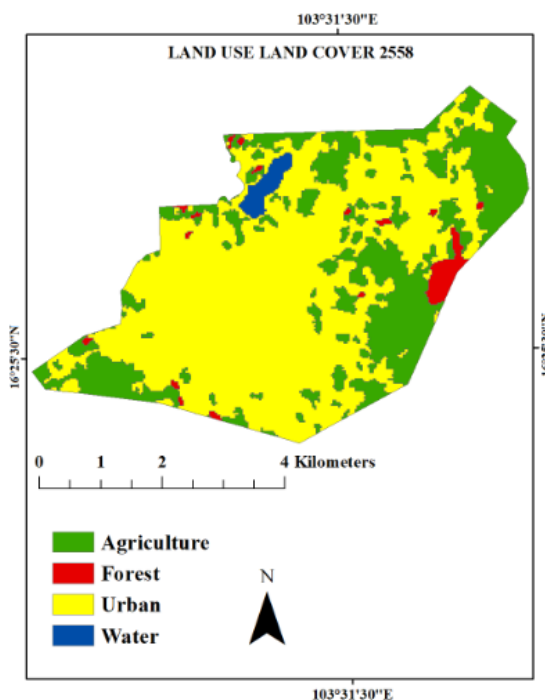
W = ค่าไอน้ำในชั้นบรรยากาศ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวของการใช้ประโยชน์ที่ดินในเทศบาลกาฬสินธุ์โดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียมสามารถแสดงได้ดังนี้

1. ผลจากการจำแนกประเภทข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในเทศบาลกาฬสินธุ์

1) ข้อมูลดาวเทียม LANDSAT 8 OLI วันที่ 22 พฤศจิกายน พ.ศ. 2558 ถูกนำมาจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินใน 4 ประเภท พื้นที่การเกษตร พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ชุมชนเมือง และพื้นที่แหล่งน้ำ แสดงได้ดังภาพที่ 1



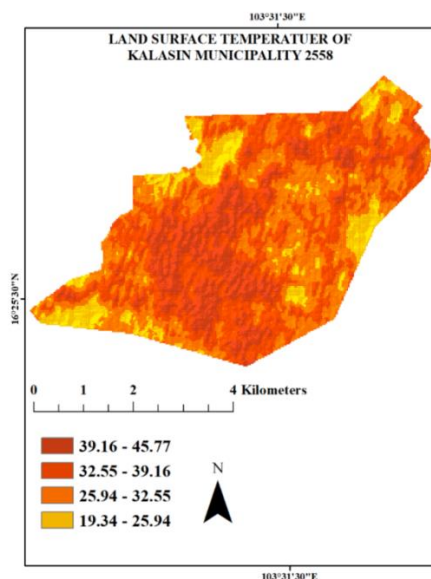
ภาพที่ 1 แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินในเทศบาลกาฬสินธุ์ปี พ.ศ. 2558

ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน ด้วยเทคนิคการจำแนกข้อมูลแบบควบคุม และแบบความน่าจะเป็นสูงสุด พบว่าจากพื้นที่เทศบาลกาฬสินธุ์ที่มีขนาดพื้นที่ทั้งหมด 16.96 ตร.กม. จำแนกเป็นพื้นที่การเกษตรเท่ากับ 7.607 ตร.กม. คิดเป็น 30% พื้นที่ป่าไม้เท่ากับ 0.873 ตร.กม. คิดเป็น 3.5% พื้นที่ชุมชนเมืองเท่ากับ 16.643 ตร.กม. คิดเป็น 65% และพื้นที่แหล่งน้ำเท่ากับ 0.359 ตร.กม. คิดเป็น 1.5% จากรูปที่ 1 และตารางที่ 1 ผลการศึกษาการจำแนกประเภทข้อมูลได้แสดงให้เห็นพื้นที่ส่วนใหญ่ของเทศบาลกาฬสินธุ์จะเป็นพื้นที่ชุมชนเมือง พื้นที่ทำการเกษตร พื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่แหล่งน้ำ ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ข้อมูลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินของเทศบาลกาฬสินธุ์

พื้นที่	พื้นที่ชุมชนเมือง (ตร.กม)	พื้นที่ทำการเกษตร (ตร.กม)	พื้นที่ป่าไม้ (ตร.กม)	พื้นที่แหล่งน้ำ (ตร.กม)	พื้นที่ทั้งหมด (ตร.กม)
เทศบาลกาฬสินธุ์	16.643	7.607	0.873	0.359	25.482

สำหรับผลการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวในเทศบาลกาฬสินธุ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม LANDSAT 8 TIRS ของวันที่ 22 พฤศจิกายน พ.ศ. 2558 ด้วยอัลกอริทึมแบบแยกหน้าต่าง พบว่ามีอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 45.77 °C (พื้นที่ชุมชนเมือง) อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 19.34 °C (พื้นที่แหล่งน้ำ) และอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 33.49 °C โดยการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวในเทศบาลกาฬสินธุ์สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2 และตารางที่ 2

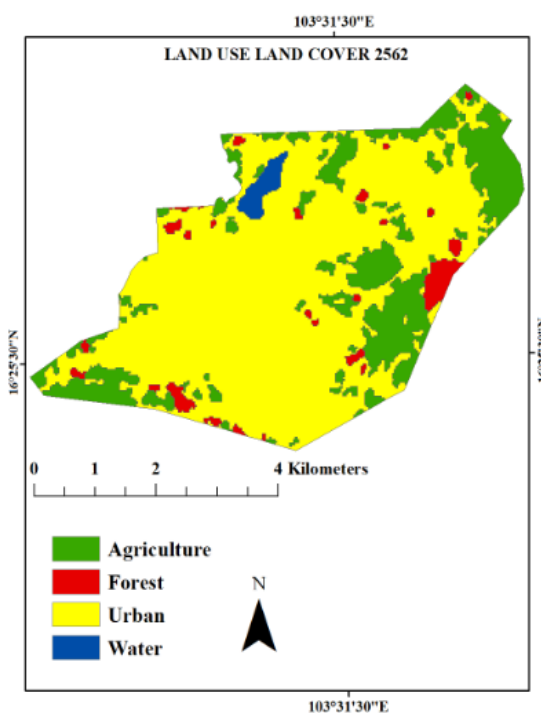


ภาพที่ 2 แสดงอุณหภูมิพื้นผิวในเทศบาลกาฬสินธุ์ปี พ.ศ. 2558

ตารางที่ 2 อุณหภูมิพื้นผิวในเทศบาลกาฬสินธุ์

พื้นที่	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
เทศบาลกาฬสินธุ์	19.34°C	45.77°C	33.49°C	1.82

2) ข้อมูลดาวเทียม LANDSAT 8 OLI วันที่ 19 พฤศจิกายน 2562 ถูกนำมาจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินใน 4 ประเภท พื้นที่การเกษตร พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ชุมชนเมือง และพื้นที่แหล่งน้ำ แสดงได้ดังภาพที่ 3 ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน ด้วยเทคนิคการจำแนกข้อมูลแบบควบคุม และแบบความน่าจะเป็นสูงสุด พบว่าจากพื้นที่เทศบาลกาฬสินธุ์ที่มีขนาดพื้นที่ทั้งหมด 16.96 ตร.กม. จำแนกเป็นพื้นที่การเกษตรเท่ากับ 5.583 ตร.กม. คิดเป็น 22.5% พื้นที่ป่าไม้เท่ากับ 0.551 ตร.กม. คิดเป็น 2% พื้นที่ชุมชนเมืองเท่ากับ 18.349 ตร.กม. คิดเป็น 74% พื้นที่แหล่งน้ำเท่ากับ 0.354 ตร.กม. คิดเป็น 1.5% จากรูปที่ 3 และตารางที่ 3 ผลการศึกษาการจำแนกประเภทข้อมูลได้แสดงให้เห็นพื้นที่ส่วนใหญ่ของเทศบาลกาฬสินธุ์จะเป็นพื้นที่ชุมชนเมือง พื้นที่ทำการเกษตร พื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่แหล่งน้ำ ตามลำดับ

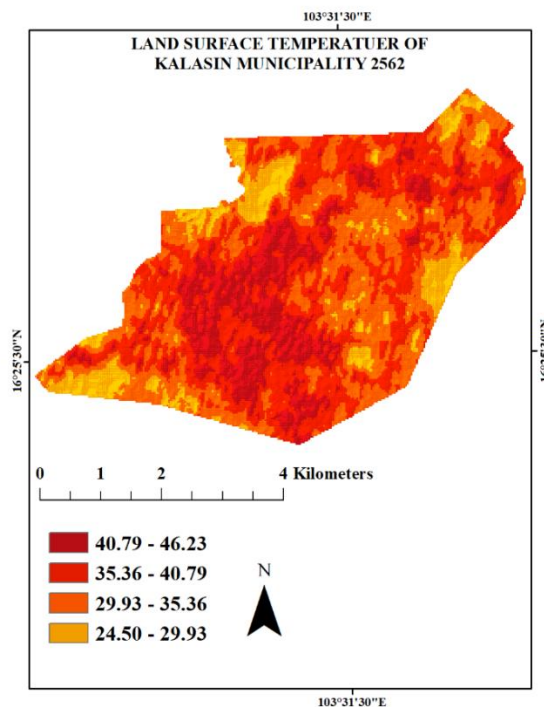


ภาพ ที่ 3 แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินในเทศบาลกาฬสินธุ์ปี พ.ศ. 2562

ตารางที่ 3 ข้อมูลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินของเทศบาลกาฬสินธุ์

พื้นที่	พื้นที่ชุมชน เมือง (ตร.กม)	พื้นที่ทำ การเกษตร (ตร.กม)	พื้นที่ป่าไม้ (ตร.กม)	พื้นที่แหล่ง น้ำ (ตร.กม)	พื้นที่ทั้งหมด (ตร.กม)
เทศบาลกาฬสินธุ์	18.34	5.583	0.551	0.354	24.839

สำหรับผลการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวในเทศบาลกาฬสินธุ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม LANDSAT 8 TIRS ของวันที่ 19 พฤษภาคม พ.ศ. 2562 ด้วยอัลกอริทึมแบบแยกหน้าต่าง พบว่ามีอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 46.23 °C (พื้นที่ชุมชนเมือง) อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 24.50 °C (พื้นที่แหล่งน้ำ) และอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 35.36 °C โดยการวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวในเทศบาลกาฬสินธุ์สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 4 และตารางที่ 4



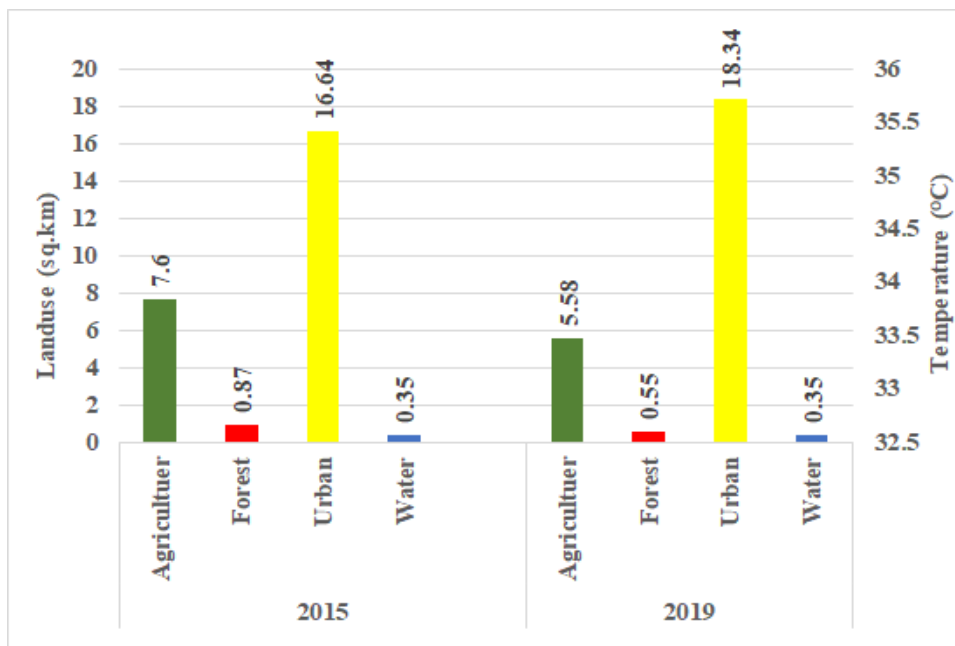
ภาพที่ 4 แสดงอุณหภูมิพื้นผิวในเทศบาลกาฬสินธุ์ปี พ.ศ. 2562

ตารางที่ 4 อุณหภูมิพื้นผิวในเทศบาลกาฬสินธุ์

พื้นที่	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
เทศบาลกาฬสินธุ์	24.50°C	46.23°C	35.36°C	1.96

2. การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิพื้นผิวในเทศบาลกาฬสินธุ์ที่แบ่งตามประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินในจังหวัดกาฬสินธุ์ที่วิเคราะห์ได้จากข้อมูลดาวเทียมสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แสดงการเปลี่ยนแปลงพื้นที่และอุณหภูมิ

จากภาพที่ 5 สามารถอธิบายเทศบาลกาฬสินธุ์ (แสดงเส้นกราฟในแกน X) ได้ถูกจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 4 ประเภทคือ พื้นที่การเกษตร พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ชุมชนเมือง และพื้นที่แหล่งน้ำ จากสมมติฐานของการวิจัยในครั้งนี้คือพื้นที่ที่เป็นตัวเมืองนั้นมีอุณหภูมิสูงกว่าพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่นๆ จากกราฟในแกน Y ฝ่ายด้านซ้ายจะแสดงขนาดของพื้นที่ของการใช้ประโยชน์ที่ดินมีหน่วยเป็น ตร.กม ฝ่ายด้านขวาจะแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยในหน่วยของ °C ทั้งนี้จากภาพที่ 5 ได้แสดงให้เห็นว่าแผนภูมิของอุณหภูมิเฉลี่ยจะเปลี่ยนไปตามการใช้ประโยชน์ของที่ดินในแต่ละประเภท จากผลการศึกษาในปี พ.ศ. 2558 ซึ่งปรากฏอุณหภูมิพื้นผิวเท่ากับ 33.49°C และในปี พ.ศ. 2562 ซึ่งปรากฏอุณหภูมิพื้นผิวเท่ากับ 35.36°C ซึ่งข้อมูลข้างต้นนั้นจะแสดงให้เห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ของที่ดินเกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาดังกล่าว ที่ปรากฏชัดเจนก็คือเมื่อพื้นที่ชุมชนเมืองเพิ่มมากขึ้นอุณหภูมิพื้นผิวก็จะเพิ่มขึ้นไปด้วยเช่นกัน

สรุป

จากการศึกษาการประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวของการใช้ประโยชน์ที่ดินในเทศบาลกาฬสินธุ์โดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม ในการศึกษาครั้งนี้ได้แบ่งวัตถุประสงค์หลัก ๆ ออกเป็น 3 ส่วนคือ 1) เพื่อจำแนกการใช้ประโยชน์

ที่ดินในเทศบาลกาฬสินธุ์ออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ พื้นที่การเกษตร พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ชุมชนเมือง และพื้นที่แหล่งน้ำ ด้วยข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 8 OLI ใน 2 ช่วงเวลา 2) เพื่อวิเคราะห์อุณหภูมิพื้นผิวในเทศบาลกาฬสินธุ์ด้วยข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 8 OLI/TIRS ใน 2 ช่วงเวลา โดยใช้อัลกอริทึมแบบแยกหน้าต่าง และ 3) เพื่อประมาณค่าอุณหภูมิพื้นผิวของการใช้ประโยชน์ที่ดินในเทศบาลกาฬสินธุ์ใน 2 ช่วงเวลา ในการจำแนกพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ในเทศบาลกาฬสินธุ์ในปี พ.ศ. 2558 เป็นพื้นที่ชุมชนเมือง 65% รองลงมาเป็นพื้นที่การเกษตร 30% พื้นที่ป่าไม้ 3.5% และพื้นที่แหล่งน้ำ 1.5% และในปี พ.ศ. 2562 เป็นพื้นที่ชุมชนเมือง 74% รองลงมาเป็นพื้นที่การเกษตร 22.5% พื้นที่ป่าไม้ 2% และพื้นที่แหล่งน้ำ 1.5% ของพื้นที่เทศบาลกาฬสินธุ์ทั้งหมดแล้วนำมาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงร่วมกับค่าอุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลจากดาวเทียมโดยใช้อัลกอริทึมแบบแยกหน้าต่าง ซึ่งทำการวิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบ (Normalized Difference Vegetation Index : NDVI) การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การปกคลุมของพื้นที่สีเขียว (Fractional Vegetation Cover : FVC) การวิเคราะห์สภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวโลก (Land Surface Emissivity : LSE) และการวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิพื้นผิว (Land Surface Temperature : LST)

จากการดำเนินการได้พบว่าในปี พ.ศ. 2558 พื้นที่ชุมชนเมืองมีค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยสูงสุด 33.49 °C และในปี พ.ศ. 2562 พื้นที่ชุมชนเมืองมีค่าอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยสูงสุด 35.36 °C โดยจะสังเกตได้ว่าอุณหภูมิพื้นที่ชุมชนเมืองจะสูงกว่าอุณหภูมิของการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่น ๆ เนื่องจากพื้นที่ชุมชนเมืองมีส่วนปลูกสร้างเป็นส่วนใหญ่นอกจากนี้เมื่อนำค่าอุณหภูมิพื้นผิวที่วิเคราะห์ได้ดังกล่าวมาตรวจสอบกับอุณหภูมิของกรมอุตุนิยมวิทยาในปี พ.ศ. 2558 ก็พบว่ามีความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 5.94% โดยข้อมูลที่วิเคราะห์ได้จากดาวเทียมพบว่า มีค่าอุณหภูมิพื้นผิวอยู่ที่ 33.49 °C ส่วนข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยาปรากฏว่า 31.5 °C และในปี พ.ศ. 2562 ก็พบว่า มีความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 6.25% โดยข้อมูลที่วิเคราะห์ได้จากดาวเทียมพบว่า มีค่าอุณหภูมิพื้นผิวอยู่ที่ 35.36 °C ส่วนข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยาปรากฏว่า 33.15 °C ซึ่งสันนิษฐานได้ว่าตำแหน่งวัดอุณหภูมิของกรมอุตุนิยมวิทยานั้นมีเพียงตำแหน่งเดียว (สถานีอุตุนิยมวิทยาเทศบาล ต.หลักเมือง อ.กมลาไสย จ.กาฬสินธุ์) ทั้งนี้ข้อมูลจากตำแหน่งเดียวนั้นไม่สามารถเป็นตัวแทนของทั้งจังหวัดได้ ส่วนข้อมูลที่วิเคราะห์ได้จากดาวเทียมนั้น เป็นการวิเคราะห์จากพื้นที่ทุกตารางนิ้วของพื้นที่ทั้งจังหวัด จึงทำให้อุณหภูมิที่วิเคราะห์ได้จากดาวเทียมมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าอุณหภูมิของกรมอุตุนิยมวิทยา

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ชีวันค์ เหล่าสุพรรณ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อนุสรณ์ แสงประจักษ์ อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัยจนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วง

เอกสารอ้างอิง

- Amraoui, M., Dacamara, C. C., Pereira, & J. M. C. (2010). Detection and monitoring of African vegetation fires using MSG-SEVIRI imagery. **Remote Sensing of Environment**, 114 (5): 1038-1052.
- Barsi J. A., Schott J. R., Hook S.J., Raquenon G., Markham B. L., & Radocinski R.G. (2014). Landsat-8 thermal infrared sensor (TIRS) vicarious radiometric calibration. **Remote Sensing**, 6(11): 11607-11626.
- Cai, W., Wang, G., Santoso, A., McPhaden, M. J., Wu, L., Jin, F-F., Timmermann, A., Collins, M., Vecchi, G., Lengaigne., M., England M.H., Dommenget, D., & Takahashi, K., Guilyardi, E. (2015). Increased frequency of extreme La Nina events under greenhouse warming. **Nature Climate Change**, 5(2): 132-137.
- Charoentrakulpeeti, W. (2012). Impact of Land Cover on Atmospheric Temperature in Bangkok. **NIDA Journal of Environmental Management**, 8(1): 1-18.
- Chokkuea W. (2019). Spatial-temporal Change of Land Surface Temperature using Satellite Remote Sensing Data. **Studia Universitatis “Vasile Goldis” Seria Stiintele Vietii (Life Sciences Series)**, 29 (2): 65-69.
- Du, C., Ren, H., Qin, Q., Meng, J., & Zhao, S. (2015). A Practical Split-Window Algorithm for Estimating Land Surface Temperature from Landsat 8 Data. **Remote Sensing**, 7(1): 647-665.
- FAO & The World Bank. (2019). **Understanding the drought impact of El Niño/La Niña in the grain production areas in Eastern Europe and Central Asia: Russia, Ukraine and Kazakhstan**. Rome.
- Hally B., Wallace, L., Reinke, K., Jones, S., & Skidmore A. (2018). Advances in active fire detection using a multi-temporal method for next-generation geostationary satellite data. **International Journal of Digital Earth**, 12(9): 1030-1045.
- Khandelwal, S., Goyal, R., Kau, N., & Mathew, A. (2018). Assessment of land surface temperature variation due to change in elevation of area surrounding Jaipur, India. **The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science**, 21 (1): 87-94.
- Laosuwan, T., Gomasathit, T., & Rotjanakusol, T. (2017). Application of Remote Sensing for

- Temperature Monitoring: the Technique for Land Surface Temperature Analysis. **Journal of Ecological Engineering**, 18(3): 53-60.
- Mathew, A., Sreekumar, S., Khandelwal, S., Kaul, N., & Kumar, R. (2016). Prediction of surface temperatures for the assessment of urban heat island effect over Ahmedabad city using linear time series model. **Energy and Buildings**, 128: 605-616.
- Rajeshwari A., & Mani N.N. (2014). Estimation of Land Surface Temperature of Dindigul District using Landsat 8 Data. **International Journal of Research in Engineering and Technology**, 3 (5): 122-126
- Ren H., Du C., Liu R., Qin Q., Yan G., Li Z-L., & Meng J. (2015). Atmospheric water vapor retrieval from Landsat 8 thermal infrared images. **J. Geophys. Res. Atmos.**, 120, 1723.
- Rotjanakusol, T., & Laosuwan, T. (2018A). Estimation of land surface temperature using Landsat satellite data: A case study of Mueang Maha Sarakham District, Maha Sarakham Province, Thailand for the years 2006 and 2015. **Scientific Review Engineering and Environmental Sciences**, 27 (4): 401-409.
- Rotjanakusol, T., & Laosuwan, T. (2018B). Inundation Area Investigation Approach using Remote Sensing Technology on 2017 Flooding in Sakon Nakhon Province Thailand. **Studia Universitatis “Vasile Goldis” Seria Stiintele Vietii (Life Sciences Series)**, 28 (4): 159-166.
- Santamouris, M., Haddad, S., Saliari, M., Vasilakopoulou, K., Synnefa, A., Paolini, R., Ulpiani, G., Garshasbi, S., & Fiorito, F. (2018). On the energy impact of urban heat island in Sydney: Climate and energy potential of mitigation technologies. **Energy Build**, 166: 154–164.
- Skokovic, D., Sobrino, J.A., Jimenez-Munoz, J.C., Soria, G., Julien, Y., Mattar, C. & Cristobal, J. (2014). **Calibration and Validation of land surface temperature for Landsat8-TIRS sensor**. Retrieved from https://earth.esa.int/documents/700255/2126408/ESA_Lpve_Sobrino_2014a.pdf
- Sruthi, S., & Mohammed Aslam, M.A. (2015). Agricultural Drought Analysis Using the NDVI and Land Surface Temperature Data; a Case Study of Raichur District. **Aquatic Procedia**, 4: 1258-1264.
- Suksabai, K., & Nakhapakorn, K. (2014). Fire Detection Using LANDSAT Thermal Data: In Sai Yok

- District, Kanchanaburi Province, Thailand. **Thai Science and Technology Journal**, 22 (4): 462-473.
- Uttaruk Y & Laosuwan T. (2016). Application of Geo-informatics and Vegetation Indices to Estimate Above-ground Carbon. **Studia Universitatis “Vasile Goldis” Seria Stiintele Vietii (Life Sciences Series)**, 26 (4): 449-454.
- Uttaruk Y & Laosuwan T. (2019). Drought Analysis Using Satellite-Based Data and Spectral Index in Upper Northeastern Thailand. **Polish Journal of Environmental Studies**, 28(6): 4447-4454.
- Wang, M., Zhang, Z., He, G., Wang, G., Long, T., & Peng, Y. (2016). An enhanced single-channel algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat series data, **J. Geophys. Res. Atmos.**, 121: 11, 712–11, 722.
- Wong, N.H., & Yu, C. (2005). Study of green areas and urban heat island in a tropical city. **Habitat International**, 29 (3): 547–558.
- Yang, J., & Santamouris, M. (2018). Urban Heat Island and Mitigation Technologies in Asian and Australian Cities - Impact and Mitigation. **Urban Science**, 2(3):74.
- Younesazadeh, S., Amiri, N., Pilesjö, P. (2015). The effect of land use change on land surface temperature in the Netherlands. *International Archives of the Photogrammetry. Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 40 (1W5): 745-748.
- Yu, X., Guo, X., & Wu, Z. (2014). Land surface temperature retrieval from LANDSAT 8 TIRS: Comparison between radiative transfer equation-based method, split window algorithm and single channel method. **J. Remote Sensing**, 6 (10): 9829-9852.
- Zhou, J., Chen, Y.H., Wang, J.F., & Zhan, W.F. (2011). Maximum nighttime urban heat island (UHI) intensity simulation by integrating remotely sensed data and meteorological observations. **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, 4: 138–146.

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อความเครียดของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ภาวสิทธิ์ ภูลวรรณ^{1*} เอกตระกูล แข็งแรง² ชนันทน์ บุตรศรี³ พิษญา ดุพงษ์⁴
กิตติมา ลาภอนันต์บังเกิด⁵

Received : July 20, 2020

Revised : December 23, 2020

Accepted : December 25, 2020

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นเชิงสำรวจมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับความเครียดและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อความเครียดของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร กลุ่มตัวอย่างคือนักศึกษาชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ปีการศึกษา 2561 จำนวน 322 คน ซึ่งมาด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่าง แบบหลายขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลคุณลักษณะทั่วไปของบุคคล แบบทดสอบความเครียด แบบสอบถามสัมพันธภาพในครอบครัว แบบสอบถามสัมพันธภาพกับเพื่อน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติอนุมาน ได้แก่ค่าไคสแควร์

ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีความเครียดอยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 34.8 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อความเครียดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ได้แก่ ความเพียงพอของรายได้ของนักศึกษา สภาพแวดล้อมทางการเรียน อาคารสถานที่ การเรียนการสอน การให้บริการผู้เรียน สัมพันธภาพในครอบครัว และสัมพันธภาพกับเพื่อน ข้อเสนอแนะจากการศึกษานี้ ควรจัดสภาพแวดล้อมทางการเรียนให้เหมาะสมและมหาวิทยาลัยควรมีกิจกรรมส่งเสริมสัมพันธภาพกับครอบครัวและเพื่อน

คำสำคัญ: ความเครียด นักศึกษาชั้นปีที่1 สภาพแวดล้อมทางการเรียน

¹หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จังหวัดสกลนคร

อีเมล: phoowasit@snru.ac.th

² นักศึกษาหลักสูตรหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จังหวัดสกลนคร

อีเมล: Eaktrakarn.Kh58@snru.ac.th

³ นักศึกษาหลักสูตรหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จังหวัดสกลนคร

อีเมล: Chananan.Bu58@snru.ac.th

⁴ นักศึกษาหลักสูตรหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จังหวัดสกลนคร

อีเมล: phitchaya.du58@snru.ac.th

⁵ นักศึกษาหลักสูตรหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จังหวัดสกลนคร

อีเมล: kittima.la58@snru.ac.th

*ผู้รับผิดชอบหลัก อีเมล: phoowasit@snru.ac.th

FACTORS RELATED TO STRESS AMONG FIRST YEAR STUDENTS SYUDYING AT SAKON NAKHON RAJABHAT UNIVERSITY

Phoowasit Phoolawan^{1*} Eaktrakarn Khangrang² Chananan Butsri³
Phitchaya Duphong⁴ Kittima Larpanantbangkerd⁵

Abstract

The objectives of this survey research were to study stress levels and factors related to stress among the first year students studying at Sakon Nakhon Rajabhat University. The sample group included 322 first year students of the academic year 2018 at Sakon Nakhon Rajabhat University. These samples were selected by multi-stage sampling. The instruments used for data collection were a socio-demographic questionnaire, a stress test (SPST-20 Thai version), questionnaires concerning family relationship and friendships. The data were analyzed using descriptive statistics: frequency, percentage, mean, standard deviation and inferential statistics- Chi-square.

The results revealed that most of the samples expressed stress at a moderate level (34.8 percent). The factors significantly related to stress ($p < 0.05$) included income sufficiency, learning environment, facilities, learning and teaching, learners service provision, family relationship and friendships. This finding suggests that a suitable learning environment should be provided and guidelines for supporting family relationship and friendships should be proposed.

Keywords: Stress, First year students, Learning environment

¹ Bachelor of Science, Faculty of Science and Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University,
e-mail: phoowasit@snru.ac.th

² B.sc. student of Bachelor of Science, Faculty of Science and Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University,
e-mail: Eaktrakarn.Kh58@snru.ac.th

³ B.sc. student of Bachelor of Science, Faculty of Science and Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University,
e-mail: Chananan.Bu58@snru.ac.th

⁴ B.sc. student of Bachelor of Science, Faculty of Science and Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University,
e-mail: phitchaya.du58@snru.ac.th

⁵ B.sc. student of Bachelor of Science, Faculty of Science and Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University,
e-mail: kittima.la58@snru.ac.th

* Corresponding author, e-mail: phoowasit@snru.ac.th

บทนำ

ปัจจุบันมนุษย์ทุกคนต้องเผชิญกับสิ่งต่าง ๆ มากมาย ไม่ว่าจะเป็นการเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงทางด้านสภาพสังคม ด้านสภาพแวดล้อม และการเปลี่ยนแปลงของบุคคลในแต่ละช่วงชีวิต สภาพการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในสังคมไทยในยุคโลกาภิวัตน์ มีผลกระทบต่อสภาพความเป็นอยู่และวิถีการดำเนินชีวิตของประชาชนทั้งที่อยู่ในเมืองและชนบทเป็นอย่างมาก สิ่งที่เห็นชัดเจน คือ สภาพการดำเนินชีวิตของประชาชนเป็นไปอย่างเร่งรีบ มีการแข่งขัน และต่อสู้ดิ้นรนเพื่อความอยู่รอดของตนเอง สิ่งเหล่านี้ก่อให้เกิดความเครียดทางจิตใจโดยตรงต่อสุขภาพกายและสุขภาพจิตของประชาชน (กรมสุขภาพจิต, 2541) จากการสำรวจความเครียดคนไทย รอบเดือนมกราคม พ.ศ. 2554 พบว่า คนไทยมีความเครียด ร้อยละ 9.2 เมื่อจำแนกตามภาคพบความเครียดสูงสุดในกรุงเทพมหานคร ร้อยละ 13.1 รองลงมา คือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ ภาคใต้ และภาคกลางรวมตะวันตก คิดเป็นร้อยละ 8.2, 5.9, 5.7 และ 3.0 ตามลำดับ (วรวรรณ จุฬา และคณะ, 2554) ความเครียดเป็นภาวะของอารมณ์หรือความรู้สึกที่เกิดขึ้นเมื่อบุคคลต้องเผชิญกับปัญหาต่าง ๆ ที่ทำให้รู้สึกไม่สบายใจ คับข้องใจ หรือถูกบีบคั้น กดดันจนทำให้เกิดความรู้สึกทุกขใจ สับสนโกรธหรือเสียใจ (กรมสุขภาพจิต, 2541) ความเครียดมีสาเหตุจากหลาย ๆ ด้าน สาเหตุแรกเกิดจากความกดดัน เช่น สภาพแวดล้อมและบุคคลรอบข้าง สาเหตุที่สองเกิดจากความวิตกกังวล เช่น คนที่ชอบคิดมาก กังวลกับอดีตและอนาคตที่ยังไม่เกิดขึ้น สาเหตุที่สามเกิดจากความคับข้องใจ เช่น การถูกขัดขวางในด้านการทำงานหรือเป้าหมายในชีวิต สาเหตุที่สี่เกิดจากการขัดแย้ง เช่น บ่อยครั้งที่เราขัดแย้งในใจ เมื่อจำเป็นต้องตัดสินใจให้เลือกอย่างใดอย่างหนึ่งเพียงอย่างเดียว และสาเหตุสุดท้ายเกิดจากความผิดปกติทางด้านของร่างกาย เช่น ความพิการทางด้านร่างกาย การขาดความเชื่อมั่นในตนเอง (สมิต อาชวนิจกุล, 2537) ความเครียดเกิดได้กับคนทุกเพศ ทุกวัย รวมทั้งวัยที่กำลังศึกษาอยู่ในระดับอุดมศึกษา (พรรณพิมล หล่อตระกูล, 2545) ปัจจัยหรือสาเหตุที่ส่งต่อความเครียดหลายสาเหตุ ได้แก่ การปรับตัว ความคับข้องใจ ความกดดัน ความวิตกกังวล ความขัดแย้ง ความคาดหวัง ความเชื่อมั่น และขวัญกำลังใจ ดังที่ วราภรณ์ ตระกูลสฤณี (2545) กล่าวว่า การปรับตัวเป็นกระบวนการที่บุคคลใช้ความพยายามในการปรับตนเอง เมื่อต้องเผชิญกับสภาพปัญหาความอึดอัดใจ ความคับข้องใจ ความทุกข์ใจ ความวิตกกังวลต่างๆ จนเป็นสถานการณ์ที่บุคคลนั้น ๆ สามารถอยู่ได้ในสภาพแวดล้อมได้อย่างมีความสุข ส่งผลให้บุคคลนั้นมีสุขภาพจิตดี แต่หากว่าบุคคลปรับตัวแล้วยังมีความทุกข์ใจ ว้าวุ่นใจ ไม่สบายใจ ความรู้สึกดังกล่าวย่อมทำให้บุคคลนั้นกลายเป็นบุคคลที่มีสุขภาพจิตไม่ดี เช่น นักเรียนที่เข้าโรงเรียนใหม่หากมีการปรับตัวที่ดี ส่งผลให้มีความสุขกับการเรียน แต่หากไม่สามารถปรับตัวได้ อาจส่งผลกระทบต่อการเรียนรู้ได้ เป็นต้น ความเครียดที่เกิดจากความคับข้องใจ ซึ่งปกติคนเรามักจะมีเป้าหมายในชีวิต ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของการเรียนหรือการทำงาน รวมถึงการประกอบอาชีพในอนาคต แต่เมื่อถูกขัดขวางหรือเกิดอุปสรรคส่งผลให้เกิดอาการเครียดและความคับข้องใจได้ง่าย เช่น ทำงานส่งไม่ทันตามกำหนดเวลา ถูกครูตำหนิ เป็นต้น คนที่มีความเครียดที่เกิดจากความวิตกกังวล มักเป็นคนที่ชอบคิดมาก กังวลกับอดีตและอนาคต ทำให้ขาดความสุขในชีวิตไม่อาจบังคับจิตใจของตนให้สงบราบเรียบได้

การศึกษาในระดับอุดมศึกษาเป็นช่วงที่นักศึกษาต้องใช้กระบวนการคิดวิเคราะห์ รวมทั้งนักศึกษายังต้องปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมภายในมหาวิทยาลัย ซึ่งการปรับตัวนั้นมีผลต่อความเครียดของบุคคล นอกจากนี้ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการศึกษาไม่จะเป็นการเรียน สภาพแวดล้อม สังคม เศรษฐกิจ ล้วนเป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ให้นักศึกษาเกิดความเครียด การดำเนินชีวิตของนักศึกษา นักศึกษาต้องเผชิญกับความเครียดที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ซึ่งหากนักศึกษาประเมินแล้วพบว่าความเครียดที่เกิดขึ้นเกินขีดความสามารถของนักศึกษา นักศึกษาจะรู้สึกทุกข์ทรมาน สูญเสีย หรือทำลายต่อความมั่นคงของบุคคล (Lazarus, 1996) ทำให้ผลการเรียนต่ำลงจนต้องพักการเรียน หรือพ้นสภาพนักศึกษา อาจทำให้เกิดพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ เช่น การติดสิ่งเสพติด ปัญหา

การขายบริการทางเพศ รวมทั้งการทำลายชีวิตตนเองด้วย (กรมสุขภาพจิต, 2541) ซึ่งสภาวะทางจิตของวัยรุ่นไทยกำลังเป็นปัญหาสาธารณสุขและสังคมที่ควรได้รับการสนใจ เนื่องจากภาวะเครียดในกลุ่มนักศึกษามีแนวโน้มสูงขึ้น จากผลการศึกษาความเครียดของนักศึกษามหาวิทยาลัยแม่โจ้ ปีพ.ศ. 2554 พบว่า ร้อยละ 57.6 มีความเครียดในระดับสูง ร้อยละ 22.1 เครียดระดับรุนแรง ร้อยละ 19.1 เครียดระดับปานกลาง และร้อยละ 1.2 มีความเครียดในระดับเล็กน้อย (สมโภชน์ เอี่ยมสุภาษิต และคณะ, 2546)

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครมีรูปแบบการศึกษาแบบระดับปริญญาตรีและระดับปริญญาโท โดยมีการเรียนการสอนแบ่งออกเป็น 6 คณะ ได้แก่ คณะครุศาสตร์ คณะวิทยาการจัดการ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และคณะเทคโนโลยีการเกษตร โดยรูปแบบการเรียนการสอนนั้นประกอบไปด้วยภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ รวมไปถึงให้นักศึกษามีการค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง นักศึกษาส่วนใหญ่มีความเครียดในการดำรงชีวิตในมหาวิทยาลัยโดยเฉพาะนักศึกษาชั้นปีที่ 1 เนื่องจากเวลาส่วนใหญ่ใช้ไปกับการทำกิจกรรมต่าง ๆ ในมหาวิทยาลัยนักศึกษาจึงเกิดความเครียดและยังพบปัญหาในเรื่องการปรับตัวใหม่ทั้งด้านสถานที่ รูปแบบการศึกษา รวมถึงการคบเพื่อนใหม่ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมาก จากการศึกษาความเครียดและการจัดการความเครียดของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครชั้นปีที่ 1 พบว่า มีความเครียดอยู่ในระดับสูง ร้อยละ 62.5 มีการจัดการความเครียดโดยการดูโทรทัศน์เพื่อผ่อนคลาย ร้อยละ 45.9 แต่ยังคงขาดการศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อความเครียดของนักศึกษา (ทวีทรัพย์ ผาใต้ และณัฐวุฒิ แดงประเสริฐ, 2553)

คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเครียดของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร เพื่อทราบลักษณะข้อมูลเบื้องต้น และระดับความเครียดของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 รวมถึงปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อความเครียดของนักศึกษา เพื่อที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการจัดกระบวนการเรียนการสอน และการพัฒนานักศึกษาของมหาวิทยาลัยเพื่อป้องกันการเกิดความเครียดของนักศึกษา รวมถึงการจัดการกับสิ่งท่ ก่อให้เกิดความเครียดได้อย่างเหมาะสม และให้นักศึกษาสามารถปรับตัวอยู่ในมหาวิทยาลัยได้อย่างมีความสุข

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

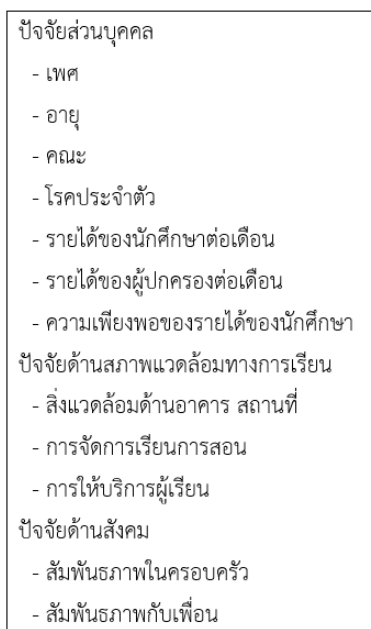
1. เพื่อศึกษาระดับและความเครียดของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเครียดของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

สมมติฐานในการวิจัย

1. ปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ คณะ โรคประจำตัว รายได้ของนักศึกษา รายได้ของผู้ปกครอง ความเพียงพอของรายได้ มีความสัมพันธ์กับความเครียดของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
2. ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมทางการเรียน ได้แก่ สภาพแวดล้อมด้านอาคารสถานที่ การจัดการเรียนการสอน การให้บริการผู้เรียน มีความสัมพันธ์กับความเครียดของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
3. ปัจจัยด้านสังคม ได้แก่ สัมพันธภาพในครอบครัว สัมพันธภาพกับเพื่อน มีความสัมพันธ์กับความเครียดของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ตัวแปรต้น



ตัวแปรตาม

ความเครียดของ
นักศึกษาชั้นปีที่ 1

ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการสำรวจ (Survey research) ประชากรที่จะศึกษา ได้แก่ นักศึกษาชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ภาคปกติ จำนวน 1,955 คน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ เป็นนักศึกษาทั้งเพศชายและเพศหญิง ที่กำลังศึกษา ชั้นปีที่ 1 อยู่ในมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ภาคปกติ ปีการศึกษา 2561 โดยใช้สูตร เครซีและมอร์แกน (Krejcie & Morgan, 1970) ค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 5% ได้กลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 322 คน สุ่มกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multistage sampling) ขั้นที่ 1 ใช้การสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น (Stratified random sampling) โดยการแบ่งนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ออกเป็น 6 คณะ ได้แก่ คณะครุศาสตร์ วิทยาการจัดการ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ เทคโนโลยีการเกษตร เทคโนโลยีอุตสาหกรรม ขั้นที่ 2 ดำเนินการหาจำนวนกลุ่มตัวอย่างในแต่ละคณะ โดยวิธีการแบ่งชั้นภูมิอย่างเป็นสัดส่วน (Proportional stratified random sampling) เทียบสัดส่วนกลุ่มตัวอย่างจากขนาดของประชากรในแต่ละคณะ หาได้จากสูตร

$$n = \frac{\text{ประชากรของแต่ละคณะ} \times \text{กลุ่มตัวอย่าง (n)}}{\text{ประชากรทั้งหมด (N)}}$$

ขั้นที่ 3 นำใบรายชื่อมาสุ่มโดยใช้คอมพิวเตอร์ โดยใช้คอมพิวเตอร์สร้างเลขสุ่มขึ้น มา 1 ถึง N แล้วใช้คำสั่งให้เลือกหมายเลขตามจำนวนที่ต้องการ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสอบถาม (Questionnaire) ประกอบด้วย 5 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 แบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ประกอบด้วย เพศ อายุ คณะ โรคประจำตัว รายได้ของนักศึกษาเฉลี่ยต่อเดือน รายได้ครอบครัวต่อเดือน ความเพียงพอของรายได้ของนักศึกษา และแหล่งที่มาของรายได้ของนักศึกษา เป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check list) และเติมคำสั้นๆ ในช่องว่าง (Short answer) ข้อคำถามเป็นลักษณะปลายปิด จำนวน 10 ข้อ

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามระดับความเครียด เป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยดัดแปลงมาจากแบบทดสอบความเครียดสวนปรุง ชุด 20 ข้อ (Suanprug Test-20, SPST-20) ของสุวัฒน์ มัทธินันต์ และคณะ (2541) โดยมีการปรับเกณฑ์คะแนนและข้อคำถามเกี่ยวกับการทำงานเป็นเรื่องเรียนแทน เพื่อให้เหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่างในครั้งนี้ สำหรับเกณฑ์การให้คะแนน 0 หมายถึง ไม่เคยเกิดเหตุการณ์นี้ 1 หมายถึง ไม่รู้สึกเครียด 2 หมายถึง รู้สึกเครียดเล็กน้อย 3 หมายถึง รู้สึกเครียดปานกลาง 4 หมายถึง รู้สึกเครียดมาก 5 หมายถึง รู้สึกเครียดมากที่สุด การแปลผลคะแนน คะแนน 0 – 23 มีระดับความเครียดน้อย คะแนน 24 – 41 มีระดับความเครียดปานกลาง คะแนน 42 – 61 มีระดับความเครียดสูง คะแนน 62 ขึ้นไป มีระดับความเครียดรุนแรง

ส่วนที่ 3 แบบสอบถามสัมพันธภาพในครอบครัว ข้อคำถามจะเป็นประโยคที่แสดงความรู้สึกทั้งด้านบวกและด้านลบ มี 15 ข้อ สำหรับเกณฑ์การให้คะแนน 1 หมายถึง ไม่ได้ปฏิบัติ 2 หมายถึง เป็นบ้างครั้ง 3 หมายถึง เป็นประจำ การแปลผล คะแนนเฉลี่ย 2.36-3.00 หมายถึง มีสัมพันธภาพในครอบครัวดี 1.68-2.35 หมายถึง มีสัมพันธภาพในครอบครัวปานกลาง 1.00-1.67 หมายถึง มีสัมพันธภาพในครอบครัวไม่ดี

ส่วนที่ 4 เป็นแบบสอบถามสัมพันธภาพกับเพื่อน ผู้วิจัยดัดแปลงมาจากแบบสอบถามของ (ศิริวรรณ สุวินท์, 2548) ข้อคำถามจะเป็นประโยคที่แสดงความรู้สึกทั้งด้านบวกและด้านลบ มี 13 ข้อ

ส่วนที่ 5 แบบสอบถามเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมทางการเรียน จำนวน 27 ข้อ สำหรับส่วนที่ 4 และส่วนที่ 5 มีเกณฑ์การให้คะแนนที่เหมือนกันคือ 1 หมายถึง จริงน้อยที่สุด 2 หมายถึง จริงน้อย 3 หมายถึง จริงบ้าง 4 หมายถึง จริง 5 หมายถึง จริงที่สุด เกณฑ์การแปลความหมายในส่วนที่ 4 คะแนนเฉลี่ย 3.67-5.00 หมายถึง มีสภาพแวดล้อมทางการเรียนดี คะแนนเฉลี่ย 2.34-3.66 หมายถึง มีสภาพแวดล้อมทางการเรียนปานกลาง คะแนนเฉลี่ย 1.00-2.33 หมายถึง มีสภาพแวดล้อมทางการเรียนไม่ดี เกณฑ์การแปลความหมายในส่วนที่ 5 คะแนนเฉลี่ย 3.67-5.00 หมายถึง มีสัมพันธภาพในครอบครัวดี คะแนนเฉลี่ย 2.34-3.66 หมายถึง มีสัมพันธภาพในครอบครัวปานกลาง คะแนนเฉลี่ย 1.00-2.33 หมายถึง มีสัมพันธภาพในครอบครัวไม่ดี

ในการศึกษานี้ คณะผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือโดยการตรวจสอบ ค่าความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน และหลังจากนั้นนำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญโดยได้ความตรงเชิงเนื้อหามากกว่า 0.8 ในทุกแบบสอบถามที่ทดสอบ และจากหลังนั้นนำแบบสอบถามที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วนำไปทดลองใช้ (Try out) กับกลุ่มตัวอย่างที่มีความคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้ จำนวน 30 คน และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม โดยใช้ Cronbach's Alpha Coefficient ซึ่งได้ค่าความเชื่อมั่นของส่วนที่ 2 แบบสอบถามระดับความเครียดได้ค่าเท่ากับ 0.87 ส่วนที่ 3 แบบสอบถามสัมพันธภาพในครอบครัว ได้ค่าเท่ากับ 0.81 และแบบสอบถามสัมพันธภาพกับเพื่อนได้ค่าเท่ากับ 0.78

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อผู้วิจัยตรวจสอบความถูกต้องของแบบสอบถามแล้ว นำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา วิเคราะห์โดยการแจกแจงความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบน

มาตรฐาน และสถิติเชิงอนุมาน ในการวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเครียด โดยใช้สถิติ ค่าไคสแควร์ (Chi-Square Test)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

จากผลการศึกษาพบว่า นักศึกษาชั้นปีที่ 1 จำนวน 322 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 66.5 มีอายุอยู่ในช่วงอายุ 19 ปี ร้อยละ 59.3 เป็นนักศึกษาคณะวิทยาการจัดการ ร้อยละ 28.9 ส่วนใหญ่ไม่มีโรคประจำตัว ร้อยละ 94.7 นักศึกษาส่วนใหญ่มีรายได้ต่ำกว่า 3,000 บาทต่อเดือน ร้อยละ 51.0 ครอบครัวยากจน ร้อยละ 10,000-30,000 บาทต่อเดือน ร้อยละ 46.9 และส่วนใหญ่มีรายได้ที่เพียงพอ ร้อยละ 79.5 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 จำแนกตามข้อมูลทั่วไป (n=322)

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	108	33.5
หญิง	214	66.5
อายุ		
18 ปี	110	34.2
19 ปี	191	59.3
20 ปี ขึ้นไป	21	6.5
(Min=18, Max= 23, $\bar{X}$ =18.8, S.D.= 0.6)		
คณะ		
คณะครุศาสตร์	68	21.1
คณะวิทยาการจัดการ	93	28.9
คณะเทคโนโลยีการเกษตร	14	4.3
คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์	75	23.3
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม	25	7.8
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	47	14.6
โรคประจำตัว		
ไม่มีโรคประจำตัว	305	94.7
มีโรคประจำตัว	17	5.3
รายได้ของนักศึกษาต่อเดือน (บาท)		
< 3,000	164	51.0
3,000-5,000	126	39.1
≥ 5,001	32	9.9
(Min=1,200, Max=72,000, $\bar{X}$ =4,026.7, S.D.= 4432.9)		

ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 จำแนกตามข้อมูลทั่วไป (n=322) (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (คน)	ร้อยละ
รายได้ของครอบครัวต่อเดือน (บาท)		
< 10,000	126	39.1
10,000-30,000	151	46.9
≥ 30,001	45	14.0
(Min=3,000, Max=300,000, $\bar{X}$ =21,744, S.D.= 24871.1)		
ความเพียงพอของรายได้ของนักศึกษา		
เพียงพอ	256	79.5
ไม่เพียงพอ	66	20.5

ระดับความเครียดของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ผลการศึกษาระดับความเครียด ส่วนใหญ่มีระดับความเครียดปานกลาง ร้อยละ 34.8 รองลงมาคือมีระดับความเครียดสูง ร้อยละ 32.9 มีระดับความเครียดน้อย ร้อยละ 22.4 และระดับรุนแรง ร้อยละ 9.9 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 จำแนกตามระดับความเครียด (n=322)

ระดับความเครียด	จำนวน (คน)	ร้อยละ
มีระดับความเครียดน้อย (0-23 คะแนน)	72	22.4
มีระดับความเครียดปานกลาง (24-41 คะแนน)	112	34.8
มีระดับความเครียดสูง (42-61 คะแนน)	106	32.9
มีระดับความเครียดรุนแรง (62 คะแนน ขึ้นไป)	32	9.9

Min=2, Max=87, $\bar{X}$ =38.1, S.D.=17.3

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเครียดของนักศึกษาชั้นปีที่ 1

การวิเคราะห์ในส่วนนี้ผู้วิจัยได้ มีการจัดระดับความเครียดไว้ 2 ระดับ คือ ระดับน้อยกับปานกลาง และระดับสูงกับรุนแรง เพื่อให้เหมาะสมกับค่าสถิติ ไค-สแควร์ เมื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเครียดพบว่าความเพียงพอของรายได้ของนักศึกษา อาคารสถานที่ การเรียนการสอน การให้บริการผู้เรียน สัมพันธภาพในครอบครัว และสัมพันธภาพกับเพื่อน เป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อความเครียดของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และปัจจัยที่ไม่มีความสัมพันธ์กับความเครียดของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ได้แก่ เพศ อายุ คณะ โรคประจำตัว รายได้ของนักศึกษาต่อเดือน และรายได้ของครอบครัวต่อเดือน ไม่มีความสัมพันธ์กับความเครียดของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเครียดของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 (n=322)

ปัจจัย	ระดับความเครียด		χ ²	P-value
	จำนวน (ร้อยละ)			
	น้อยถึงปานกลาง	สูงถึงรุนแรง		
ความเพียงพอของรายได้ของนักศึกษา				
เพียงพอ	154 (83.7)	102 (73.9)	4.631	0.031*
ไม่เพียงพอ	30 (16.3)	36 (26.1)		
อาคารสถานที่				
ไม่ดี	77 (41.8)	41 (29.7)	5.004	0.025*
ดี	107 (58.2)	97 (70.3)		
การเรียนการสอน				
ไม่ดี	60 (32.6)	29 (21.0)	5.300	0.021*
ดี	124 (67.4)	109 (79.0)		
การให้บริการผู้เรียน				
ไม่ดี	109 (59.2)	47 (34.1)	20.020	<0.001*
ดี	75 (40.8)	91 (65.9)		
สัมพันธภาพในครอบครัว				
ไม่ดี	56 (30.4)	49 (35.5)	1.274	<0.001*
ดี	128 (69.6)	89 (64.5)		
ด้านสัมพันธภาพกับเพื่อน				
ไม่ดี	127 (69.0)	38 (27.5)	54.320	<0.001*
ดี	57 (31.0)	100 (72.5)		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

ระดับความเครียดของนักศึกษาชั้นปีที่ 1

ผลการศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเครียดของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร พบว่า ระดับความเครียดของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 34.8 ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ ชัยชนะ นิ่มนวล (2557) ที่ศึกษาความเครียดและปัจจัยที่เกี่ยวข้องของนิสิตภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2557 โดยใช้แบบประเมินความเครียดสวนปรุง พบว่าระดับความเครียดของนิสิตส่วนใหญ่ร้อยละ 39.1 มีความเครียดอยู่ในระดับปานกลางเช่นเดียวกัน ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ นภัสกร ชันธศร (2558) ที่ศึกษาความเครียดและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความเครียดของนิสิตชั้นปีที่ 1 ระดับปริญญาตรี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2558 โดยใช้เครื่องมือแบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนบุคคล แบบสอบถามแหล่งความเครียด และแบบประเมินความเครียดสวนปรุง (ฉบับปรับปรุง) ผลการศึกษา พบว่า กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 32.1 มีความเครียดอยู่ในระดับรุนแรง ทั้งนี้มีความเป็นไปได้ว่าลักษณะกลุ่มตัวอย่างมีความแตกต่างกันในเรื่องของสาขาวิชาชีพที่ศึกษา รวมถึงเครื่องมือที่ใช้ในการวัดระดับความเครียดที่ผู้วิจัยใช้ ซึ่งอาจทำให้ผลการศึกษาแตกต่างจากการใช้เครื่องมือฉบับปรับปรุงของ นภัสกร ชันธศร (2558) นอกจากนี้ยังอาจเป็นไปได้ว่าลักษณะการเรียนรู้ในแต่ละสถาบันและสายอาชีพที่ต่างกันอาจส่งผลต่อความเครียดที่ต่างกัน

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเครียดของนักศึกษาชั้นปีที่ 1

ผลจากการศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเครียดของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร พบว่า ความเพียงพอของรายได้ ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมทางการเรียน ประกอบด้วย อาคารสถานที่ การเรียนการสอน และการให้บริการผู้เรียน ปัจจัยด้านสังคม ประกอบด้วย สัมพันธภาพในครอบครัว และสัมพันธภาพกับเพื่อน มีความสัมพันธ์ต่อความเครียดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

1) ความเพียงพอของรายได้ พบว่า มีความสัมพันธ์กับความเครียดของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ ธัญธรณ์ ทองแก้ว (2559) ที่ศึกษาความเครียดจากการทำงานและปัจจัยที่สัมพันธ์กับความเครียดของพยาบาลวิชาชีพแผนกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร พบว่า ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเครียด ได้แก่ ความเพียงพอของรายได้และภาวะสุขภาพจิต และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ กาญจนา วิเชียรประดิษฐ์ และทงศักดิ์ ยิ่งรัตนกุล (2556) ที่ศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเครียดจากการทำงานของพยาบาลวิชาชีพ พบว่า ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเครียดของพยาบาลวิชาชีพในโรงพยาบาลสังกัดมหาวิทยาลัยที่อยู่ในกำกับของรัฐ ได้แก่ ความเพียงพอของรายได้ ทั้งนี้เนื่องจากการเรียนการสอนในมหาวิทยาลัย ทำให้นักศึกษาต้องมีค่าใช้จ่ายในการเรียนที่เปลี่ยนแปลงไปจากมัธยมศึกษา เช่น ค่าลงทะเบียนเรียน ค่าเอกสารประกอบการเรียน ค่าหอพัก ค่าเดินทาง รวมถึงค่าใช้จ่ายส่วนตัว ครอบครัวจึงต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายส่งผลต่อการเลี้ยงดูและการส่งเสริมในด้านต่าง ๆ ให้กับนักศึกษาลดลง จึงทำให้นักศึกษาต้องมีการกู้ยืมเงินกองทุนกู้ยืมเพื่อการศึกษาเพื่อมาเป็นค่าใช้จ่ายและเป็นการแบ่งเบาภาระค่าใช้จ่ายของครอบครัว จึงทำให้เกิดความเครียดจากความไม่เพียงพอของรายได้

2) สภาพแวดล้อมทางการเรียนการสอน พบว่า มีความสัมพันธ์กับความเครียดของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ดังนี้

2.1) อาคารสถานที่ ผลการศึกษา พบว่า มีความสัมพันธ์กับความเครียดของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับงานศึกษาของ สิริทรัพย์

สีหะวงษ์ และคณะ (2561) ได้ศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อความเครียดของนักศึกษาคณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี พบว่า ห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการ ไม่มีความพร้อมและไม่เพียงพอต่อการเรียน ขาดการเตรียมความพร้อมก่อนการขึ้นฝึกปฏิบัติงานทางการพยาบาล และรู้สึกวิตกกังวล ในการขึ้นฝึกปฏิบัติงานทางการพยาบาล พบว่ามีความสัมพันธ์กับความเครียดของนักศึกษาพยาบาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ทั้งนี้เนื่องจากขนาดของห้องเรียนมีความคับแคบ จำนวนโต๊ะเก้าอี้ไม่เพียงพอต่อจำนวนนักศึกษาในชั้นเรียน รวมถึงวัสดุ อุปกรณ์ในการประกอบการเรียนการสอนไม่เพียงพอต่อนักศึกษาทำให้นักศึกษาเกิดความหงุดหงิด ไม่มีสมาธิในการเรียน จึงเป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเครียด

2.2) การจัดการเรียนการสอน ผลการศึกษา พบว่า มีความสัมพันธ์กับความเครียดของนักศึกษา ชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับงานศึกษาของชุดิมา อนันต์ชัย และคณะ (2555) ศึกษาสาเหตุระดับความเครียดและการเผชิญความเครียดในการฝึกภาคสนามปฏิบัติ ของนักศึกษาพยาบาล มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล พบว่า จำนวนรายงานหรืองานที่อาจารย์จำนวนมากมีความสัมพันธ์กับความเครียดของนักศึกษา เพราะในการเรียนการสอนในระดับอุดมศึกษามีจำนวนรายวิชาที่มากในแต่ละเทอมและเนื้อหาในแต่ละรายวิชาจะเจาะลึกทำให้นักศึกษาต้องขวนขวายหาความรู้เพิ่มเติมจากตำราที่อาจารย์แจกเพื่อให้เข้าใจในเนื้อหามากที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนักศึกษาชั้นปีที่ 1 เพิ่งเข้าสู่การเรียนการสอนในระดับมหาวิทยาลัย การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเรียนการสอนใหม่จากมัธยมเข้าสู่ระดับอุดมศึกษา ทำให้นักศึกษาต้องมีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมทางการเรียนที่เปลี่ยนแปลงไป คือ การปรับเปลี่ยนผู้สอนใหม่ การมอบหมายงานจำนวนมาก คาบเรียนที่เปลี่ยนแปลงรวมถึงการเรียนการสอนที่นักศึกษาต้องศึกษาเรียนรู้ด้วยตนเอง จึงเป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเครียด

2.3) การให้บริการผู้เรียน ผลการศึกษา พบว่า มีความสัมพันธ์กับความเครียดของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 พบว่า ด้านบริการผู้เรียน ระบบบริการอินเทอร์เน็ตของมหาวิทยาลัยมีความเร็วของระบบอินเทอร์เน็ตล่าช้า ทำให้นักศึกษามีความลำบากต่อการสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในการเรียน รวมถึงการทำงานส่งอาจารย์ในคาบเรียนอาจเกิดความล่าช้า ทำให้นักศึกษาส่งงานในคาบเรียนไม่ทันตามเวลาที่กำหนด ก่อให้เกิดความรู้สึกกดดันและไม่สบายใจ จึงเป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเครียดของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

3) สัมพันธภาพในครอบครัว พบว่า มีความสัมพันธ์กับความเครียดของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ ปาณิภา เสี่ยงเพราะ และคณะ (2557) ได้ศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเครียดจากการทำงานของพยาบาลในโรงพยาบาลเฉพาะทางโรคมะเร็ง เขตภาคกลาง พบว่า สัมพันธภาพในครอบครัว มีความสัมพันธ์กับความเครียดสอดคล้องกับผลการศึกษาของ สิริทรัพย์ สีหะวงษ์ และคณะ (2561) ได้ศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อความเครียดของนักศึกษาคณะพยาบาลศาสตร์มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี พบว่า ความสัมพันธ์ในครอบครัวเป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเครียด และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ สิบปกร สมสกุล (2548) ได้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความเครียดในการปฏิบัติงานของพยาบาลวิชาชีพที่ปฏิบัติงานในหอผู้ป่วย โรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช กองทัพอากาศกรุงเทพมหานคร พบว่า ปัจจัยด้านสัมพันธภาพในครอบครัวมีความสัมพันธ์กับความเครียด ทั้งนี้เนื่องจากครอบครัวเป็นสถาบันที่สำคัญ สมาชิกในครอบครัวจะต้องมีสัมพันธภาพในครอบครัวที่ดี มีการสนับสนุนหรือให้ความช่วยเหลือกัน คอยให้กำลังใจ และให้คำปรึกษาแก่กัน ผู้นำครอบครัวมีความรับผิดชอบต่อครอบครัว แต่หากสมาชิกในครอบครัวขาดการสื่อสารที่ดี เมื่อมีความขัดแย้งหรือปัญหาต้องการคำปรึกษา ไม่มีบุคคลในครอบครัวคอยให้กำลังใจ รวมถึงสมาชิกในครอบครัวขาดการทำกิจกรรมร่วมกันใน

ครอบครัว จึงทำให้นักศึกษาเกิดความเครียด จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ครอบครัวไม่สนใจในซึ่งกันและกัน ร้อยละ 60.6 รองลงมาสมาชิกในครอบครัวแก้ปัญหาหรือข้อขัดแย้งในครอบครัวด้วยวิธีทำร้ายร่างกาย ตบตี ร้อยละ 59.9 และสมาชิกในครอบครัวมักจะพูดคุยหรือปรึกษาปัญหากับคนอื่นมากกว่าสมาชิกในครอบครัว ร้อยละ 43.8

4) สัมพันธภาพกับเพื่อน พบว่า มีความสัมพันธ์กับความเครียดของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Paoon (2010) ที่ศึกษาความตึงเครียด การปรับตัวของนักศึกษาพยาบาล วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนีนันทบุรี พบว่า สัมพันธภาพกับเพื่อนมีความสัมพันธ์กับความเครียด และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Mary and Daniel (2003) ที่ศึกษาแหล่งที่ก่อให้เกิดความเครียดของนักศึกษากฎหมายอันนำมาซึ่งปัญหาการปรับตัว พบว่า ปัญหาความสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมชั้นเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดความเครียดในนิสิตกฎหมาย ทั้งนี้เนื่องจากเพื่อนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญต่อการใช้ชีวิตของนักศึกษาเป็นอย่างมาก การมีสัมพันธภาพที่ดีกับเพื่อนจะทำให้เกิดความสบายใจ อุ่นใจ ได้พูดคุยปัญหา ได้รับความเครียดรวมถึงช่วยเหลือกัน บางสถานการณ์เพื่อนสามารถช่วยเหลือเกื้อหนุนในการศึกษา สามารถให้กำลังใจในเรื่องทั่ว ๆ ไป นักศึกษาต้องมีการปรับตัวให้เข้ากับเพื่อน การปรับตัวให้เป็นที่ยอมรับของเพื่อนส่งผลให้มีแนวโน้มการเรียนสูงขึ้น แต่เมื่อเพื่อนไม่แสดงความรู้สึกลอยตัวไปตรงมา และขาดเพื่อนสนิทที่รู้ใจพอที่จะปรับทุกข์หรือปรึกษาการเรียน การเข้ากลุ่มทำงานที่ไม่ใช่เพื่อนสนิท รวมถึงการมีความขัดแย้งในชั้นเรียน จะทำให้รู้สึกลำบากใจที่ต้องทำกิจกรรมร่วมกับเพื่อน ๆ ในชั้นเรียนที่ไม่สนิท รวมถึงเพื่อนในกลุ่มไม่ยอมรับความคิดเห็นทำให้รู้สึกไม่สบายใจ ส่งผลให้เรียนอย่างไม่มีความสุข เป็นเหตุให้การเรียนไม่มีประสิทธิภาพ สัมพันธภาพกับเพื่อนจึงเป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเครียด ผลการศึกษานี้ พบว่า นักศึกษารู้สึกลำบากใจที่ต้องทำกิจกรรมร่วมกับเพื่อน ๆ ในชั้นเรียน ร้อยละ 55 รองลงมาเพื่อนในกลุ่มไม่ยอมรับความคิดเห็น ร้อยละ 52.2 และนักศึกษามีเรื่องขัดแย้งกับเพื่อนในชั้นเรียน ทำให้รู้สึกไม่สบายใจ ร้อยละ 48.8

สรุป

นักศึกษาชั้นปีที่ 1 จำนวน 322 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 66.5 มีอายุอยู่ในช่วงอายุ 19 ปี ร้อยละ 59.3 เป็นนักศึกษาคณะวิทยาการจัดการ ร้อยละ 28.9 ส่วนใหญ่ไม่มีโรคประจำตัว ร้อยละ 94.7 นักศึกษาส่วนใหญ่มีรายได้ต่ำกว่า 3,000 บาทต่อเดือน ร้อยละ 51.0 ครอบครัวส่วนใหญ่มีรายได้ 10,000-30,000 บาทต่อเดือน ร้อยละ 46.9 ส่วนใหญ่มีรายได้ที่เพียงพอ ร้อยละ 79.5 มีระดับความเครียดปานกลาง ร้อยละ 34.8 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อความเครียดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ได้แก่ ความเพียงพอของรายได้ของนักศึกษา สภาพแวดล้อมทางการเรียน อาคารสถานที่ การเรียนการสอน การให้บริการผู้เรียน สัมพันธภาพในครอบครัว และสัมพันธภาพกับเพื่อน

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

จากการศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเครียดของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ผลจากการวิจัย พบว่า ระดับความเครียดของนักศึกษายู่ในระดับปานกลาง สามารถป้องกันและแก้ไขได้ โดยอาศัยความร่วมมือกันทุกฝ่าย โดยมีข้อเสนอ ดังนี้

1) ผู้บริหาร คณาจารย์ควรให้ความสนใจติดตามความช่วยเหลือและหาสิ่งอำนวยความสะดวกทางด้านอุปกรณ์การเรียนการสอน การจัดสภาพแวดล้อมทางการเรียนให้เหมาะสม เช่น ตำราเรียน ศูนย์เครือข่ายด้านอินเทอร์เน็ตไร้สาย ห้องสมุดที่มีเอกสารการเรียนเฉพาะวิชาชีพมากขึ้น และเมนูอาหารในโรง

อาหารให้มีความเพียงพอต่อความต้องการของนักศึกษา

2) คณาจารย์แต่ละคณะควรจัดให้มีการประชุมผู้ปกครองนักเรียน ให้ผู้ปกครองได้มีส่วนร่วมกับการประชุมของมหาวิทยาลัยและการวางแผนดำเนินนโยบายต่าง ๆ เพื่อให้ผู้ปกครองกับนักศึกษามีโอกาสทำกิจกรรมร่วมกัน เกิดสัมพันธ์ภาพที่ดีต่อกันในครอบครัวทั้งที่บ้านและมหาวิทยาลัย

3) อาจารย์ผู้สอน และอาจารย์ที่ปรึกษาควรมีการส่งเสริมให้นักศึกษามีทัศนคติทางบวกต่อการคบเพื่อน โดยการฝึกให้นักศึกษารู้จักการปรับตัวให้เข้ากับเพื่อน การแก้ไขปัญหาเมื่อเกิดความขัดแย้งกับเพื่อน และการทำงานกลุ่มร่วมกับเพื่อน เพื่อให้เกิดสัมพันธ์ภาพระหว่างนักศึกษากับเพื่อนที่ดีและเข้ากับสังคมได้อย่างเหมาะสม

4) จากผลการวิจัยที่ได้สามารถนำไปใช้ในการวางแผนการเรียนการสอนที่เหมาะสมในแต่ละคณะ เช่น การจัดห้องเรียนให้มีความเหมาะสมกับจำนวนนักศึกษา เป็นต้น

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1) ควรศึกษาวิจัยเชิงคุณภาพ เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึก และมีรายละเอียดมากขึ้นในการค้นหาปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเครียดอื่น ๆ จากกลุ่มตัวอย่างเฉพาะกลุ่ม เช่น กลุ่มที่มีความเครียดรุนแรง หรือกลุ่มที่ไม่เครียด เป็นต้น

2) ควรศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับตัวแปรอื่นๆ ที่มีผลทำให้เกิดความเครียด และวิธีลดความเครียดของนักศึกษา เช่น นักศึกษาในระดับชั้นอื่น ๆ สัมพันธ์ภาพระหว่างอาจารย์กับนักศึกษา

3) ควรมีการศึกษาแบบทดลองโดยใช้ข้อมูลพื้นฐานที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ไปใช้ในการจัดโปรแกรมเพื่อศึกษาเกี่ยวกับความเครียดที่เหมาะสมได้

เอกสารอ้างอิง

กาญจนา วิเชียรประดิษฐ์, และทองศักดิ์ ยิ่งรัตนสุข. (2556). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเครียดจากการทำงานของพยาบาลวิชาชีพในโรงพยาบาลสังกัดมหาวิทยาลัยที่อยู่ในกำกับของรัฐ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยบูรพา.

กรมสุขภาพจิต. (2541). คู่มือคลายเครียด. กรุงเทพฯ : สยามเอ็มแอนด์บีพับลิชชิง.

ชุติมา อนันต์ชัย, กรองทิพย์ นาควิเชตร, และเรจินจิตร กลันทปุระ. (2555). การศึกษาสาเหตุระดับความเครียดและการเผชิญความเครียดในการฝึกภาคปฏิบัติของนักศึกษาพยาบาล มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล, 1(1), 15-22.

ชัยชนะ นิมนวล. (2557). ความเครียดของนิสิตระดับปริญญาตรี ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธัญธรณ์ ทองแก้ว. (2559). ความเครียดจากการทำงานและปัจจัยที่สัมพันธ์กับความเครียดของพยาบาลวิชาชีพแผนกผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทวีทรัพย์ ผาใต้, และณัฐวุฒิ แดงประเสริฐ. (2553). การศึกษาความเครียดและการจัดการความเครียดของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครชั้นปีที่ 1 ภาคปกติ (รายงานผลงานวิจัย). สกลนคร: มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.

นภัสกร ชันธวร. (2558). ความเครียดและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความเครียดของนิสิตชั้นปีที่ 1 ระดับ

- ปริญญาตรีจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ปาณิกา เสี่ยงเพราะ, ทศนีย์ รวีวรกุล, และอรรณ แก้วบุญชู. (2557). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเครียดจากการทำงานของพยาบาล ในโรงพยาบาลเฉพาะทางโรคมะเร็ง เขตภาคกลาง. **วารสารวิจัยทางวิทยาศาสตร์**, 8(1), 24-25.
- พรรณพิมล หล่อตระกูล. (2545). เครียดระดับสร้างสรรค์. **หมอชาวบ้าน**, 23(274), 9-16.
- วรวรรณ จุฑา, ดวงมล สิมจันทร์, และเขมาจิราภักษ์ เรื่องจิตวิทยา. (2554). **รายงานสถานการณ์ความเครียดคนไทย เมษายน 2552-เมษายน 2554**. นนทบุรี : กรมสุขภาพจิต.
- วราภรณ์ ตระกูลสกฤต. (2545). **จิตวิทยาการปรับตัว**. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.
- ศิริวรรณ สุวินท์. (2548). **องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกเรียนสาขางานคอมพิวเตอร์ธุรกิจของนักศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยอาชีวศึกษาสิงห์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สมิต อาชนิจกุล. (2537). **เครียดเป็นบ้า**. กรุงเทพฯ : สัมผัสสาร (ดอกหญ้า).
- สิริทรัพย์ สีหะวงษ์ และคณะ. (2561). ปัจจัยที่ส่งผลต่อความเครียดของนักศึกษาคณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. **วารสาร มจร.วิชาการ**, 21(42), 93.
- สีปการ สมสกุล. (2548). **ปัจจัยที่ส่งผลต่อความเครียดในการปฏิบัติงานของพยาบาลวิชาชีพที่ปฏิบัติงานในหอผู้ป่วย โรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดชกองทัพอากาศ กรุงเทพมหานคร**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สุวัฒน์ มหิตนรินทร์กุล, วนิดา พุ่มไพศาลชัย, และพิมพ์มาศ ตาปัญญา. (2541). การสร้างแบบวัดความเครียดสวนปรง. **วารสารสวนปรง**, 13(1), 1-20.
- สมโภชน์ เอี่ยมสุภาษิต และคณะ. (2546). **ความแตกต่างของเพศ ชั้นปี และสาขาวิชาที่มีผลกระทบต่อระดับความเครียดและการจัดการความเครียดของนิสิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Mary, P., & Daniel, M. (2003). What Predicts Adjustment among Law Students a Longitudinal Panel Study. **The Journal of Social Psychology**, 56(1), 727-745.
- Krejcie, R. V., & Morgan, D.W. 1970. Determining Simple Size of Research Activities. **Education and Psychological Measurement**, 30(3), 607-610.
- Lazarus, R. S. (1996). **Psychological Stress and Coping Processes**. Retrieved from <http://medind.nic.in/jak/t06/i1/jakt06i1p106.pdf>.
- Paoin, S. (2010). **Tension, Self-Adjustment of Nurse Students: Boromarajonani College of Nursing Nonthaburi**. Master Thesis. Kasetsart University.

การพัฒนารถไฟฟ้าขนาดเล็กขับเคลื่อนแบบ 4 ล้ออิสระสำหรับผู้พิการทางขา

ศิริวรรณ พลเศษ^{1*} กิตติศักดิ์ วาดสันทด² ปรัชญ์ ใจกว้าง³

Received : July 17, 2020

Revised : December 23, 2020

Accepted : December 25, 2020

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1) เพื่อพัฒนารถไฟฟ้าขนาดเล็กขับเคลื่อนแบบ 4 ล้ออิสระ สำหรับผู้พิการทางขา 2) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพ ซึ่งการพัฒนาเป็นรูปแบบนวัตกรรมสำหรับผู้พิการทางขาสามารถช่วยเหลือตนเองได้ หรือสามารถเคลื่อนย้ายไปยังสถานที่ต่าง ๆ ได้ตามความเหมาะสม ผู้วิจัยได้ศึกษาและพัฒนารถไฟฟ้าขนาดเล็กขับเคลื่อนแบบ 4 ล้ออิสระ โดยมีจุดเด่น คือ รถไฟฟ้าจำนวน 4 ล้อ สามารถขับเคลื่อนอิสระ เช่น ทางลาดชัน ทางขรุขระ ทางเนิน และทางต่างระดับ ซึ่งผลการทดลองครั้งนี้สรุปได้ว่า ผลการทดลองระบบควบคุมความเร็วสูงสุดอัตโนมัติ (Boost control) ที่ 4WD สามารถเคลื่อนที่ได้เพิ่มขึ้นจากความเร็วคงที่ 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็ว 18.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยวัดค่าไฟฟ้ากระแสได้ 20 แอมแปร์ ค่าไฟฟ้ากระแสตรงเมื่อรถออกตัวได้ 9.8 แอมแปร์ ขณะที่รถไฟฟ้าเร่งความเร็วสูงสุดสามารถรับน้ำหนักได้รวม ทั้งหมด 246 กิโลกรัม รถไฟฟ้าขนาดเล็กขับเคลื่อนแบบ 4 ล้ออิสระสามารถขึ้นฟุตบาทได้ โดยวัดความสูงของฟุตบาทที่ขณะมีผู้ใช้งานขับได้ระดับที่ 8 - 10 เซนติเมตรเท่านั้น

คำสำคัญ: รถไฟฟ้าขนาดเล็ก ขับเคลื่อน4ล้ออิสระ ผู้พิการทางขา

¹ อาจารย์ประจำหลักสูตร สาขาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี อีเมล: superorange2529@gmail.com

² อาจารย์ประจำหลักสูตร สาขาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี อีเมล: kittisak.wad@vru.ac.th

³ อาจารย์ประจำหลักสูตร สาขาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี อีเมล: p.kluay_elec@hotmail.com

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: superorange2529@gmail.com

THE DEVELOPMENT OF SMALL FREE 4-WHEEL DRIVE ELECTRIC CART FOR THE DISABLED

Siriwan Polset¹ Kititsak Wadsuntud² Prach Jaikwang³**Abstract**

The objectives purposes of this research ware 1) to develop small free 4-wheel drive electric carts for the disabled, 2) to measure the performance. Of the created model that facilitates the disabled to be able to support themselves when necessary or to help them with mobility. The researchers researched and built free electric carts for the disabled. The highlight is that it is possible to move freely on slopes, rugged roads, elevations, and uneven floors. The results from testing the boost control system showed that the 4-wheel drive electric cart could increase its speed from a constant speed of 10 km/h to 18.8 km/h; with the current voltage measured at 20 amps and the direct current voltage measured at 9.8 amps when they were first launched. The electric carts' gross weight when traveled by a user was 246 kg. The small 4-wheel drive electric cart were able to move up only the elevations of 8-10 centimeter when traveled by a user.

Keywords: Mini electric vehicle, Free 4-wheels drive, The disabled

¹ Lecturer, Mechatronic and Robotics Engineering, Industrial Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under the Royal Patronage, e-mail: superorange2529@gmail.com

² Lecturer, Mechatronic and Robotics Engineering, Industrial Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under the Royal Patronage, e-mail: kittisak.wad@vru.ac.th

³ Lecturer, Mechatronic and Robotics Engineering, Industrial Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under the Royal Patronage, e-mail: p.kluay_elec@hotmail.com

*Corresponding author, e-mail: superorange2529@gmail.com

บทนำ

ปัจจุบันตามข้อมูลสถิติของผู้พิการในประเทศไทยจากฐานข้อมูลของผู้มีบัตรคนพิการ ของกรมส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการ กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์ ข้อมูลเมื่อวันที่ 6 มกราคม 2563 มีจำนวนผู้พิการที่ยังมีชีวิตอยู่รวมทั้งสิ้น 1.99 ล้านคน โดยเมื่อพิจารณาเฉพาะจำนวนผู้พิการทางการเคลื่อนไหวหรือทางร่างกาย มีจำนวน 985,000 คน คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 49 ซึ่งถือว่าเป็นประเภทที่มีสัดส่วนสูงสุด เมื่อเทียบกับผู้พิการประเภทอื่น ๆ (สำนักข่าวแห่งชาติ กรมประชาสัมพันธ์, 2563)

ดังนั้นปัจจุบันการพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับผู้พิการทางขาหรือผู้สูงอายุนั้น จึงมีความต้องการนวัตกรรมเพื่อช่วยเหลือและส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้พิการทางขาหรือผู้สูงอายุ เนื่องจากนวัตกรรมที่พัฒนาขึ้นครั้งนี้จะได้มีผลกระทบและมีประโยชน์กับจำนวนของผู้พิการที่สามารถนำไปใช้พัฒนาคุณภาพชีวิตได้ในสัดส่วนที่มากกว่าประเภทอื่น โดยการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างได้ศึกษาความต้องการของผู้พิการเนื่องจากนวัตกรรมที่จัดทำขึ้นนั้นจะรองรับการใช้ชีวิตประจำวันของผู้พิการ ทางผู้จัดทำจึงได้ทั้งแนวคิด หาความรู้เพิ่มเติมและแนวทางการพัฒนางานวิจัยนี้ขึ้นมา ซึ่งได้ข้อสรุปดังกล่าวและได้แนวคิดในการพัฒนานวัตกรรมรถไฟฟ้าให้คนพิการทางขาสามารถขับและเคลื่อนที่ไปยังจุดที่ต้องการได้ในชีวิตประจำวัน โดยมีความพิเศษที่สามารถขับเคลื่อนได้แบบ 4 ล้ออิสระ เพื่อที่จะทำให้รถไฟฟ้ามักำล้งจนสามารถเคลื่อนที่ไปยังถนนในพื้นที่ที่มีทางขรุขระ หรือถนนที่ไม่ราบเรียบได้ และสามารถเคลื่อนที่ขึ้นฟุตบาท หรือขอบถนน ที่ไม่ถูกออกแบบไว้สำหรับผู้พิการ ซึ่งโดยปกติรถสำหรับผู้พิการทั่วไป ที่จะมีเพียง 3 ล้อ จะยังไม่สามารถขึ้นฟุตบาทได้

จากที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยได้พัฒนาเพื่อมีจุดประสงค์ให้เป็นนวัตกรรมทางเลือกของผู้พิการรวมถึงผู้สูงอายุ ที่สามารถเลือกนำไปใช้ประโยชน์ได้ตามบริบทความเหมาะสมสำหรับการใช้งานในชีวิตประจำวันและกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อให้ผู้พิการสามารถช่วยเหลือตนเองได้สำหรับการเดินทางไปยังสถานที่ต่าง ๆ ของผู้พิการหรือผู้สูงอายุ ทั้งนี้สามารถอยู่ร่วมกันในสังคมได้อย่างเสมอภาคอย่างยั่งยืนต่อไปได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนารถไฟฟ้าขนาดเล็กขับเคลื่อนแบบ 4 ล้ออิสระสำหรับผู้พิการทางขา
2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพรถไฟฟ้าขนาดเล็กขับเคลื่อนแบบ 4 ล้ออิสระ

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ได้พัฒนารถไฟฟ้าขนาดเล็กขับเคลื่อนแบบ 4 ล้ออิสระสำหรับผู้พิการทางขา โดยผู้วิจัยมีขั้นตอนการดำเนินงานและทดสอบประสิทธิภาพ ดังนี้

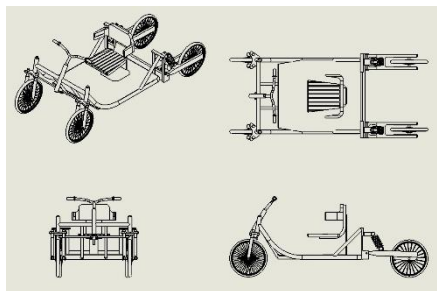
1. ศึกษาข้อมูลทางเทคนิค

จากการศึกษาข้อมูลทางเทคนิคพื้นฐานข้อมูลแนวคิดที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง เช่น รถจักรยานไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้าแบบไร้แปรงถ่าน และวิธีการควบคุมมอเตอร์ (เฉลิมพล เรืองพัฒนาวิวัฒน์ และ ยุทธนา กันทะพะเยา, 2559) จึงได้แนวคิดการพัฒนานวัตกรรมเพื่อผู้พิการทางขา โดยพัฒนาเป็นรถไฟฟ้าขนาดเล็ก

เล็กที่สามารถใช้มอเตอร์ไฟฟ้าหมุนล้อได้โดยอิสระทั้ง 4 ล้อ เพื่อให้ผู้ขับขี่ที่เป็นผู้พิการทางขา หรือผู้สูงอายุ สามารถเพิ่มแรงบิดของมอเตอร์สำหรับขับเคลื่อนรถไฟฟ้าให้เหมาะสมกับสภาพถนนหรือพื้นที่ที่ผู้พิการทางขาไม่สามารถเดินทางได้ จากการศึกษาข้อมูลดังกล่าวได้นำชุดประกอบของมอเตอร์สำหรับรถจักรยานไฟฟ้ามาใช้ เนื่องจากใช้เทคโนโลยีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่าน (Brushless DC หรือเรียกสั้นๆว่า BLDC) ที่มีลักษณะคล้ายดุมล้อขนาดเล็กที่มีชุดเฟืองแพลนเนตารี (Planetary gear) สำหรับเพิ่มแรงบิดภายในเพื่อให้มีประสิทธิภาพจะช่วยให้การออกตัวของล้อไม่สะดุด โดยไม่เพิ่มอุปกรณ์ในการควบคุมจังหวะออกตัว พร้อมทั้งในชุดประกอบที่มีการจำหน่ายโดยแพร่หลาย ซึ่งจะมีชุดกล่องควบคุมที่เหมาะสมกับขนาดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่าน ซึ่งทำให้มั่นใจได้ว่าชุดขับเคลื่อนมอเตอร์สามารถทำงานได้สัมพันธ์กับค่ามูเมนต์ของขดลวดในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่าน ส่วนชุดประกอบมอเตอร์สำหรับรถจักรยานไฟฟ้าครั้งนี้ จุดเด่นคือผู้วิจัยเน้นต้นทุนต่ำและเน้นอุปกรณ์ที่มีคุณภาพให้เหมาะสมสำหรับผู้ใช้งาน

2. การออกแบบรถไฟฟ้าขนาดเล็กขับเคลื่อนแบบ 4 ล้ออิสระสำหรับผู้พิการทางขา

จากการศึกษาข้อมูลดังกล่าวผู้วิจัยได้ทำการออกแบบรถไฟฟ้าขนาดเล็กขับเคลื่อนแบบ 4 ล้ออิสระสำหรับผู้พิการทางขา (Ebikethakit, 2554) โดยการทำการออกแบบโครงสร้าง ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ออกแบบโครงสร้างรถไฟฟ้าขนาดเล็กขับเคลื่อนแบบ 4 ล้ออิสระ 4 มุมมอง

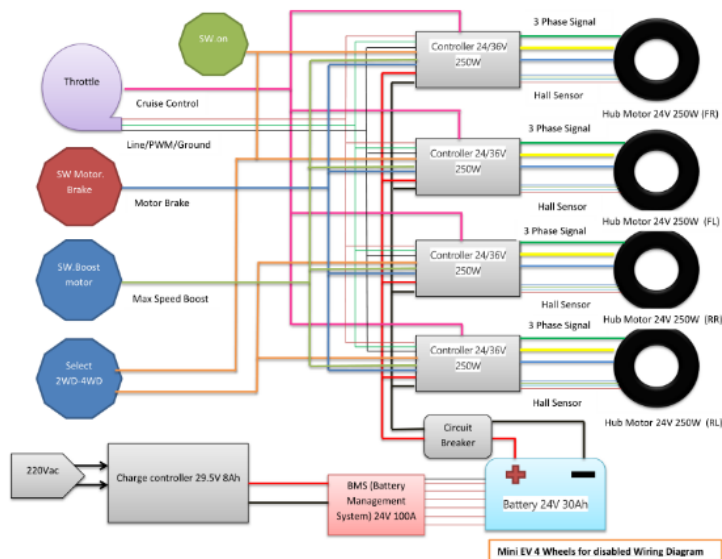
การออกแบบโครงสร้างรถไฟฟ้าขนาดเล็กขับเคลื่อนแบบ 4 ล้ออิสระ (A. Nasri, B. Gasbaoui, 2017) มีขั้นตอนดังนี้ 1) การออกแบบโครงสร้างสามารถรับน้ำหนักได้ถึง 100 กิโลกรัม 2) ล้อด้านหน้าติดตั้งโช๊คจักรยานทั้ง 2 ข้างเพื่อให้ผู้พิการสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก และสามารถเดินทางในทางต่างระดับได้ เช่น ทางบันไดไม่เกิน 2 ขั้น และทางสโลป 3) ล้อด้านหลังติดตั้งสปริงโช๊คเพื่อช่วยเพิ่มสมรรถนะในการขับขี่และเพิ่มการทรงตัวให้กับผู้พิการทางขาสำหรับการใช้งาน



ภาพที่ 2 รถไฟฟ้าขนาดเล็กขับเคลื่อนแบบ 4 ล้ออิสระ 4 มุมมอง

3. ระบบควบคุมและการเชื่อมต่อด้วยสายสัญญาณ

ขั้นตอนการออกแบบระบบควบคุมและการเชื่อมต่อด้วยสายสัญญาณ ได้ออกแบบวงจรตามโปรแกรมและทำการทดสอบระบบ เพื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์ในโครงสร้างรถไฟฟ้า ดังภาพที่ 2 รูปภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แสดงภาพการเชื่อมต่อสายสัญญาณ

การออกแบบระบบและการเชื่อมต่อสายไฟ และสายสัญญาณของรถไฟฟ้าเพื่อควบคุมการขับเคลื่อน ซึ่งอยู่ที่คันเร่งไฟฟ้าและปุ่มควบคุมเข้ากับชุดกล่องควบคุมมอเตอร์ที่แยกอิสระสำหรับการส่งสัญญาณไปยังมอเตอร์ไฟฟ้า

กระแสน้ำแปรปรวนที่ติดตั้งส่วนของตุ้มล้อย (Zachey Brandstater, 2011) โดยทำการเชื่อมต่อระหว่างชุดควบคุมของมอเตอร์เป็น 4 ชุด ทำการแยกออกจากกัน ทั้งนี้เพื่อให้สามารถควบคุมมอเตอร์รถไฟฟ้าได้ ทั้งแบบขับเคลื่อน 2 ล้อ และ ขับเคลื่อน 4 ล้อ ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบการเชื่อมต่อสัญญาณให้สามารถควบคุมผ่านคันเร่งไฟฟ้าเพียง 1 ชุด และ ออกแบบการเชื่อมต่อสวิตช์ควบคุมแบบการขับเคลื่อนให้ผู้พิทาททางฯ สามารถเลือกได้ว่าจะขับเคลื่อนแบบ 2 ล้อ และแบบ 4 ล้อ

4. วิธีการทดสอบระบบ

ขั้นตอนการดำเนินการทดลองประสิทธิภาพของรถไฟฟ้าขนาดเล็กขับเคลื่อนไฟฟ้าแบบ 4 ล้ออิสระ โดยมีวิธีการทดลองดังนี้

4.1 ทดลองระบบควบคุมความเร็วอัตโนมัติ (Cruise control) โดยทำการทดลองด้วยการขับรถไฟฟ้าบนพื้นราบ ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1. เปิดสวิตช์ที่คันเร่งไฟฟ้า ขั้นตอนที่ 2. กดสวิตช์ระบบควบคุมความเร็วอัตโนมัติ เพื่อตรวจสอบว่าความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถ โดยผู้ขับขี่ด้วยการใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่บนแอปพลิเคชันที่ชื่อว่า Speedometer สังเกตความเร็วคงที่ หรือไม่ ตรวจสอบค่ากระแสรวมที่ใช้ด้วยเครื่องมือวัดกระแสค่าไฟฟ้า กระแสตรงแบบคล่อง ทำการบันทึกผล



ภาพที่ 4 แสดงภาพแอปพลิเคชัน (Speedometer mobile application)

4.2 ทดลองระบบควบคุมเพิ่มความเร็วสูงสุดอัตโนมัติ Speed booster โดยทำการทดลองด้วยการขับรถไฟฟ้าบนพื้น เปิดสวิตช์ที่คันเร่งไฟฟ้า และกดสวิตช์ Max speed booster control แล้วตรวจสอบว่าความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถ โดยผู้ขับขี่ด้วยการใช้แอปพลิเคชันที่ชื่อว่า Speedometer สังเกตความเร็วเร่งว่าเพิ่มขึ้น หรือไม่ ตรวจสอบค่ากระแสรวมที่ใช้ด้วยเครื่องมือวัดค่าไฟฟ้ากระแสตรงแบบคล่องเพื่อทำบันทึกผลการทดลอง



ภาพที่ 5 แสดงภาพเครื่องวัดค่ากระแสไฟฟ้า

4.3 ทำการทดลองขับเคลื่อนหุ่นยนต์ โดยทดลองด้วยการขับรถไฟฟ้านบนพื้นราบ จากนั้นเปิดสวิตช์ที่คันเร่งไฟฟ้า และบิดคันเร่งไฟฟ้า เพื่อเร่งขับเคลื่อนขึ้นหุ่นยนต์ วัดความสูงของหุ่นยนต์ที่สามารถขึ้นได้ ทำการบันทึกผล

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

คณะผู้วิจัยได้ทำการทดสอบสมรรถนะพาหุไฟฟ้าขนาดเล็กขับเคลื่อนแบบ 4 ล้ออิสระสำหรับผู้พิการทางขา โดยการทดสอบครั้งนี้เป็นการทดสอบการทำงานของระบบรถไฟฟ้านขนาดเล็กขับเคลื่อนแบบ 4 ล้ออิสระจากบุคคลปกติเป็นการทดสอบประสิทธิภาพการใช้น้ำมันดังกล่าวดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ผลการทดลองระบบการควบคุมความเร็วอัตโนมัติ (Cruise control) ที่ 4WD

ปัจจัย	ค่าที่วัดได้	หน่วย
น้ำหนักกรร	148	Kg
น้ำหนักคนขับ	98	Kg.
ค่าแรงดันที่วัดเมื่อรถออกตัว	29.04	V.
ค่าแรงดันที่วัดได้ที่ความเร็วสูงสุด	28.8	V.
ระบบการขับเคลื่อน	4	WD
ค่าความเร็วเมื่อกดปุ่มระบบการควบคุม	10	Km./H
ความเร็วอัตโนมัติ (Cruise Control)		
ค่าไฟฟ้ากระแสตรงเมื่อรถออกตัว	20.0	A.
ค่าไฟฟ้ากระแสตรงเมื่อรถที่ความเร็วคงที่	9.6	A.
ความเร็วคงที่	ค่าความเร็วคงที่	-

จากตารางที่ 1 ผลการทดลองระบบการควบคุมความเร็วอัตโนมัติ (Cruise control) ได้ผลว่าระบบควบคุมทำงานถูกต้องเนื่องจากวารถไฟฟ้าที่ขับเคลื่อนแบบ 4 WD สามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยความเร็วคงที่ ที่ 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยวัดค่าไฟฟ้ากระแสตรงได้ 20 แอมแปร์ เมื่อเริ่มออกตัวรถ และวัดค่าค่าไฟฟ้ากระแสตรงได้

9.6 แอมแปร์ โดยมีความความเร็วคงที่ ขนาดทดลองนั้นค่าน้ำหนักรถไฟฟ้าและคนขับมีน้ำหนักรวม 246 กิโลกรัม

ขั้นตอนการทดลองด้วยการขับรถไฟฟ้าบนพื้นราบ เปิดสวิตช์ที่คันเร่งไฟฟ้า และกดสวิตช์ Max speed Booster control แล้วตรวจสอบว่าความเร็วในการเคลื่อนของรถ โดยผู้ขับขี่ด้วยการใช้แอปพลิเคชัน ที่ชื่อว่า Speedometer สังเกตความเร็วจะเพิ่มขึ้นหรือไม่นั้น พร้อมการตรวจสอบการวัดค่ากระแสรวมที่ใช้ด้วย เครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสตรงแบบคล่อง

ตารางที่ 2 ผลการทดลองระบบควบคุมความเร็วสูงสุดอัตโนมัติ (Boost control) ที่ 4WD

ปัจจัย	ค่าที่วัดได้	หน่วย
น้ำหนักรถ	148	Kg.
น้ำหนักคนขับ	98	Kg.
ค่าแรงดันที่วัดเมื่อรถออกตัว	29.04	V.
ค่าแรงดันที่วัดได้ที่ความเร็วสูงสุด	28.8	V.
ระบบการขับเคลื่อน	2	WD.
ค่าความเร็วเมื่อหมุนคันเร่งไฟฟ้าตอนออกตัว	0.2	Km./H
ค่าความเร็วสูงสุด	22.3	Km./H
ไฟฟ้ากระแสตรงเมื่อรถออกตัว	20.0	A.
ไฟฟ้ากระแสตรงที่ความเร็วสูงสุด	9.8	A.
ระยะทางที่ได้ความเร็วสูงสุด	15	M.
ความเร็วเพิ่มขึ้นเมื่อกด Boost Speed	ค่าความเร็วเพิ่มขึ้น	-

จากตารางที่ 2 ผลการทดลองระบบควบคุมความเร็วสูงสุดอัตโนมัติ (Boost control) ที่ 4WD ได้ผลว่า ระบบควบคุมทำงานถูกต้องเนื่องจากว่ารถไฟฟ้าที่ขับเคลื่อนแบบ 4WD สามารถเคลื่อนที่ได้เพิ่มขึ้นจากความเร็ว คงที่ 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มาที่ความเร็ว 18.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยวัดค่าไฟฟ้ากระแสตรงได้ 20 แอมแปร์ เมื่อรถออกตัว และได้ค่า ไฟฟ้ากระแสตรงได้ 9.8 แอมแปร์ ที่ความเร็วสูงสุด รถไฟฟ้าและคนขับมีน้ำหนักรวม 246 กิโลกรัม

เมื่อทดสอบด้วยการขับรถไฟฟ้าขนาดเล็กขับเคลื่อนไฟฟ้าแบบ 4 ล้ออิสระบนพื้น เปิดสวิตช์ที่คันเร่งไฟฟ้า และบีบคันเร่งไฟฟ้า โดยใช้การขับเคลื่อนแบบ 4 WD แล้วขับเคลื่อนฟุตบอล วัดความสูงของฟุตบอลที่ขับเคลื่อนได้ทำการบันทึกผลในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการขับรถไฟฟ้าขนาดเล็กขับเคลื่อนไฟฟ้าแบบ 4 ล้ออิสระขึ้นฟุตบาท

ความสูงของฟุตบาท	รถไฟฟ้าสามารถขับขึ้นฟุตบาท
ระดับที่ 1 ระยะ 8 เซนติเมตร	สามารถขึ้นฟุตบาท
ระดับที่ 2 ระยะ 9 เซนติเมตร	สามารถขึ้นฟุตบาท
ระดับที่ 3 ระยะ 10 เซนติเมตร	สามารถขึ้นฟุตบาท
ระดับที่ 4 ระยะ 11 เซนติเมตร	ไม่สามารถขึ้นฟุตบาท

จากผลการทดสอบในตารางที่ 3 การขับรถไฟฟ้าขึ้นฟุตบาท สามารถขึ้นฟุตบาทได้ที่ความสูงของฟุตบาทสูงสุด 10 เซนติเมตร

สรุป

การพัฒนาารถไฟฟ้าขนาดเล็กขับเคลื่อนแบบ 4 ล้ออิสระสำหรับผู้พิการทางขาหรือผู้สูงอายุ โดยใช้มอเตอร์ฮับที่มีกำลัง 250 วัตต์ ติดตั้งคัมล้อทั้งสี่ล้อ และออกแบบระบบการเชื่อมต่อสัญญาณให้สามารถควบคุมการทำงานจากคันเร่งไฟฟ้าเพียงชุดเดียว เมื่อประกอบรถไฟฟ้าสำเร็จนั้นขนาดน้ำหนักที่ 148 กิโลกรัม

จากผลการทดลองระบบควบคุมความเร็วสูงสุดอัตโนมัติ (Boost control) แบบ 4WD ได้ผลว่าระบบควบคุมทำงานถูกต้องเนื่องจากวารถไฟฟ้าที่ขับเคลื่อนแบบ 4WD สามารถเคลื่อนที่ได้เพิ่มขึ้นจากความเร็วคงที่ 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ด้วยความเร็ว 18.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยวัดค่าไฟฟ้ากระแสตรงได้ 20 แอมแปร์ เมื่อรถไฟฟ้าออกตัวสามารถได้วัดค่าไฟฟ้ากระแสตรงคือ 9.8 แอมแปร์ ที่ความเร็วสูงสุดรถไฟฟ้าและคนขับมีน้ำหนักรวม 246 กิโลกรัม

จากทดสอบด้วยการขับรถไฟฟ้าขนาดเล็กขับเคลื่อนไฟฟ้าแบบ 4 ล้ออิสระบนพื้น เปิดสวิตช์ที่คันเร่งไฟฟ้าและควบคุมด้วยคันเร่งไฟฟ้า โดยการทดลองการขับเคลื่อนแบบ 4 WD รถไฟฟ้าสามารถขับขึ้นฟุตบาท ได้ทั้ง 3 ระดับ ดังนี้ ระดับที่ 1 ได้ 8 เซนติเมตร, ระดับที่ 2 ได้ 9 เซนติเมตร และระดับที่ 3 ได้ 10 เซนติเมตร

ข้อเสนอแนะ

แนวทางพัฒนาโครงการ ผู้พัฒนาสามารถปรับเปลี่ยนสเปกเพิ่มเติมตามความสามารถของรถไฟฟ้าได้ดังนี้

1. สามารถปรับปรุงระบบเบรกให้เป็นแบบดิสก์เบรกได้ทั้ง 2 ล้อหลังเพื่อลดช่วงการเบรกให้อยู่ภายในระยะที่สามารถควบคุมได้
2. สามารถเชื่อมต่อกับโซล่าเซลล์เพื่อใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นต้นกำลังช่วยเพิ่มระยะทางในการขับขี่ให้ได้ระยะไกล

3. สามารถพัฒนาโครงสร้างของตัวรถไฟฟ้าขนาดเล็กขับเคลื่อนไฟฟ้าแบบ 4 ล้ออิสระ เพื่อประกอบเข้ากับลิฟต์แบบยกตัว สำหรับรองรับผู้พิการที่ใช้รถเข็น เพื่อนำรถเข็นขึ้นขึ้นมาบนตัวรถเข็นให้เป็นเก้าอี้ และใช้ขับเคลื่อนได้ในชีวิตประจำวัน

เอกสารอ้างอิง

- เฉลิมพล เรืองพัฒนาวิวัฒน์ และยุทธนา กันทะพะเยา. (2559). การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่านด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับจักรยานสามล้อไฟฟ้า. **วารสารวิศวกรรมศาสตร์ศาสตร์มหาวิทยาลัยราชชมงคลล้านนา**, ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 , หน้า 17-22
- สำนักข่าวแห่งชาติ กรมประชาสัมพันธ์. (2563). **สถานการณ์คนพิการ วันที่ 6 มกราคม 2563**. สืบค้นจาก http://122.155.92.12/centerweb/News/NewsDetail?NT01_NewsID=TCATG200103223333905
- A. Nasri, B. Gasbaoui. (2017). Novel Propulsion System Applied for For Wheels Electronic Vehicle Using Hybrid Fuzzy Sliding Mode Controller. **International Journal on Electrical Engineering and Informatics**, 9(3), 496-481.
- Ebikethakit. (2554). **จักรยานไฟฟ้า เพื่อศึกษาและใช้งาน**. สืบค้นจาก <https://www.ebikethakit.com/เรียนรู้สร้างจักรยานไฟฟ้า-980.page>
- Zachey Brandstater. (2011). **Tractiion Control and Torque Vectoring with Wheel Hub Motors**, Retrieved from <http://robotics.ee.uwa.edu.au/theses/2011-REV-SAE-TractionControl-Brandstater.pdf>

ภาคผนวก

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 สาขาย่อยนวนนคร 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 สาขาอยุธยา นครชัยศรี 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 หากผู้เขียนบทความวิจัยซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่าผู้นิพนธ์บทความไม่ปฏิบัติตามระเบียบการตีพิมพ์บทความวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ กองบรรณาธิการมีสิทธิ์แจ้งยกเลิกการพิจารณาตีพิมพ์บทความวิจัยโดยไม่คืนเงินค่าธรรมเนียมบำรุงวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
6. บทความวิจัยที่ส่งมาจะได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ต่อเมื่อได้ผ่านกระบวนการประเมินเห็นสมควรให้ตีพิมพ์เผยแพร่โดยผู้ทรงคุณวุฒิที่มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์แต่งตั้งขึ้น อย่างน้อย 2 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 สามารถอธิบายสาระของเรื่องได้ใช้รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ตัวหนา ขนาด 14 Point จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ
 - 4.2 **ชื่อผู้รับผิดชอบบทความ** มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ใช้ชื่อเต็มไม่ต้องระบุคำนำหน้าชื่อ ใส่เครื่องหมายเชิงอรรถเป็นตัวเลขยกไว้ท้ายนามสกุลเรียงลำดับตามจำนวนผู้รับผิดชอบและใส่เครื่องหมายดอกจัน (*) ไว้บนเลขยกเพื่อแสดงว่าเป็นผู้รับผิดชอบหลัก รูปแบบตัวอักษร TH SarabunPSK ตัวหนา ขนาด 14 Point จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ โดยใส่รายละเอียดที่อยู่ผู้รับผิดชอบและอีเมลผู้รับผิดชอบหลักในเชิงอรรถ
 - 4.3 **ที่อยู่ผู้รับผิดชอบบทความ** ใส่รายละเอียดในเชิงอรรถข้อความที่เขียนไว้ส่วนล่างของหน้ากระดาษและมีเส้นคั่นระหว่างเชิงอรรถกับตัวบทคัดย่อ (Abstract) อย่างชัดเจน โดยขีดเส้นคั่นจากริมกระดาษด้านซ้าย ไปทางด้านขวาประมาณ 1 นิ้ว หรือ 7 ตัวอักษร ใส่ตัวเลขกำกับไว้เหนือตัวอักษรตัวแรกเล็กน้อย ตัวเลขต้องตรงกับตัวเลขที่กำกับไว้กับชื่อผู้รับผิดชอบตำแหน่งทางวิชาการ (ถ้ามี) สถานที่ทำงาน หน่วยงานหรือสถาบัน และอีเมลแอดเดรส (E-mail Address) ของผู้รับผิดชอบทุกท่าน 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 โดยใช้สำนวนให้กระชับ 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) ไม่ใช้ชื่อย่อ
- 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. ยกเว้นกรณีอ้างในเนื้อเรื่องที่มีผู้แต่งตั้งแต่สามคนขึ้นไปและหลังจากได้มีการอ้างครั้งแรกไว้ก่อนหน้านั้นแล้ว หรือการอ้างที่มีผู้แต่งตั้งแต่หกคนขึ้นไป
- 4.7.11 การอ้างจากวารสารและนิตยสารให้ระบุหน้าแรกถึงหน้าสุดท้าย โดยไม่ใช้คำย่อ “p.” หรือ “pp.” นอกจากหนังสือ
- 4.7.12 การติดต่อส่วนตัวโดยสื่อใดๆ ก็ตาม สามารถอ้างอิงได้ในเนื้อเรื่อง แต่ต้องไม่มีการระบุไว้ในรายการเอกสารอ้างอิง เพราะผู้อื่นไม่สามารถติดตามข้อมูลเหล่านั้นได้
- 4.7.13 การอ้างอิงจาก Website ให้ระบุวัน เดือน ปีที่พิมพ์ ถ้าไม่ปรากฏให้อ้างวันที่ทำการสืบค้น และระบุ URL ให้ชัดเจน ถูกต้อง เมื่อจบ URL address ห้ามใส่จุด (.) ข้างท้าย
- 4.7.14 Website ไม่บอกวันที่ ให้ระบุ n.d.
- 4.7.15 หลัง มหัพภาค “.” (period) เว้น 2 บรรทัด
- 4.7.16 หลัง จุลภาค “,” (comma) เว้น 1 บรรทัด
- 4.7.17 หลัง อัฒภาค “;” (semicolon) เว้น 1 บรรทัด
- 4.7.18 หลัง ทวิภาค “:” (colons) เว้น 1 บรรทัด
- 4.7.19 รูปแบบและตัวอย่างการอ้างอิงจากสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ

- รูปแบบ: 1. หนังสือหรือตำรา
ตัวอย่างเช่น ชื่อผู้แต่ง. //(ปีที่พิมพ์).//ชื่อหนังสือ./ครั้งที่พิมพ์(ถ้ามี). //เมืองที่พิมพ์: /สำนักพิมพ์.
ไพรัช รัชชพิงษ์, และกฤษณะ ช่างกล่อม. (2541). **งานพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานสารสนเทศแห่งชาติ
เพื่อการศึกษา**. กรุงเทพฯ: แพร่พิทยา.
Mitchell, T. R., & Larson, J. R., Jr. (1987). **People in organizations: An introduction to
organizational behavior** (3rd ed.). New York: McGraw-Hill.
- รูปแบบ: 2. หนังสือหรือตำราที่มีบรรณาธิการ
ตัวอย่างเช่น ชื่อบรรณาธิการ(ผู้รวบรวม). //(ปีที่พิมพ์).//ชื่อหนังสือ./เมืองที่พิมพ์: /สำนักพิมพ์.
อดุลย์ วิริยเวชกุล, (บก.). (2541). **คู่มือจัดการเรียนการสอนระดับบัณฑิตศึกษา**. นครปฐม:
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.
Gibbs, J. T., & Huang, L. N. (Eds.). (1991). **Children of color: Psychological
interventions with minority youth**. San Francisco: Jossey-Bass.
- รูปแบบ: 3. วิทยานิพนธ์
ตัวอย่างเช่น ชื่อผู้แต่ง. //(ปีที่พิมพ์).//ชื่อวิทยานิพนธ์./ระดับวิทยานิพนธ์./มหาวิทยาลัย.
พรพิมล เฉลิมพลาณภาพ. (2535). **พฤติกรรมและการแสวงหาข่าวสารและการใช้เทคโนโลยีการ
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). การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยการลด
ความสูญเสียในกระบวนการผลิตแอลกอฮอล์, 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, /หน้าที่นำมาอ้าง.
ตัวอย่างเช่น สายใจ ดวงมาลี. (2548, มิถุนายน 7) มาลาเรียลาม3จว.ได้ตอนบน 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). **ประเพณีใส่
กระจาดชาวไทยพวนสอนให้รู้จักแบ่งปัน มีน้ำใจ.** สืบค้นจาก
[http://www.m-culture.go.th/culture01/highlight/highlightdetail.
php?highlight_id=114&lang=th](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** ผู้มีพันธบัตรความต้องการส่งต้นฉบับที่พิมพ์ตามรูปแบบของต้นฉบับในข้อกำหนดของคำแนะนำการเขียนและ
ส่งต้นฉบับวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ในรูปแบบ Word Document (.docx) และ
PDF File (.pdf) พร้อมแบบนำเสนอบทความวิจัยลงตีพิมพ์เผยแพร่วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์และสำเนาหลักฐานการชำระเงินค่าธรรมเนียมบำรุงวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์
ในพระบรมราชูปถัมภ์ มาที่เว็บไซต์ <https://tci-thaijo.org/index.php/vrurdistjournal/index> บทความวิจัยที่ปฏิบัติ
ตามคำแนะนำจะได้รับพิจารณาดำเนินการโดยทันที

6. การประเมินบทความวิจัย และลิขสิทธิ์ในการตีพิมพ์เผยแพร่

- 6.1 **การอ่านประเมินต้นฉบับ** บทความวิจัยต้นฉบับที่ส่งเข้ามาเพื่อลงตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิจัยและพัฒนา
วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จะได้รับการอ่านประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review) ในสาขานั้น ๆ อย่างน้อย
จำนวน 2 ท่านต่อเรื่องและส่งผลการอ่านประเมินคืนผู้มีพันธบัตรความให้เพิ่มเติม แก้ไข แล้วแต่กรณี โดยบทความที่ผ่านการ
ประเมินได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ผู้มีพันธบัตรความจะได้รับหนังสือแจ้ง
พิจารณาการตีพิมพ์ พร้อมวารสารฉบับที่บทความวิจัยนั้นลงตีพิมพ์ จำนวน 1 ฉบับ

- 6.2 **ลิขสิทธิ์บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรม
ราชูปถัมภ์** ถือเป็นกรรมสิทธิ์ของสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ห้ามนำ
ข้อความทั้งหมดหรือบางส่วนไปพิมพ์ซ้ำ เว้นแต่จะได้รับอนุญาตจากมหาวิทยาลัยเป็นลายลักษณ์อักษร

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

รูปแบบบทความวิจัย
และพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

[illegible]

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 ให้เรียงลำดับชื่อผู้แต่งหรือผู้รายงานตามลำดับอักษรเริ่มต้นด้วยเอกสารภาษาไทยก่อน แล้วต่อด้วยเอกสารภาษาต่างประเทศ.....

(ตัวปกติขนาด 14 point จัดกระจ่าย)

2 ซม.

[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)

ขั้นตอนการตีพิมพ์บทความวิจัย
วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

