



วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

Udon Thani Rajabhat University Journal of Science and Technology

ปีที่ 12 ฉบับที่ 1 (มกราคม – เมษายน 2567) | Vol.12 Issue.1 (January – April 2024)

ISSN 2287 – 0083

บทความวิจัย

- การพัฒนาขนมขบเคี้ยวสุนัขจากโปรตีนหนอนแมลงวันลายระยะก่อนเข้าดักแด้
ณัฐพงศ์ เมธินธรังสรรค์, ศศมล ผาสุข, ปุณณุช นิลแสง และ ศรีน้อย ชุ่มคำ 1
- การศึกษาเอกลักษณ์ของพืชสมุนไพรที่ใช้รักษาโรคผิวหนังทางการแพทย์แผนไทย
ศิริพัทธ์ จันทร์สังสา, นวรัตน์ วิริยะเชษม และ ศิวพงษ์ ต้นสุวรรณวงศ์ 17
- การพัฒนาระบบตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็กอัจฉริยะ สำหรับภายในและภายนอกอาคาร
จริยา พันธ และ ศรัทธญา บุญเฉลียว 33
- จลนพลศาสตร์การสลายตัวของสารต้านออกซิเดชันในน้ำมันมะเขือเทศเข้มข้นระหว่างกระบวนการให้ความร้อน
ธนกร ราชพิลา, ทัดดาว อภิรมย์ และ กิ่งกาญจน์ ป้องทอง 49
- ผลของโปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะแห่งตนต่อพฤติกรรมการปฏิบัติตัวเพื่อชะลอไตเสื่อม
ในผู้ป่วยโรคเบาหวานที่มีภาวะไตแทรกซ้อนเรื้อรัง
วิจิตรา ชัยภักดิ์ 61
- การพัฒนาระบบสนับสนุนการจัดทดสอบและการประเมินผลออนไลน์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี
เสาวนีย์ ประญาเกรียงไกร, จุฑามาส ศิริอังกูรวาณิช และ สุปราณี ห้อมมา 83
- ความชุกของโรคมะเร็งบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์และโรคมดลูกอักเสบแบบมีหนองในสุนัขอัจฉริยะที่นำมาทำหมัน
ณ มูลนิธิเพื่อสุนัขในซอยกรุงเทพมหานคร
ปรางค์ปริยา ทอดทอง, อีระกุล นิลนนท์, สุดารัตน์ เมืองคู่, อรอนงค์ สลับแก้ว
และ วัฒนพงษ์ มีธรรม 105
- การวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบและลักษณะสัณฐานของรอยเปื้อนแป้งผัดหน้าบนผ้าที่แตกต่างกัน
โดย SEM/EDS สำหรับงานด้านนิติวิทยาศาสตร์
ศุภิสรา นรนิ่ม และ ปริญญญา สีสานันท์ 123



วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ปีที่ 12 ฉบับที่ 1 (2567)

UDON THANI RAJABHAT UNIVERSITY
JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
Vol.12 Issue.1 (2024)

ISSN 2287-0083

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปีที่ 12 ฉบับที่ 1 (2567)

วัตถุประสงค์

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (UDON THANI RAJABHAT UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY; ISSN 2287-0083) ชื่อย่อภาษาอังกฤษ “UDRU Sci. & Tech. J.” มีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่บทความวิจัยและบทความวิชาการของคณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการและนักศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีวารสารรับการตีพิมพ์เผยแพร่บทความ ในกลุ่มวิทยาศาสตร์ สาขาเคมี ฟิสิกส์ ชีววิทยา และคณิตศาสตร์ กลุ่มวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ วิทยาศาสตร์การกีฬา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วัสดุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพ กลุ่มเกษตรศาสตร์ สาขาพืชศาสตร์ เศรษฐศาสตร์เกษตร ประมง และสัตวศาสตร์ และกลุ่มวิศวกรรมศาสตร์ สาขาเครื่องกล, พลังงาน อิเล็กทรอนิกส์ ไฟฟ้า และคอมพิวเตอร์ โดยมีกำหนดเผยแพร่ ปีละ 3 ฉบับ ฉบับที่ 1 (มกราคม – เมษายน) ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม – สิงหาคม) และฉบับที่ 3 (กันยายน – ธันวาคม) ของทุกปี

เจ้าของ

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณิตรา วัฒนสุนทรสกุล	อธิการบดี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาตชาย ม่วงปทุม	รองอธิการบดี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระยุทธ เฟื่องชัย	รองอธิการบดี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาวิตรี บุญมี	รองอธิการบดี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อิทธิพล สิงห์คำ	รองอธิการบดี
ดร.วิบูล เป็นสุข	รองอธิการบดี
ดร.เอกราช ตีนาง	รองอธิการบดี
รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร สุทธิปาก	คณบดีคณะเทคโนโลยี
ดร.อภิรักษ์ ลอยแก้ว	คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปีที่ 12 ฉบับที่ 1 (2567)

บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยวดี ยาบุษดี

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.นิรารวรรณ กุณัน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.น.สพ.ยศวริศ เสมามิ่ง

กองบรรณาธิการผู้ทรงคุณวุฒิ

ศาสตราจารย์ ดร.อลงกลด แทนอมทอง

ศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ปิ่นล่อ

รองศาสตราจารย์ ดร.ฉลอง วชิราภากร

รองศาสตราจารย์ ดร.ลัดดา มีสุข

รองศาสตราจารย์ ดร.มนตรี ศิริปรัชญานันท์

รองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต กฤตาคม

รองศาสตราจารย์ ดร.โฆษิต ศรีภูธร

รองศาสตราจารย์ ดร.น.สพ.ฤทธิชัย พิลาไชย

รองศาสตราจารย์ ดร.วัลลภ เหมวงษ์

รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงภูมิ อุดรา

รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษณพงศ์ สมสุข

รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลินทร์ พ่อคำ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัชภาคย์ จิตต์อารี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัตน์ บัวเลิศ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิสิต คำหล้า

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิวัตร อังควิสิษฐพันธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำไพศักดิ์ ทิบุญมา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา วงษ์สวัสดิ์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

พระนครเหนือ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

มหาวิทยาลัยมหิดล

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปีที่ 12 ฉบับที่ 1 (2567)

คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review)

รองศาสตราจารย์ ดร.สไว มัญญา	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลินทร์ พ่อคำ	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวลักษณ์ ศรีสุภา	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณิต วิจิตพันธุ์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประเมษฐ์ จันทร์เพ็ง	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ชัย บุญโญปกรณ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงกรด พิมพิศาล	มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะพงษ์ ชุมศรี	มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิเชษฐ เวชวิฐาน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูเบศร์ พิพิธธีรญาณ	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยสุตา ดันเลิศ	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยศวิศ เสมามิ่ง	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วินัย มีแสง	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชรภรณ์ ไชยศรี	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิไลพร กุลดั่งวัฒนา	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ดร.ไกรจักร แก้วพรม	มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ดร.ยลดา ศรีเศรษฐ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
ดร.นฤปวรรต พรหมมาวัย	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ดร.นัทธมน ประจูดะศรี	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ดร.พงษ์พันธุ์ ศรีต้นวงศ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ดร.เบญจธรรม สุขณีนวัฒน์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ดร.นิธิมา ตติยอภิรดี	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ปีที่ 12 ฉบับที่ 1 (2567)

คณะกรรมการดำเนินงาน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยวดี ยาบุษดี	ประธานกรรมการ
รองศาสตราจารย์ ธีรวัฒน์ สุวรรณวงศ์	รองประธานกรรมการ
นายกวีพงษ์ หงส์ทอง	กรรมการ
ดร.เบญจธรรม สุขณีนันท์	กรรมการ
นางสาวศิวพร ภูทอง	กรรมการ
นายธราดล ปราบภัย	กรรมการ
นางพิมพ์พรณ ศรีภูธร	กรรมการ
นายอภิเดช อภิพัฒน์ภาค	กรรมการ
นางสาวนันทา คำบุญมา	กรรมการ
นายธนวิทย์ ปัจจามาศ	กรรมการ
นางสาววณัฐพร แพงขวา	กรรมการ
นายรุ่งโรจน์ มีแก้ว	กรรมการและเลขานุการ
นางสาวศศิตา พงศาวิ	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

คณะกรรมการตรวจสอบภาษาต่างประเทศ

รองศาสตราจารย์ ดร.นภาพร ฤทธิพิริยดา

พิสูจน์อักษร

นางสาวศิวพร ภูทอง

ออกแบบปก

นายสุริยา ชัยดำรง

นางสาวศศิตา พงศาวิ

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปีที่ 12 ฉบับที่ 1 (2567)

กำหนดการเผยแพร่

3 ฉบับต่อปี ฉบับที่ 1 (มกราคม – เมษายน)

ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม – สิงหาคม)

ฉบับที่ 3 (กันยายน – ธันวาคม)

สถานที่ติดต่อ

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

64 ถ.ทหาร ต.หมากแข้ง อ.เมือง จ.อุดรธานี 41000

โทรศัพท์: 042-211040 ต่อ 1702

เว็บไซต์: <http://rdi.udru.ac.th>

เว็บไซต์วารสาร: <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/scudru>

อีเมล: scjournal@udru.ac.th

“ข้อความที่ปรากฏในบทความแต่ละเรื่องในวารสารวิชาการเล่มนี้
ไม่ใช่ความคิดเห็นและความรับผิดชอบของคณะผู้จัดทำ บรรณาธิการ
กองบรรณาธิการ และมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ซึ่งความรับผิดชอบด้านเนื้อหาและการตรวจร่างบทความ
แต่ละเรื่องเป็นของผู้เขียนแต่ละท่าน”

บทบรรณาธิการ

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี เป็นวารสารที่ได้รับการประเมินคุณภาพวารสารวิชาการจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI) อยู่ในฐานข้อมูล TCI รอบที่ 4 พ.ศ. 2563-2567 ได้ประกาศให้วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ถูกจัดให้เป็นวารสารกลุ่มที่ 2 ซึ่งฉบับนี้เป็นปีที่ 12 ฉบับที่ 1 ประจำปี พ.ศ. 2567 มีบทความวิจัยจำนวน 8 บทความ ซึ่งมีเนื้อหาครอบคลุมทั้งด้านวิทยาศาสตร์ชีวภาพ วิทยาศาสตร์ประยุกต์ วิทยาศาสตร์สุขภาพ วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม เกษตรศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์

กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี หวังเป็นอย่างยิ่งว่า วารสารฉบับนี้จะเป็นเวทีทางวิชาการ เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ของนักวิจัย นักวิชาการ นักศึกษาและผู้อ่านทุกท่าน สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้ส่งบทความ และทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการพัฒนาคุณภาพและมาตรฐานของวารสาร

ปิยวดี ยาบุษดี

บรรณาธิการ

สารบัญ

	หน้า
การพัฒนาขนมขบเคี้ยวสุนัขจากโปรตีนหนอนแมลงวันลายระยะก่อนเข้าดักแด้ <i>ณัฐพงศ์ เมธินธวัชสรรค์, ศศมล ผาสุข, ปุณยนุช นิลแสง และ ศริน้อย ชุ่มคำ</i>	1
การศึกษาเอกลักษณ์ของพืชสมุนไพรที่ใช้รักษาโรคผิวหนังทางการแพทย์แผนไทย <i>ศิริพัทธ์ จันท์สังสา, นวรัตน์ วิริยะเชชม และ ศิวพงษ์ ต้นสุวรรณวงศ์</i>	17
การพัฒนาระบบตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็กอัจฉริยะ สำหรับภายในและภายนอกอาคาร <i>จริยา พันธะ และ ศรัทธญา บุญเฉลียว</i>	33
จลนพลศาสตร์การสลายตัวของสารต้านออกซิเดชันในน้ำมะเขือเทศเข้มข้นระหว่างกระบวนการให้ความร้อน <i>ธนกร ราชพิลา, ทัดดาว อบรมรัมย์ และ กิ่งกาญจน์ ป้องทอง</i>	49
ผลของโปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะแห่งตนต่อพฤติกรรมการปฏิบัติตัวเพื่อชะลอไตเสื่อมในผู้ป่วยโรคเบาหวานที่มีภาวะไตแทรกซ้อนเรื้อรัง <i>วิจิตรา ชัยภักดิ์</i>	61
การพัฒนาระบบสนับสนุนการจัดทดสอบและการประเมินผลออนไลน์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี <i>เสาวนีย์ ปรัชญาเกรียงไกร, จุฑามาส ศิริอังกูรวาณิช และ สุปราณี ห้อมมา</i>	83
ความชุกของโรคเมะเร็งบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์และโรคมดลูกอักเสบแบบมีหนองในสุนัขจรจัดที่นำมาทำหมัน ณ มูลนิธิเพื่อสุนัขในซอยกรุงเทพมหานคร <i>ปราณปริยา ทอดทอง, อีระกุล นิลนนท์, สุดารัตน์ เมืองคู่, อรอนงค์ สลับแก้ว และ วัฒนพงษ์ มีธรรม</i>	105
การวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบและลักษณะสัณฐานของรอยเปื้อนแบ่งผัดหน้าบนผ้าที่แตกต่างกันโดย SEM/EDS สำหรับงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ <i>ศุภิสรา นรนิ่ม และ ปริญญ์ สีสานันท์</i>	123

การพัฒนาขนมขบเคี้ยวสุนัขจากโปรตีนหนอนแมลงวันลายระยะก่อนเข้าดักแด้

THE DEVELOPMENT OF DOG SNACK USING PREPUPAE OF BLACK SOLDIER FLY, *HERMETIA ILLUCENS* (L.) PROTEIN

ณัฐพงศ์ เมธิธรรงสรรค์*, ศศมล ผาสุก, ปุณยนุช นิลแสง และ ศรีน้อย ชุ่มคำ

Nathapong Matintarangsorn*, Sasamol Pasuk, Poonyanuch Nilsang
and Srinoy Chumkam

วิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

Science Education Program, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage

Received: 12 November 2023

Revised: 29 January 2024

Accepted: 5 February 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการพัฒนาขนมขบเคี้ยวสุนัขจากโปรตีนหนอนแมลงวันลายระยะก่อนเข้าดักแด้ ผู้วิจัยทำการศึกษาสูตรอาหารพื้นฐานที่มีการเสริมแหล่งโปรตีนที่เหมาะสมที่สุด พบว่า มีค่า a_w เท่ากับ 0.33 ความชื้นเท่ากับ 4.08 ผลการวิเคราะห์ค่าสี L^* (ความสว่าง) เท่ากับ 53.56 ค่า a^* (สีแดง) เท่ากับ 7.17 และค่า b^* (สีเหลือง) เท่ากับ 22.50 ค่าความแข็งเท่ากับ 2376 และค่าความแตกหักเท่ากับ 1674 โดยปริมาณหนอนแมลงวันลายทดแทนโปรตีนในอาหารสุนัข 15% มีลักษณะทางกายภาพเหมาะสมที่สุด พบว่ามีค่า a_w เท่ากับ 0.38 ค่าความชื้นเท่ากับ 2.14 ผลการวิเคราะห์ค่าสี L^* (ความสว่าง) เท่ากับ 41.26 ค่า a^* (สีแดง) เท่ากับ 3.02 และค่า b^* (สีเหลือง) เท่ากับ 9.16 ค่าความแข็งเท่ากับ 4035 และค่าความแตกหักเท่ากับ 3177 และมีองค์ประกอบทางเคมี ความชื้น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เถ้าเส้นใยเท่ากับ 1.13, 40.56, 40.56, 8.66, 9.29 และเส้นใยเท่ากับ 1.18% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับสูตรอาหารสุนัขพื้นฐาน โดยขนมขบเคี้ยวสุนัขจากผงโปรตีนหนอนแมลงวันลาย

* Corresponding author: ณัฐพงศ์ เมธิธรรงสรรค์

E-mail: Nathapong@vru.ac.th

มีมาตรฐานความปลอดภัยด้านอาหารตามมาตรฐานด้านจุลินทรีย์ และมาตรฐานโลหะหนักตกค้าง

คำสำคัญ: ขนมขบเคี้ยวสุนัข, โปรตีน, หนอนแมลงวันลายระยะก่อนเข้าดักแด้

Abstract

This research studied the development of dog snack using prepupae of black soldier fly, *Hermetia illucens* (L.) protein. The researcher studied the most suitable basic diet formula from nutritional analysis. The results found the a_w value of 0.33, humidity of 4.08 and the color value analysis results of brightness value (L^*) of 53.56, red value (a^*) of 7.17 and yellow value (b^*) of 22.50. AS for the texture value, it had hardness value of 2376 and fracturability value of 1674. The amount of black soldier fly powder that can replace protein in dog snack 15% was the most suitable physical properties. Which was found the a_w value of 0.38, the humidity value of 2.14 and the color value analysis results of brightness value (L^*) 41.26, red value (a^*) of 3.02 and yellow value (b^*) of 9.16. AS for the texture value, it had hardness value of 4035 and a fracturability value of 3177. The chemical properties, the moisture, carbohydrate, protein, fat, ash and fiber value are 1.13, 40.56, 40.56, 8.66, 9.29 and 1.18%, respectively. When compared with the basis of dog snack, the dog snack from prepupae of black soldier fly had safety standards, microbial standards and heavy metal residual standards.

Keywords: Dog Snack, Protein, Prepupae of Black Soldier Fly

บทนำ

ปัจจุบันความนิยมในการเลี้ยงสัตว์เลี้ยงทั่วโลกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้ประชากรสัตว์เลี้ยงมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะสุนัขซึ่งกลุ่มคนรักสัตว์เลี้ยงมักต้องการดูแลสัตว์เลี้ยงของตนเองให้มีสุขภาพที่ดี โดยเฉพาะการเลี้ยงด้วยอาหารที่มีคุณภาพสูงและมีความหลากหลาย (ชนิดา เกตุแก้ว, 2564) ส่งผลให้มูลค่าตลาดอาหารสุนัขทั้งอาหารและขนมขบเคี้ยวเติบโตขึ้นอย่างต่อเนื่อง

หนอนแมลงวันลาย (Black Soldier Fly Larvae; BSFL) เป็นช่วงระยะการเจริญเติบโตของแมลงวันลายซึ่งมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Hermetia illucens* (L.) จัดอยู่ในวงศ์ Stratiomyidae อันดับ Diptera โดยมีพฤติกรรมชอบกินและย่อยสลายเศษอินทรีย์วัตถุ จากงานวิจัยของ Purnamasar & Khasanah (2022) ใช้หนอนแมลงวันลายย่อยสลายขยะอินทรีย์เป็นชีวภาพโดยสามารถแปรรูปขยะอินทรีย์ในครัวเรือนและมูลสัตว์ โดยลดปริมาณขยะอินทรีย์ลงได้ 80% และจากวิจัยของ Lu et al. (2022) กล่าวว่าหนอนแมลงวันลายอุดมไปด้วยสารอาหาร เช่น ไขมัน โปรตีน กรดอะมิโน และแร่ธาตุคุณภาพสูง ทำให้เป็นแหล่งโปรตีนที่ดีสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะด้านการผลิตอาหารสัตว์ โดยไปเสริมหรือทดแทนสารอาหารประเภทโปรตีน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Shah et al. (2022) ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารในแมลง 5 ชนิด ได้แก่ หนอนแมลงวันลาย ตั๊กแตน หนอนนก หนอนแมลงวัน และจิ้งหรีด พบว่าหนอนแมลงวันลายมีปริมาณโปรตีนสูงสุดเท่ากับ 56.10% เมื่อเปรียบเทียบกับแมลงชนิดอื่น จากงานวิจัยของ Stamer et al. (2014) ใช้โปรตีนจากหนอนแมลงวันลายทดแทนโปรตีนจากปลาป่นเพื่อใช้เป็นอาหารปลา rainbow trout โดยมีผลต่อการเจริญเติบโตและน้ำหนักของปลาเพิ่มขึ้น นอกจากนี้จากงานวิจัยของเฉลิมพร จิระปัญญาเลิศ และ ศิริจรรยา อายุมัน (2565) พบว่าการใช้หนอนแมลงวันลายเสริมกับอาหารสำเร็จรูปมีผลทำให้หน้กระต่ายขุนมีน้ำหนักสูงที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 135.80 กรัมต่อตัว และมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 100.93 กรัมต่อตัว จากความสำคัญดังกล่าวจึงนำมาสู่ งานวิจัยในการพัฒนาขนมขบเคี้ยวของสุนัขจากโปรตีนหนอนแมลงวันลายระยะก่อนเข้าดักแด้ เพื่อใช้ประโยชน์ในการเป็นแหล่งอาหารทางชีวภาพที่มีคุณค่าโภชนาการสูง และส่งเสริมการใช้ทรัพยากรจากธรรมชาติอย่างคุ้มค่าเพื่อให้ได้ประโยชน์อย่างสูงสุด

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมผงหนอนแมลงวันลาย

นำหนอนแมลงวันลายในระยะก่อนเข้าดักแด้โปรตีนสูงที่ได้ทำการเพาะเลี้ยงจากห้องปฏิบัติการชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ อายุ 18-20 วัน มาอบด้วยเครื่องอบลมร้อน (UN110 Memmert, Germany) ที่อุณหภูมิ 60 เซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดตัวอย่าง (IKA, Germany) ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 16 mesh (Endecotts, England) จะได้ผงหนอนแมลงวันลายก่อนเข้าดักแด้ (รูปที่ 1) เพื่อนำไปเป็นส่วนผสมในการพัฒนาขนมขบเคี้ยวสุนัขในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 1 ผงหนอนแมลงวันลายก่อนเข้าดักแด้

2. การพัฒนาขนมขบเคี้ยวสุนัขจากโปรตีนหนอนแมลงวันลาย

2.1 การศึกษาอาหารสุนัขสูตรพื้นฐาน

สูตรพื้นฐานอาหารสุนัข 3 สูตร ดัดแปลงจากสูตรอาหารสุนัข ได้แก่ สูตรที่ 1 ของศิริลักษณ์ นามวงษ์ (2565) สูตรที่ 2 ของศิริพรรณ สุนทรสิงห์ (2561) สูตรที่ 3 ของปิยนภ ธรรมทรัพย์ และคณะ (2549) (ตารางที่ 1) โดยนำส่วนผสมทั้งหมดมาต้มให้ความร้อนจนสุก จากนั้นนำมาปั่นผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน ขึ้นรูปด้วยการใส่ถุงบีบให้มีขนาดเล็ก 1 เซนติเมตร ทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด (KD-6040, Thailand) อบด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารด้วยโปรแกรม INMUCAL-Nutrients (สถาบันโภชนาการ, มหาวิทยาลัยมหิดล) เพื่อประเมินสารอาหารเบื้องต้นซึ่งเน้นปริมาณโปรตีนสูงสุด วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w) วัดด้วยเครื่อง

Aqua Lab (3TE, USA) ค่าความชื้น วัดด้วยเครื่อง Moisture Analyzer ยี่ห้อ sartorius (MA37, Germany) ค่าสีวัดด้วยเครื่อง Konica Minolta (CR-400, Japan) วัดค่าเนื้อสัมผัส ได้แก่ ค่าความแข็ง (Hardness) และค่าความแตกหัก (Fracturability) ด้วยเครื่องวัด Brookfield (CT3, USA) หัววัดทรงกระบอก cylinder TA4/1000 ใช้แรงกด 2 กรัม นำสูตรอาหารพื้นฐานที่เหมาะสมที่สุดไปศึกษาการพัฒนาขนมขบเคี้ยวสุนัขจากโปรตีนหนอนแมลงวันลายในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 1 สูตรอาหารพื้นฐาน

ส่วนผสม	ปริมาณส่วนผสมอาหารสูตรพื้นฐาน (ร้อยละ)		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
น้ำสะอาด	55.12	50.81	53.38
อกไก่ต้มสุก	14.17	27.64	16.01
เนื้อปลาทู	9.45	-	-
ตับต้มสุก	7.09	-	-
แป้งข้าวเจ้า	4.72	-	-
ข้าวกล้องหุงสุก	4.72	6.10	14.23
น้ำมันพืช	-	0.20	-
ฟักทอง	2.36	-	-
แครอท	2.36	8.13	-
ผักโขม	-	3.05	-
บวบเหลี่ยม	-	2.03	-
ถั่วลันเตา	-	2.03	-
บรอกโคลี	-	-	8.19
ดอกกะหล่ำ	-	-	8.19

2.2 การพัฒนาขนมขบเคี้ยวสุนัข

นำสูตรอาหารพื้นฐานที่เหมาะสมที่สุดไปศึกษาการพัฒนาขนมขบเคี้ยวสุนัขจากโปรตีนหนอนแมลงวันลาย ดัดแปลงจากงานวิจัยของ ศิริลักษณ์ นามวงษ์ (2565) โดยการศึกษาอัตราส่วนของผงหนอนแมลงวันลายในระยะก่อนเข้าตากแดดต่อปริมาณเนื้อสัตว์ทั้งหมด 4 ระดับคือ ร้อยละ 0, 10, 15 และ 20 ตามลำดับ เนื้อสัตว์ โดยนำเนื้อสัตว์มาทำให้สุกด้วยความร้อนและนำมาปั่นส่วนผสมรวมกัน ซึ่งการเตรียมหนอนแมลงวันดังกล่าวข้อ 1

และวิธีการทำอาหารสุนัขดังข้อ 2.1 ซึ่งมีการปรับใช้แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่และข้าวไรซ์เบอร์รี่แทนการใช้แป้งข้าวเจ้าและข้าวกล้อง และขึ้นรูปให้เป็นแท่งขนาดเล็ก โดยขึ้นรูปด้วยถุงบีบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร บีบให้เป็นเส้นยาว นำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด อบด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำมาตัดเป็นชิ้นเล็กยาว 1.5 เซนติเมตร (ชมภู ยิ้มโต, 2550) ซึ่งความร้อนในตู้อบอยู่ระหว่าง 60-80 องศาเซลเซียส จะระเหยไอน้ำได้ดี ผิวหน้าอาหารจะแห้งจนถึงภายในประกอบกับการขึ้นรูปให้มีขนาดเล็กจะช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวจึงอาหารแห้งได้เร็ว จากนั้นอบต่อประมาณ 1 ชั่วโมง จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w) ค่าความชื้น ค่าสีวัด วัดค่าเนื้อสัมผัส ได้แก่ ค่าความแข็ง และค่าความแตกหัก และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต โดยวิธี AOAC (2012) ของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวสุนัขที่ผ่านการพัฒนาที่เหมาะสมที่สุด และอาหารสูตรพื้นฐาน

3. การศึกษามาตรฐานความปลอดภัยด้านอาหารของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวของสุนัข

นำผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวสุนัขจากผงโปรตีนหนอนแมลงวันลายที่มีปริมาณผงหนอนแมลงวันที่เหมาะสมที่สุด มาวิเคราะห์ความปลอดภัยด้านอาหาร (มอกข. 9017 2550) ดังนี้ การวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง อ้างอิงวิธีการของภัทราวดี วัฒนสุนทร และจินตนา อมรสงวนสิน (2559) การวิเคราะห์มาตรฐานด้านจุลินทรีย์ อ้างอิงวิธีการของรัตนา เทียงทิพย์ และคณะ (2564) และวิเคราะห์โลหะหนักตกค้าง อ้างอิงวิธีการของพรพิมล เชื้อดวงผุย และเสาวคนธ์ วัฒนจันทร์ (2555)

4. การวิเคราะห์ค่าสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Complete Randomized Design, CRD) นำค่าเฉลี่ยที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variances (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติร้อยละ 95 ส่วนการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยการเปรียบเทียบระหว่างอาหารสุนัขสูตรพื้นฐานและขนมขบเคี้ยวสุนัขจากโปรตีนหนอนแมลงวันลาย เป็นการเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการ T-test independent

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาอาหารสูตรพื้นฐาน

จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการจากส่วนที่กินได้ของโปรแกรม INMUCAL-Nutrients พบว่า อาหารพื้นฐานสูตรที่ 1 มีปริมาณโปรตีนสูง และสารอาหารชนิดต่าง ๆ สูงกว่าสูตรที่ 2 และ 3 ดังตารางที่ 2 เนื่องจากมีวัตถุดิบที่ให้สารอาหารที่มีโปรตีนสูง ได้แก่ เนื้ออกไก่ ตับไก่ และเนื้อปลาหู เป็นต้น ซึ่งโปรตีนเป็นสารอาหารที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต และสร้างความแข็งแรงให้กล้ามเนื้อ มีรายงานว่าในสุนัขพันธุ์เล็ก มีความต้องการสารอาหารประเภทโปรตีนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 28 ต่อวัน (Case & Czarnecki-Maudlen, 1990) ดังนั้น จึงนำอาหารพื้นฐานสูตรที่ 1 มาพัฒนาเป็นขนมขบเคี้ยวสุนัขจากโปรตีนหนอน แผลงวันลายระยะก่อนเข้าดักแด้ต่อไป

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของอาหารพื้นฐาน 3 สูตร ผลการทดลองดังตารางที่ 2 พบว่าผลการวิเคราะห์ค่า a_w มีค่าอยู่ระหว่าง 0.27-0.61 ส่วนความชื้น มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 4.08-4.60 โดยทั้งสามสูตรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ซึ่งพบว่าปริมาณน้ำที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ได้ (a_w) มีค่าต่ำ ทำให้การเสียสภาพจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เป็นไปได้ยาก เนื่องจากยีสต์ และราเจริญได้ดีเมื่อค่า a_w น้อยกว่า 0.6 และแบคทีเรียเจริญได้ดีเมื่อค่า a_w อยู่ระหว่าง 0.88-0.96 (พรพล รมย์บุญกุล, 2542) ส่วนด้านความชื้น ของอาหารสัตว์เลี้ยงประเภทอาหารแห้งจัดอยู่ในเกณฑ์ของ กรมปศุสัตว์ (2556) ซึ่งมีความชื้นไม่มากกว่าร้อยละ 14 ของน้ำหนักอาหารสัตว์ และผลการวิเคราะห์ค่าสีของค่าความสว่าง (L^*) อยู่ระหว่าง 53.56-56.05 ค่าสีแดง (a^*) อยู่ระหว่าง 1.46-7.17 และค่าสีเหลือง (b^*) อยู่ระหว่าง 19.40-30.25 โดยพบว่า ค่าความสว่างใกล้เคียงกัน โดยสูตรที่ 3 มากกว่าสูตรอื่น เนื่องจากมีส่วนผสมของเนื้ออกไก่ ดอกกะหล่ำปลี บล็อกโคลี่ ต้มสุก ซึ่งวัตถุดิบดังกล่าวทำให้ส่วนผสมมีสีขาวนวลจึงมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น ส่วนค่าสีเหลือง สูตรที่ 2 มากกว่าสูตรอื่น เนื่องจากในส่วนผสมมีแครอทให้สีส้มมีผลทำให้มีสีเหลืองเพิ่มขึ้น (รูปที่ 2) ส่วนค่าเนื้อสัมผัส มีค่าความแข็งอยู่ระหว่าง 1956-3535 กรัม ค่าความแตกหักอยู่ระหว่าง 1156-2660 กรัม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) โดยสูตรที่ 3 มีค่าความแข็งมากที่สุดเนื่องจากมีปริมาณข้าวกล้องมากกว่าสูตรอื่น เมื่อให้ความร้อนจะเกิดปฏิกิริยาการเกิดเจลลาตินเซชัน ทำให้ข้าวสุกใส เมื่ออุณหภูมิลดลงโมเลกุลจะเกิดการเรียงตัวกันใหม่ และเกิดการคืนตัวจึงส่งผลทำให้เกิดความแน่นเนื้อเกิดความแข็งคงตัวเพิ่มขึ้น (ดุขฎิ อุดภาพ, 2562)

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ และการวิเคราะห์ทางกายภาพของอาหาร สูตรพื้นฐาน

การวิเคราะห์	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
1. การวิเคราะห์สารอาหาร			
พลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี)	991.53	677.40	472.02
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	70.75	27.08	42.00
โปรตีน (กรัม)	108.80	82.08	44.95
ไขมัน (กรัม)	30.36	26.74	13.79
ไขมันอิ่มตัว (กรัม)	11.14	8.45	4.44
น้ำตาล (กรัม)	0.24	4.28	2.75
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	153.29	108.83	54.32
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	1046.81	606.92	421.13
เหล็ก (มิลลิกรัม)	10.34	3.01	1.83
โซเดียม (มิลลิกรัม)	338.30	303.17	157.87
วิตามิน เอ (ไมโครกรัม อาร์ อี)	11008.73	367.54	11.92
วิตามิน บี1 (มิลลิกรัม)	0.66	0.29	0.28
วิตามิน บี 2 (มิลลิกรัม)	2.52	0.76	0.46
วิตามิน บี 6 (มิลลิกรัม)	0.67	0.00	0.12
วิตามิน บี 12 (มิลลิกรัม)	15.16	0.00	0.00
เกลือ (กรัม)	7.45	7.25	4.75
น้ำ (กรัม)	1032.13	854.07	737.01
2. การวิเคราะห์กายภาพ			
ค่า aw	0.33±0.01 ^b	0.27±0.03 ^c	0.61±0.03 ^a
ค่าความชื้น (ร้อยละ)	4.08±0.10 ^c	4.35±0.08 ^{ab}	4.60±0.33 ^a
ค่าสี			
L*	53.56±0.30 ^c	55.34±0.17 ^b	56.05±0.52 ^a
a*	7.17±0.41 ^b	1.46±0.35 ^b	2.02±0.43 ^a
b*	22.50±0.68 ^b	30.25±0.53 ^a	19.40±0.54 ^c
ค่าเนื้อสัมผัส			
ค่าความแข็ง (Hardness/g.)	2376±1.42 ^b	1956±1.55 ^c	3535±1.28 ^a
ค่าความแตกหัก (Fracturability/g.)	1674±1.45 ^b	1156±1.33 ^c	2660±1.27 ^a
หมายเหตุ L* หมายถึง ค่าความสว่าง (ดำ = 0, ขาว = 100) a* หมายถึง สีแดงหรือสีเขียว (+ สีแดง, - สีเขียว) b* หมายถึง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน (+ สีเหลือง, - สีน้ำเงิน) ^{a-c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ใน แนวอนเดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ (p≤.05)			



รูปที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของอาหารสูตรพื้นฐาน

2. ผลการศึกษาการพัฒนาขนมขบเคี้ยวสุนัขจากโปรตีนหนอนแมลงวันลาย

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของขนมขบเคี้ยวสุนัขที่มีปริมาณผงโปรตีนหนอนแมลงวันลายแตกต่างกัน ผลการทดลองดังตารางที่ 3 พบว่า ค่า a_w มีค่าอยู่ระหว่าง 0.22-0.69 ความชื้น มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 1.62-3.99 โดยพบว่าจะมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มผงโปรตีนหนอนแมลงวันลาย เนื่องจากผงโปรตีนได้ผ่านกระบวนการอบแห้งทำให้ลดปริมาณน้ำในวัตถุดิบ โดยสูตรปริมาณหนอนแมลงวันลายทดแทนโปรตีนในอาหารสุนัขอัตราส่วนร้อยละ 15 มีค่า a_w 0.38 และค่าความชื้น 2.14 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับสูตรการค้าที่มีค่า a_w 0.41 และความชื้นร้อยละ 2.32 และผลการวิเคราะห์ค่าสีของค่าความสว่าง (L^*) อยู่ระหว่าง 34.68-45.54 ค่าสีแดง (a^*) อยู่ระหว่าง 1.07-4.91 และค่าสีเหลือง (b^*) อยู่ระหว่าง 3.91-14.57 โดยค่าสีทุกค่าของทุกสูตรต่ำกว่าสูตรการค้าอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) (รูปที่ 3) เนื่องจากผงหนอนแมลงวันลายประกอบไปด้วยเปลือกห่อหุ้มด้านนอกที่เป็นสารจำพวกไคตินที่เป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีเม็ดสีน้ำตาลถึงดำ (Cullere et al., 2016) ซึ่งมีผลต่อค่าสีที่ลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณผงหนอนแมลงวันลาย ส่วนค่าเนื้อสัมผัส มีค่าความแข็งอยู่ระหว่าง 2,407-6,610 กรัม ค่าความแตกหักอยู่ระหว่าง 1,663-4,218 กรัม โดยพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณผงโปรตีนหนอนแมลงวันลายจะทำให้ค่าความแข็ง และค่าความแตกหักเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากปริมาณความชื้นที่ลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณผงหนอนแมลงวันลาย ทำให้วัตถุดิบมีความแข็งเพิ่มมากขึ้นจึงแตกหักง่ายขึ้น อย่างไรก็ตามพบว่า สูตรปริมาณหนอนแมลงวันลายทดแทนโปรตีนในอาหารสุนัขอัตราส่วนร้อยละ 15 มีค่าความแข็ง 4,035 กรัม และค่าความแตกหัก 3,177 กรัม ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับสูตรการค้า โดยสูตรการค้ามีค่าความแข็ง 4,571 กรัม และค่าความแตกหัก 3,413 กรัม โดยจากผลการวิจัยดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการเติมผงโปรตีนหนอนแมลงวันลายทดแทนโปรตีนในอาหารสุนัขอัตราส่วนร้อยละ 15 มีลักษณะทางกายภาพ

ที่เหมาะสมที่จะพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ในเชิงพาณิชย์ โดยเฉพาะการนำไปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้กับสุนัขพันธุ์เล็กที่มีฟันที่เล็ก และขากรรไกรที่แคบ (Merlin et al., 2020) การรับประทานอาหารที่แข็งมากเกินไปอาจส่งผลกระทบกับสุขภาพการบดเคี้ยวอาหารได้ในระยะยาว

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวสุนัขจากโปรตีนหนอนแมลงวันลาย

ปัจจัยคุณภาพ	สูตรการค้า	ปริมาณหนอนแมลงวันลายทดแทนโปรตีนในอาหารสุนัข (ร้อยละ)			
		0:100	10:90	15:85	20:80
ค่า aw	0.41±0.02 ^a	0.69±0.01 ^b	0.54±0.01 ^c	0.38±0.15 ^a	0.22±0.03 ^d
ค่าความชื้น (%)	2.32±0.08 ^a	3.99±0.17 ^b	3.27±0.08 ^c	2.14±0.09 ^a	1.62±0.10 ^d
ค่าสี					
L*	47.12±0.06 ^a	45.54±1.10 ^b	40.63±1.03 ^c	41.26±0.88 ^c	34.68±0.38 ^d
a*	6.16±0.30 ^a	4.91±0.09 ^b	3.31±0.15 ^c	3.02±0.144 ^d	1.07±0.03 ^e
b*	20.08±0.23 ^a	14.57±1.02 ^b	9.51±0.51 ^c	9.16±0.42 ^c	3.91±0.18 ^d
ค่าเนื้อสัมผัส					
ค่าความแข็ง (Hardness/g.)	4571±1.99 ^a	2407±1.31 ^b	3288±1.26 ^c	4035±1.67 ^a	6610±1.92 ^d
ค่าความแตกหัก (Fracturability/g.)	3413±1.39 ^a	1663±1.38 ^b	2305±1.63 ^c	3177±1.43 ^a	4218±1.81 ^d

หมายเหตุ L* หมายถึง ค่าความสว่าง (ดำ = 0, ขาว = 100) a* หมายถึง สีแดงหรือสีเขียว (+ สีแดง, - สีเขียว)
b* หมายถึง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน (+ สีเหลือง, - สีน้ำเงิน)
a-c หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ (p≤.05)



สูตรการค้า



ร้อยละ 0



ร้อยละ 10



ร้อยละ 15



ร้อยละ 20

รูปที่ 3 ลักษณะทางกายภาพขนมขบเคี้ยวสุนัขจากโปรตีนหนอนแมลงวันลาย

3. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

จากการทดลองพบว่าขนมขบเคี้ยวสุนัขมีองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้นเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.57 คาร์โบไฮเดรตลดลงร้อยละ 5.82 โปรตีนเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.86 ไขมันเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.65 แลคตอลลดลงร้อยละ 3.27 และเส้นใยเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.33 โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากในขนมขบเคี้ยวสุนัขเสริมผงโปรตีนจากหนอนแมลงวันลายในระยะก่อนเข้าดักแด้มีโปรตีนสูงเนื่องจากในกระบวนการเลี้ยงมีการให้อาหารประเภทโปรตีน ได้แก่ เนื้อสัตว์ กากเต้าหู้ และธัญพืช ซึ่งสารอาหารดังกล่าวจะช่วยให้หนอนแมลงวันมีการเจริญเติบโตที่ดี และสะสมโปรตีนภายในร่างกาย และพบปริมาณมากในระยะก่อนเข้าดักแด้ เนื่องจากเป็นระยะที่ร่างกายจะต้องเก็บสะสมสารอาหารประเภทโปรตีนในปริมาณมาก ก่อนที่จะพัฒนาเป็นระยะดักแด้ที่เป็นสภาวะที่ร่างกายอยู่ในระยะพัก และไม่มี การกินอาหาร (Bessa et al., 2020) ในงานวิจัยของ Wang & Shelomi (2017) พบว่าอาหารที่ใช้เลี้ยงเกี่ยวข้องกับการสะสมสารอาหารในร่างกายของหนอนแมลงวันลาย ซึ่งคุณค่าทางด้านของโภชนศาสตร์ โดยเฉพาะโปรตีนสูงกว่าแมลงหลายชนิด นอกจากนั้นยังมีเส้นใยอาหารในกลุ่มไคตินที่เป็นสารประเภทโพลีแซคคาไรด์ที่พบบริเวณโครงสร้างเปลือกนอก (Exoskeleton) ของหนอนแมลงวันลาย โดยเฉพาะในระยะก่อนเข้าดักแด้ (Pre-pupae) ซึ่งไคตินไม่สามารถย่อยได้ในระบบทางเดินอาหารทำให้เกิดเป็นเส้นใยอาหารที่ช่วยในระบบการขับถ่ายให้ดีขึ้น (Cullere et al., 2016) ดังนั้นการนำผงโปรตีนหนอนแมลงวันลายในระยะก่อนเข้าดักแด้มาทดแทนวัตถุดิบที่ให้โปรตีน เช่น เนื้อไก่ ตับไก่ และปลาหูก เป็นต้น จึงเป็นทางเลือกอย่างหนึ่งในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวสุนัข โดยเฉพาะสุนัขพันธุ์เล็กที่รับประทานได้ปริมาณน้อย ดังนั้นการเพิ่มปริมาณโปรตีนลงไปในการให้อาหารจึงเป็นการส่งเสริมสุขภาพของสุนัขให้เจริญเติบโต และแข็งแรงได้มากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีอาหารสุนัขสูตรพื้นฐานและขนมขบเคี้ยวสุนัขจากโปรตีนหนอนแมลงวันลาย

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี	ร้อยละน้ำหนักแห้ง		การเปรียบเทียบ (ร้อยละ)
	อาหารสุนัขสูตรพื้นฐาน	ขนมขบเคี้ยวสุนัขจากโปรตีนหนอนแมลงวันลาย	
ความชื้น	0.56±0.05*	1.13±0.12*	เพิ่มขึ้น 0.57
คาร์โบไฮเดรต	46.38±1.38*	40.56±1.17*	ลดลง 5.82
โปรตีน	35.75±1.06*	40.56±1.17*	เพิ่มขึ้น 6.86
ไขมัน	7.01±0.07*	8.66±0.08*	เพิ่มขึ้น 1.65
เถ้า	7.02±0.62*	9.29±0.74*	เพิ่มขึ้น 2.27
เส้นใย	0.88±0.05*	1.18±0.09*	เพิ่มขึ้น 0.33

หมายเหตุ * หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤.05)

4. ผลการศึกษามาตรฐานความปลอดภัยด้านอาหารของขนมขบเคี้ยวสุนัข

จากการวิเคราะห์มาตรฐานความปลอดภัยด้านอาหารของขนมขบเคี้ยวสุนัขจากผงโปรตีนหนอนแมลงวันลาย พบว่ามีค่าอยู่ในมาตรฐานด้านความปลอดภัย โดยพบว่ามาตรฐานด้านจุลินทรีย์ ได้แก่ ไม่พบ *Salmonella* spp. ต่อปริมาณอาหาร 25 กรัม ปริมาณ *Escherichia coli* เท่ากับ 2 cfu/g (ไม่เกิน 10 cfu/g) ปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์ม เท่ากับ 20 cfu/g (ไม่เกิน 300 cfu/g) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) จำนวน 6×10^2 (ไม่เกิน 1×10^4 cfu/g) และไม่พบยีสต์และรา (ไม่เกิน 1×10^2 cfu/g) ส่วนมาตรฐานโลหะหนัก ตกค้างไม่พบ แคดเมียม ตะกั่ว ปรอท และสารหนู

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการพบว่า อาหารพื้นฐานสูตรที่มีการเสริมแหล่งโปรตีน เนื้อมีค่า ตับไก่ และเนื้อปลา เป็นต้น เป็นสูตรที่เหมาะสมในการพัฒนาขนมขบเคี้ยวสุนัขจากโปรตีนหนอนแมลงวันลายระยะก่อนเข้าดักแด้ โดยผลการทดลองพบว่า มีค่า a_w เท่ากับ 0.33 ความชื้นเท่ากับ 4.08 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของค่าความสว่าง (L^*) เท่ากับ 53.56 ค่าสีแดง (a^*) เท่ากับ 7.17 และค่าสีเหลือง (b^*) เท่ากับ 22.50 ส่วนค่าเนื้อสัมผัส มีค่าความแข็งเท่ากับ 2376 และค่าความแตกหักเท่ากับ 1674 จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

ของขนมขบเคี้ยวสุนัขจากโปรตีนหนอนแมลงวันลายที่มีปริมาณผงโปรตีนหนอนแมลงวันลายที่แตกต่างกัน ผลการทดลองพบว่า ปริมาณหนอนแมลงวันลายทดแทนโปรตีนในอาหารสุนัขร้อยละ 15 เป็นปริมาณที่มีลักษณะทางกายภาพเหมาะสมที่สุด โดยพบว่ามีค่า a_w 0.38 ค่าความชื้น 2.14 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของค่าความสว่าง (L^*) เท่ากับ 41.26 ค่าสีแดง (a^*) เท่ากับ 3.02 และค่าสีเหลือง (b^*) เท่ากับ 9.16 ส่วนค่าเนื้อสัมผัส มีค่าความแข็งเท่ากับ 4035 และค่าความแตกหักเท่ากับ 3177 มีองค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ) เทียบกับสูตรอาหารสุนัขพื้นฐาน ได้แก่ ความชื้นเท่ากับ 1.13 เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.57 คาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 40.56 ลดลงร้อยละ 5.82 โปรตีนเท่ากับ 40.56 เพิ่มขึ้นร้อยละ 6.86 ไขมันเท่ากับ 8.66 เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.65 เกล็ดเท่ากับ 9.29 ลดลงร้อยละ 3.27 และเส้นใยเท่ากับ 1.18 เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.33 โดยขนมขบเคี้ยวสุนัขจากผงโปรตีนหนอนแมลงวันลาย มีมาตรฐานความปลอดภัยด้านอาหารตามมาตรฐานด้านจุลินทรีย์ และมาตรฐานโลหะหนักตกค้าง

เอกสารอ้างอิง

- กรมปศุสัตว์. (2556). *หลักการปฏิบัติที่ดีสำหรับอาหารสัตว์เลี้ยง*. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 18 หน้า.
- เฉลิมพร จิระปัญญาเลิศ และ ศิริจรรยา อายุมั่น. (2565). ผลการใช้หนอนแมลงวันลายต่อสมรรถภาพการผลิตของนกกระทาญี่ปุ่น. *วารสารวิชาการสถาบันการอาชีวศึกษาเกษตร*, 6(2), 23-29.
- ชนิดา เกตุแก้ว. (2564). *พฤติกรรมการตัดสินใจซื้ออาหารสุนัขสำเร็จรูประดับพรีเมียม ในกรุงเทพมหานคร*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยกรุงเทพ).
- ชมภู ยิ้มโต. (2550). *การถนอมอาหาร*. กรุงเทพฯ: โอ.เอส. พรีนติ้ง เฮาส์.
- ดุชนิ อุดภาพ. (2562). *เคมีและสมบัติของแป้ง*. สืบค้นเมื่อวันที่ 30 พฤษภาคม 2566, จาก <https://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/BCT611/chapter2.html>.

- ปิยนดา รวมทรัพย์, เสาวณีย์ เลิศวรสิริกุล, หทัยรัตน์ ริมศิริ และ ธงชัย สุวรรณลิขณณ์. (2549). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวสำหรับสุนัขเพื่อขัดหินปูน*. น. 316-323. ในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44 : สาขาอุตสาหกรรมเกษตร สาขาเศรษฐศาสตร์ สาขาบริหารธุรกิจ. 30 ม.ค.-2 ก.พ. 2549. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- พรพิมล เชื้อดวงผุย และ เสาวคนธ์ วัฒนจันทร์. (2555). *ปริมาณโลหะหนัก (ตะกั่ว แคดเมียม ทองแดง และสังกะสี) ในสัตว์ทะเลเศรษฐกิจบางชนิดบริเวณแหล่งทำการประมงอำเภอละงู จังหวัดสตูล*. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- พรพล รมย์นุกูล. (2542). *การถนอมอาหาร*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- ภัทราวดี วัฒนสุนทร และ จินตนา อมรสวงสิน. (2559). การตรวจวิเคราะห์การตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ในตัวอย่างดินจากนาข้าวในพื้นที่จังหวัดชัยนาท. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์*, 11(2), 246-258.
- รัตนา เตียงทิพย์, พิมลวรรณ โภคาพันธ์ และ สุมาลี คอนโด. (2564). การตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ในอาหารพร้อมบริโภคจากโรงอาหาร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 29(6), 1021-1031.
- ศิริพรรณ สุนทรสิงห์. (2561). *อาหารสุนัขและแมวแบบทำตัวเอง*. คณะเทคนิคการสัตวแพทย์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศิริลักษณ์ นามวงษ์. (2565). *ผลิตภัณฑ์ขนมสุนัขเสริมโปรไบโอติกและเส้นใยอาหาร*. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- AOAC. (2012). *Official Method of Analysis: Association of Analytical Chemists*. 19th Edition, Washington DC.
- Bessa, L. W., Pieterse, E., Marais, J., & Hoffman, L. C. (2020). Why for feed and not for human consumption? the black soldier fly larvae. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(5), 2747–2763.
- Case, L. P. & Czarnecki-Maudlen, G. L. (1990). Protein requirements of growing pups fed practical dry-type diets containing mixed-protein sources. *American Journal of Veterinary Research*, 51, 808–812.

- Cullere, M., Tasoniero, G., Giaccone, V., Miotti-Scapin, R., Claeys, E., De Smet, S., & Dalle Zotte, A. (2016). Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: apparent digestibility, excreta microbial load, feed choice, performance, carcass and meat traits. *Animal*, 10(12), 1923–1930.
- Lu, S., Taethaisong, N., Meethip, W., Surakhunthod, J., Sinpru, B., Sroichak, T., Archa, P., Thongpea, S., Paengkoum, S., & Purba, R. A. P. (2022). Nutritional composition of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) and its potential uses as alternative protein sources in animal diets: a review. *Insects*, 13, <https://doi.org/10.3390/insects13090831>.
- Merlin, M., Guintard, C., Monchâtre-Leroy, E., Barrat, J., Bausmayer, N., Bausmayer, S., Bausmayer, A., Beyer, M., Varlet, A., Houssin, C., Callou, C., Cornette, R., & Herrel, A. (2020). Bite force and its relationship to jaw shape in domestic dogs. *Journal of Experimental Biology*, 223(16), 224–229.
- Purnamasar, L., & Khasanah, H. (2022). Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as a Potential agent of organic waste bioconversion. *ASEAN Journal on Science & Technology for Development*, 39(2), 69–83.
- Shah, A. A., Totakul, P., Matra, M., Cherdthong, A., Hanboonsong, Y., & Wanapat, M. (2022). Nutritional composition of various insects and potential uses as alternative protein sources in animal diets. *Animal Bioscience*, 35, 317–331.
- Stamer, A., Wesselss, S., Neidigk, R., & Hoerstgen-Schwark, G. (2014). *Black Soldier Fly (Hermetia illucens) larvae-meal as an example for a new feed ingredients' class in aquaculture diets*. In: Proceedings of the 4th ISOFAR Scientific Conference, 13–15 October 2014, Istanbul, Turkey. 1043–1046.
- Wang, Y. S., & Shelomi, M. (2017). Review of black soldier fly (*Hermetia illucens*) as animal feed and human food. *Foods*, 6(10), 91–99.

การศึกษาเอกลักษณ์ของพืชสมุนไพรที่ใช้รักษาโรคผิวหนังทางการแพทย์แผนไทย

THE STUDY OF IDENTITY OF MEDICINAL PLANTS USING TO TREAT SKIN DISEASES IN THAI TRADITIONAL MEDICINE

ศิริพักตร์ จันทร์สังสา, นวรัตน์ วิริยะเชษม และ ศิวพงษ์ ดันสุวรรณวงศ์*

Siripuk Chansangsa, Nawarat Viriyakhasem and Siwapong Tansuwanwong*

วิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

School of Traditional and Alternative Medicine, Chiang Rai Rajabhat University

Received: 21 November 2023

Revised: 20 March 2024

Accepted: 9 April 2024

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบเอกลักษณ์ของพืชสมุนไพรที่ใช้รักษาโรคผิวหนังทางการแพทย์แผนไทย จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ โกฐกะกลิ้ง ทองพันชั่ง ชุมเห็ดเทศ พลู และราชพฤกษ์ ซึ่งเป็นพืชสมุนไพรที่สามารถเพาะปลูกหรือหาได้ในท้องถิ่นจังหวัดเชียงราย โดยมีวิธีการวิจัย คือ 1) การตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของพืชสมุนไพรตามหลักการพิจารณาตัวยา 5 ประการ ได้แก่ ชื่อ รูป สี กลิ่น และรส 2) การตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีของพืชสมุนไพรโดยเทคนิคโครมาโตกราฟีแบบบาง เพื่อจัดทำเป็นฐานข้อมูลสำหรับพัฒนาต้นแบบสายพันธุ์สมุนไพรท้องถิ่นที่มีคุณภาพ

ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของพืชสมุนไพร พบว่า (1) เมล็ดโกฐกะกลิ้ง มีลักษณะกลมแบนคล้ายกระดุมขอบนูน สีขาวนวลแกมเทา ไม่มีกลิ่นและมีรสขมเมาเบื่อ (2) ใบทองพันชั่ง เป็นใบเดี่ยวรูปรี ปลายและโคนใบแหลม ใบสีเขียว มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว และมีรสเบื่อเอียน (3) ใบชุมเห็ดเทศ เป็นใบประกอบขนนก ใบย่อยรูปขอบขนานแกมรูปรี ปลายและโคนใบกลม สีเขียวอ่อน มีกลิ่นหอมเฉพาะตัวและมีรสเบื่อเอียน (4) ใบพลู เป็นใบเดี่ยวรูปหัวใจ สีเขียวเข้ม มีกลิ่นหอมเฉพาะตัวและมีรสเผ็ดร้อน (5) ใบราชพฤกษ์ เป็นใบประกอบขนนก ใบย่อยรูปไข่ ปลายแหลม สีเขียวเข้ม ไม่มีกลิ่นและมีรสฝาด เมื่อนำสมุนไพร

* Corresponding author: ศิวพงษ์ ดันสุวรรณวงศ์

E-mail: siwapong201@hotmail.com

มาตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีซึ่งแสดงภาพโครมาโทแกรมภายใต้แสงขาว แสงยูวี 254 นาโนเมตร และแสงยูวี 366 นาโนเมตร และคำนวณค่า R_f ของแถบสารที่ตรวจพบในแต่ละคลื่นแสงดังนี้ (1) เมล็ดโกฐกะถึก ไม่พบแถบแยกที่แสงขาวและแสงยูวี 254 นาโนเมตร ขณะที่ความยาวคลื่น 366 นาโนเมตร มีค่า R_f 2 แถบ (2) ใบทองพันชั่ง มีค่า R_f จำนวน 7, 14, 19 แถบ ตามลำดับ (3) ใบชุมเห็ดเทศ มีค่า R_f จำนวน 11, 17, 15 แถบ ตามลำดับ (4) ใบพลู มีค่า R_f จำนวน 8, 16, 18 แถบ ตามลำดับ และ (5) ใบราชพฤกษ์ มีค่า R_f จำนวน 7, 10, 13 แถบ ตามลำดับ ผลการศึกษานี้ถือเป็นแนวทางการตรวจสอบพันธุ์พืชสมุนไพรในท้องถิ่นเพื่อพัฒนาเป็นต้นแบบพันธุ์สมุนไพรที่มีคุณภาพและเพิ่มมูลค่าพืชสมุนไพรไทยให้กับชุมชนท้องถิ่นต่อไป

คำสำคัญ: พืชสมุนไพร, คุณภาพยา, เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบบาง

Abstract

The objective of this research was to examine the identity of five medicinal plants using in the treatment of skin diseases in Thai traditional medicine, namely *Strychnos nux-vomica* L., *Rhinacanthus nasutus* (L.) Kurz, *Senna alata* (L.) Roxb., *Piper betle* L. and *Cassia fistula* L. which are medicinal plants that can be cultivated or found locally in Chiang Rai Province. The research methods were 1) Examining physical characteristics of medicinal plants according to 5 principles including name, appearance, color, smell and taste. 2) Examining the chemical identity of medicinal plants by thin layer chromatography techniques to create a database for developing prototypes of quality local herbal strains.

The results of the physical characteristics of medicinal plants found that (1) seed of *Strychnos nux-vomica* L. has a round, flat, white and grayish, odorless and intoxicating taste, (2) leaves of *Rhinacanthus nasutus* (L.) Kurz has single oval-shaped leaf. The tips and base of the leaves are pointed, green leaves have specific fragrance and bitter taste, (3) leaves of *Senna alata* (L.) Roxb

composed as feathers, specific fragrance and oval shaped. The tip and base of the leaves are round, light green, odorless and bitter in taste, (4) leaves of *Piper betle* L. are, heart-shaped and, dark green and have specific fragrance and spicy flavor, (5) leaves of *Cassia fistula* L. composed as feathers, oval pointed, dark green, odorless and astringent taste. When examining the chemical identity, which showed chromatograms under white light, 254 nm UV light and 366 nm UV light and the R_f value of the substance bands detected in each light wave were calculated as follows: (1) seed of *Strychnos nux-vomica* L. was not found separated bands at white light and 254 nm UV light, while there were 2 R_f bands at wavelength 366 nm. (2) leaves of *Rhinacanthus nasutus* (L.) Kurz found contained 7, 14, 19 of R_f values respectively, (3) leaves of *Senna alata* (L.) Roxb. contained 11, 17, 15 of R_f values respectively, (4) leaves of *Piper betle* L. contained 8, 16, 18 of R_f values respectively, (5) leaves of *Cassia fistula* L. contained 7, 10, 13 of R_f values respectively. The results of this study serve as guidelines for investigating good quality of local medicinal plant species and increase the value of Thai medicinal plants for the local community.

Keywords: Medicinal Plant, Medicine Quality, Thin Layer Chromatography

บทนำ

ปัจจุบันกระแสความนิยมในการใช้พืชสมุนไพรและผลิตภัณฑ์สมุนไพรสำหรับการดูแลสุขภาพเพิ่มมากขึ้น รวมถึงศาสตร์ทางการแพทย์แผนไทยด้านเภสัชกรรมไทยได้เข้ามามีบทบาทในการเป็นทางเลือกเพื่อการดูแลสุขภาพ ถือเป็นการพลิกฟื้นนำภูมิปัญญาการแพทย์แผนไทยกลับมาปรับใช้ประชาชน (คณะกรรมการการเกษตรและสหกรณ์วุฒิสภา, 2554) ซึ่งวิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่เป็นสถาบันการศึกษาที่เปิดสอนในระดับปริญญาตรี 2 หลักสูตร ได้แก่ หลักสูตรการแพทย์แผนไทยบัณฑิตและหลักสูตรเทคโนโลยีสมุนไพรและผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพ โดยมุ่งเน้นการผลิตบัณฑิตควบคู่กับการพัฒนาองค์ความรู้เพื่อนำไปปรับใช้สังคม จึงมีเครือข่ายความร่วมมือ

กับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการดูแลสุขภาพให้แก่ประชาชนด้วยการแพทย์แผนไทย รวมถึงกลุ่มผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนในด้านการผลิตวัตถุดิบสมุนไพร ภายใต้แนวนโยบายของกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (อว.) ได้ให้ความสำคัญของการพัฒนาหลักสูตรการเรียนการสอนเพื่อผลิตบัณฑิตให้พร้อมสู่โลกแห่งการทำงานจริง มีสมรรถนะตรงกับความต้องการของตลาดงาน สามารถพัฒนาอาชีพในปัจจุบันและเตรียมพร้อมรองรับตำแหน่งงานในอนาคต ภายใต้โครงการสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน (Cooperative and Work Integrated Education; CWIE) (สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม, 2565)

ทั้งนี้การผลิตวัตถุดิบสมุนไพรถือเป็นรากฐานที่สำคัญต่อการพัฒนายาสมุนไพรและผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร เนื่องจากคุณภาพและฤทธิ์ยาที่ดีควรคำนึงตั้งแต่การคัดเลือกวัตถุดิบสมุนไพรที่เป็นสายพันธุ์ยาที่ดีจึงจะสามารถออกฤทธิ์ได้ตามวัตถุประสงค์ของการใช้ประโยชน์ทางยา (ศิวพงษ์ ต้นสุวรรณวงศ์ และคณะ, 2566) ซึ่งจากองค์ความรู้ของการแพทย์แผนไทย และภูมิปัญญาของการแพทย์พื้นบ้านได้อาศัยประสบการณ์และความชำนาญเฉพาะตัวของแพทย์แผนไทย ในการพิจารณายาที่ดีภายใต้หลักการพิจารณาตัวยา 5 ประการ ได้แก่ การพิจารณารูป สี กลิ่น รส และชื่อของสมุนไพร (สำนักปลัดกระทรวงสาธารณสุข กองประกอบโรคศิลปะ, 2541) แต่เนื่องด้วยในยุคสมัยปัจจุบันการพิจารณาสมุนไพรตามลักษณะกายภาพอาจไม่เพียงพอ จึงจำเป็นต้องอาศัยความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเข้ามาช่วย โดยเฉพาะการตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบบาง (Thin Layer Chromatography; TLC) ซึ่งสามารถตรวจสอบและยืนยันความถูกต้องของชนิดพืชสมุนไพรโดยการแสดงผลการแยกสารในลักษณะข้อมูลภาพที่มีความชัดเจนและครอบคลุมองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ที่มีในตัวอย่างที่นำมาทดสอบกับวิธีการตรวจสอบได้แก่ วิธีการตรวจสอบภายใต้แสงธรรมชาติและภายใต้แสงอัลตราไวโอเลต เพื่อตรวจสอบค่าการดูดกลืนแสงหรือการเรืองแสงของสารแต่ละช่วงคลื่นอัลตราไวโอเลต จุดบนแผ่น TLC ที่ความยาวคลื่นต่างๆ เช่น แสงอัลตราไวโอเลตที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร และ 366 นาโนเมตร (ปนัดดา พัฒนาศิน และคณะ, 2561) ทั้งนี้แสงอัลตราไวโอเลตที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ใช้สำหรับตรวจสอบสารกลุ่มอะโรมาติกที่มีวงเดี่ยวขนาดเล็กๆ และกลุ่มสารประกอบฟีนอลหรือกรดฟีนอล หรือระบบคอนจูเกตสั้นๆ ของกลุ่มพันธะคู่ ส่วนแสง

อัลตราไวโอเลตที่ความยาวคลื่น 366 นาโนเมตร ใช้สำหรับตรวจสอบสารกลุ่มอะโรมาติกขนาดใหญ่ ที่มีหลายวงเชื่อมต่อกัน (จิตาพร ชีระพงศ์ และคณะ, 2564)

โรคผิวหนังเป็นโรคที่พบได้ทุกเพศและทุกวัย มีสาเหตุมาจากการติดเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ เชื้อรา เชื้อไวรัส และเชื้อแบคทีเรีย โดยเฉพาะเชื้อ *Staphylococcus aureus* เป็นสาเหตุของการติดเชื้อผิวหนังได้บ่อยที่สุด (ชาฟาวิ มะแม และคณะ, 2565) แม้ในปัจจุบัน โรคผิวหนังจากการติดเชื้อแบคทีเรียสามารถรักษาได้โดยการใช้ยาต้านจุลชีพ แต่จำนวนเชื้อดื้อยากก็เพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกันเนื่องจากการใช้ยาในปริมาณที่มากขึ้นรวมถึงการใช้ยาที่ผิดวิธีด้วย (วัชรมาศ ม่วงแก้ว และคณะ, 2558) จึงจำเป็นต้องใช้ยาหลายขนานร่วมกัน ทำให้ค่าใช้จ่ายในการรักษาเพิ่มขึ้นและมีผลข้างเคียงสูง ดังนั้น การใช้พืชสมุนไพรจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่ถูกนำมาใช้ในทางการแพทย์เพิ่มมากขึ้น ซึ่งคณะผู้วิจัยมีความสนใจในการศึกษาการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพและเอกลักษณ์ทางเคมีของพืชสมุนไพรที่ใช้รักษาโรคผิวหนังจากตำราการแพทย์แผนไทย และคัดเลือกพืชสมุนไพรท้องถิ่นในพื้นที่จังหวัดเชียงราย จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ เมล็ดโกฐกะกลิ้ง (เมล็ดจากต้นแสลงใจ) ใบทองพันชั่ง ใบชุมเห็ดเทศ ใบพลู และใบราชพฤกษ์ นำมาตรวจสอบลักษณะทางกายภาพและเอกลักษณ์ของพืชสมุนไพรด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบบาง เพื่อจัดทำเป็นแนวทางสำหรับการตรวจสอบพันธุ์พืชสมุนไพรที่มีมาตรฐาน และสามารถพัฒนาเป็นต้นแบบพันธุ์พืชสมุนไพรท้องถิ่นที่มีคุณภาพ รวมถึงให้ความรู้กับกลุ่มเครือข่ายผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนในการเพิ่มมูลค่าพืชสมุนไพรไทยให้กับชุมชนท้องถิ่น

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการคัดเลือกสมุนไพรที่มีสรรพคุณรักษาโรคผิวหนังในตำราการแพทย์แผนไทยและเป็นพืชสมุนไพรที่พบในเขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย จำนวน 5 ชนิด ประกอบด้วย 1) เมล็ดโกฐกะกลิ้ง 2) ใบทองพันชั่ง 3) ใบชุมเห็ดเทศ 4) ใบพลู และ 5) ใบราชพฤกษ์ ซึ่งสมุนไพรลำดับที่ 2-5 เป็นพืชสมุนไพรที่เพาะปลูกโดยวิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย และดำเนินการเก็บตัวอย่างในระหว่างเดือนมกราคม-มีนาคม 2566 ส่วนสมุนไพรในลำดับที่ 1 เป็นสมุนไพรที่นำมารากร้านขายยาสมุนไพรในอำเภอเมือง จังหวัดเชียงรายที่เป็นเครือข่ายแหล่งวัตถุดิบสมุนไพร

ของวิทยาลัยการแพทย์ฯ เพื่อนำมาศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมีของพืชสมุนไพร โดยมีรายละเอียดในการดำเนินการดังนี้

1. การตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของพืชสมุนไพร

การตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของพืชสมุนไพรตามส่วนที่ใช้ทำยา ตามตำราเภสัชกรรมไทยอาศัยเกณฑ์การพิจารณาด้วย 5 ประการ ได้แก่ การพิจารณาชื่อ รูป สี กลิ่น และรสของสมุนไพร (สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข. กองการประกอบโรคศิลป์, 2541; พรพรรณ ก่อใจ และคณะ, 2562) ซึ่งสามารถนำความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบได้ดังนี้

1.1 การตรวจสอบชื่อสมุนไพร

การตรวจสอบชื่อสมุนไพรที่ระบุในตำราการแพทย์แผนไทยเทียบกับชื่อทางวิทยาศาสตร์จากฐานข้อมูลพรรณไม้ องค์การสวนพฤกษศาสตร์

1.2 การตรวจสอบสัณฐานภายนอก

การตรวจสอบสัณฐานภายนอกของพืชสมุนไพรเทียบกับข้อมูลตามหลักทางพฤกษศาสตร์

1.3 การตรวจสอบลักษณะสี

การตรวจสอบลักษณะสีจากการสังเกตด้วยตาเปล่าเปรียบเทียบกับการวัดสีด้วยภาพถ่าย โดยทำการถ่ายภาพพืชสมุนไพรด้วยกล้องดิจิทัล Canon EOS M3 ในระยะการถ่ายภาพ 20 เซนติเมตร แล้วจึงนำภาพถ่ายไปวัดค่าสีในระบบ CIE เป็นค่า L^* a^* และ b^* ด้วยซอฟต์แวร์ Adobe Photoshop CS6 (ดัดแปลงข้อมูลจาก มนัสนันท์ นพรัตน์ไมตรี และคณะ, 2564) โดยวัดการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L^* หรือ Lightness), ค่าสีแดง (a^* หรือ Redness) และค่าสีเหลือง (b^* หรือ Yellowness) บันทึกผลการตรวจสอบ 3 ซ้ำ (อัจฉรา ดลวิทยาคุณ และคณะ, 2560)

1.4 การตรวจสอบลักษณะกลิ่น

การตรวจสอบลักษณะด้วยประสาทสัมผัสจากการดม ซึ่งเป็นไปตามหลักการพิจารณาด้วย 5 ประการของเภสัชกรรมไทย

1.5 การตรวจสอบลักษณะรส

การตรวจสอบลักษณะรสจากปุ่มรับรสของลิ้นร่วมกับประสาทการชิม ซึ่งจำแนกจากรสชาติไทย 9 รสของเภสัชกรรมไทย

2. การตรวจสอบเอกลักษณ์ของพืชสมุนไพรด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบบาง

2.1 การเตรียมตัวอย่างผงยาสมุนไพร

การเตรียมสมุนไพรสด ได้แก่ ใบทองพันชั่ง ใบชุมเห็ดเทศ ใบพลู และใบราชพฤกษ์ โดยทำการเก็บตัวอย่างพืชสมุนไพรสดมาล้างให้สะอาด ลดขนาดของพืชสมุนไพรด้วยการหั่นให้มีขนาดเล็กลง และทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง แล้วทำการบดให้ละเอียด บรรจุในภาชนะที่ปิดสนิท เก็บไว้ในที่แห้ง

กรณีสมุนไพรแห้ง คือ เมล็ดโกฐกษะกัณฐ์ โดยการคัดแยกสิ่งปลอมปนในสมุนไพร จากนั้นทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง แล้วทำการบดให้ละเอียด บรรจุในภาชนะที่ปิดสนิท เก็บไว้ในที่แห้ง



ภาพที่ 1 แสดงคุณลักษณะทางกายภาพของผงสมุนไพร

(A) เมล็ดโกฐกษะกัณฐ์ (B) ใบทองพันชั่ง (C) ใบชุมเห็ดเทศ (D) ใบพลู (E) ใบราชพฤกษ์

2.2 การตรวจสอบเอกลักษณ์ของพืชสมุนไพร (Chromatographic fingerprint)

การเตรียมสารละลายตัวอย่าง นำสมุนไพรที่ผ่านการบดมาสกัดด้วยตัวทำละลาย 80% เอทานอล ในอัตราส่วนผงสมุนไพร 1 กรัมต่อสารละลาย 80% เอทานอล ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เขย่าเพื่อสกัดสารแล้วตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นกรองสารสกัดด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 เพื่อให้ได้สารสกัดจากสมุนไพรทั้ง 5 ชนิด

การเตรียมวัฏภาคเคลื่อนที่ ใช้วัฏภาคเคลื่อนที่ (Mobile phase) คือ Toluene : Ethyl Acetate : Formic Acid ในอัตราส่วน 5 : 4 : 1

วิธีการ นำสารสกัดสมุนไพรทั้ง 5 ชนิด หยดลงแผ่น HPTLC Silica gel 60 โดยการพ่นตัวอย่างลงบนแผ่น HPTLC โดยเครื่องพ่นสาร HPTLC ใช้ปริมาตร 5 ไมโครลิตร

แล้วสังเกตลักษณะ Chromatographic Fingerprint ของพืชสมุนไพรด้วยตาเปล่า และภายใต้แสงอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร และ 366 นาโนเมตร ทำการวัดระยะทางคำนวณค่าคงที่การไหล (Rate of flow; R_f) และบันทึกผล (ดัดแปลงจากศิริพงษ์ ต้นสุวรรณวงศ์ และคณะ, 2566)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการรวบรวมและศึกษาข้อมูลพืชสมุนไพรตามบันทึกการใช้เป็นยาของแพทย์แผนไทย พร้อมคัดเลือกสมุนไพรที่หาได้ง่ายและปลูกได้ในพื้นที่จังหวัดเชียงรายมา 5 ชนิด ได้แก่ เมล็ดโกฐกู่ก้าง ใบทองพันชั่ง ใบชุมเห็ดเทศ ใบพลู และใบราชพฤกษ์ นำมาศึกษา ลักษณะทางกายภาพของพืชสมุนไพรและตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีของพืชสมุนไพรโดยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบบาง มีรายละเอียดดังนี้

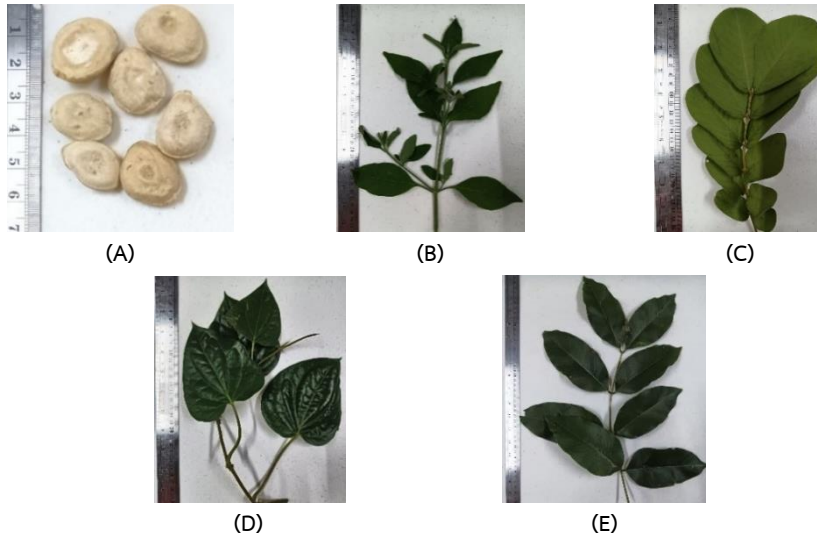
1. การตรวจสอบคุณลักษณะทางกายภาพของพืชสมุนไพร

1.1 การตรวจสอบชื่อสมุนไพร

จากการตรวจสอบชื่อสมุนไพรในตำราการแพทย์แผนไทยเทียบกับชื่อทางวิทยาศาสตร์จากฐานข้อมูลพรรณไม้ องค์การสวนพฤกษศาสตร์ พบว่า 1) โกฐกู่ก้าง หรือเมล็ดแสลงใจ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Strychnos nux-vomica* L. 2) ทองพันชั่ง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Rhinacanthus nasutus* (L.) Kurz 3) ชุมเห็ดเทศ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Senna alata* (L.) Roxb. 4) พลู มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Piper betle* L. และ 5) ราชพฤกษ์ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cassia fistula* L.

1.2 การตรวจสอบรูปพรรณสัณฐาน

จากการตรวจสอบรูปพรรณสัณฐานภายนอกของพืชสมุนไพรตามส่วนที่นำไปใช้ประโยชน์ พบว่า 1) เมล็ดโกฐกู่ก้าง มีลักษณะกลมแบนคล้ายกระดุม ขอบนูน ผิวนอกมีขนสีน้ำตาลแกมเทาคล้ายกำมะหยี่ 2) ใบทองพันชั่ง เป็นใบเดี่ยว รูปรี ปลายใบและโคนใบแหลม 3) ใบชุมเห็ดเทศ เป็นใบประกอบแบบขนนก ใบย่อยรูปขอบขนานแกมรูปรี ปลายใบและโคนใบกลม ขอบใบเรียบ แผ่นใบเกลี้ยง 4) ใบพลู เป็นใบเดี่ยว รูปหัวใจ หน้าใบมันขอบใบเรียบ และ 5) ใบราชพฤกษ์ เป็นใบประกอบขนนก ใบย่อยรูปไข่ ปลายแหลมตามรายละเอียดดังภาพที่ 2 และตารางที่ 1



ภาพที่ 2 แสดงคุณลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของพืชสมุนไพร

(A) เมล็ดโกฐกษลัก, (B) ใบทองพันชั่ง, (C) ใบชุมเห็ดเทศ, (D) ใบพลู และ (E) ใบราชพฤกษ์

ตารางที่ 1 แสดงลักษณะสัณฐานภายนอกของพืชสมุนไพร

ชื่อวิทยาศาสตร์	ส่วนที่ใช้	ลักษณะสัณฐานภายนอกของพืชสมุนไพร
<i>Strychnos nux-vomica</i> L.	เมล็ด	เมล็ดกลมแบนคล้ายกระดุม ขอบนูน ผิวนอกมีขนสีนวล แกมเทาคล้ายกำมะหยี่
<i>Rhinacanthus nasutus</i> (L.) Kurz	ใบ	ใบเดี่ยว รูปรี ปลายใบและโคนใบแหลม
<i>Senna alata</i> (L.) Roxb.	ใบ	ใบประกอบแบบขนนก ใบย่อยรูปขอบขนานแกมรูปรี ปลายใบและโคนใบกลม ขอบใบเรียบ แผ่นใบเกลี้ยง
<i>Piper betle</i> L.	ใบ	ใบเดี่ยว รูปหัวใจ หน้าใบมันขอบใบเรียบ
<i>Cassia fistula</i> L.	ใบ	ใบประกอบขนนก ใบย่อยรูปไข่ ปลายแหลม

1.3 การตรวจสอบลักษณะสี

จากการตรวจสอบลักษณะสีของพืชสมุนไพรด้วยตาเปล่าและวัดสีด้วยภาพถ่ายในระบบ CIE พบว่า 1) โกฐกษลัก เมล็ดสีขาวนวลแกมเทา มีค่าสี $L^* a^* b^*$ เท่ากับ 54.00 ± 2.00 , 2.67 ± 0.58 , 20.67 ± 0.58 ตามลำดับ 2) ทองพันชั่ง ใบสีเขียว มีค่าสี $L^* a^* b^*$ เท่ากับ 22.00 ± 1.00 , -14.00 ± 1.00 , 19.33 ± 0.58 ตามลำดับ 3) ชุมเห็ดเทศ ใบสีเขียวอ่อน

มีค่าสี $L^* a^* b^*$ เท่ากับ 23.67 ± 1.53 , -15.33 ± 0.58 , 22.00 ± 1.00 ตามลำดับ 4) พลู ใบสีเขียวเข้ม มีค่าสี $L^* a^* b^*$ เท่ากับ 14.33 ± 3.21 , -8.67 ± 0.58 , 9.33 ± 0.58 ตามลำดับ 5) ราชพฤกษ์ ใบสีเขียวเข้ม มีค่าสี $L^* a^* b^*$ เท่ากับ 30.67 ± 2.08 , -9.33 ± 1.15 , 14.33 ± 1.15 ตามลำดับ ดังภาพที่ 2 และตารางที่ 2

1.4 การตรวจสอบลักษณะกลิ่น

จากการตรวจสอบลักษณะกลิ่นของพืชสมุนไพร พบว่า 1) เมล็ดโกฐกะกลิ้ง ไม่มีกลิ่น 2) ใบทองพันชั่ง มีกลิ่นหอมเฉพาะตัวของทองพันชั่ง 3) ใบชุมเห็ดเทศ มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว 4) ใบพลู มีกลิ่นหอมเฉพาะตัวของพลู 5) ใบราชพฤกษ์ ไม่มีกลิ่น ดังตารางที่ 2

1.5 การตรวจสอบลักษณะรส

จากการตรวจสอบลักษณะรสของพืชสมุนไพร พบว่า 1) เมล็ดโกฐกะกลิ้ง มีรสขมเมาเบื่อ 2) ใบทองพันชั่ง มีรสเบื่อเย็น 3) ใบชุมเห็ดเทศ มีรสเบื่อเย็น 4) ใบพลู มีรสเผ็ดร้อน 5) ใบราชพฤกษ์ มีรสฝาด ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงลักษณะสี กลิ่น และรสของพืชสมุนไพร

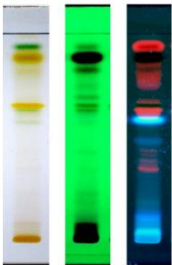
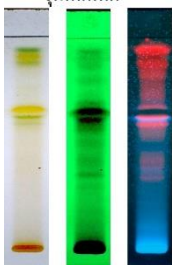
ชนิดของพืชสมุนไพร	สี				กลิ่น	รสชาติ
	สังเกตสี	ค่าสี L^*	ค่าสี a^*	ค่าสี b^*		
<i>Strychnos nux-vomica</i> L.	ขาวนวล แกมเทา	54.00 ± 2.00	2.67 ± 0.58	20.67 ± 0.58	ไม่มีกลิ่น	ขมเมา เบื่อ
<i>Rhinacanthus nasutus</i> (L.) Kurz	เขียว	22.00 ± 1.00	-14.00 ± 1.00	19.33 ± 0.58	กลิ่นหอม เฉพาะตัว	เบื่อเย็น
<i>Senna alata</i> (L.) Roxb.	เขียว	23.67 ± 1.53	-15.33 ± 0.58	22.00 ± 1.00	กลิ่นหอม เฉพาะตัว	เบื่อเย็น
<i>Piper betle</i> L.	เขียวเข้ม	14.33 ± 3.21	-8.67 ± 0.58	9.33 ± 0.58	กลิ่นหอม เฉพาะตัว	เผ็ดร้อน
<i>Cassia fistula</i> L.	เขียวเข้ม	30.67 ± 2.08	-9.33 ± 1.15	14.33 ± 1.15	ไม่มีกลิ่น	ฝาด

2. การตรวจสอบเอกลักษณ์ของพืชสมุนไพร

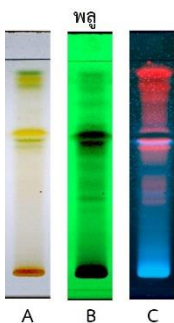
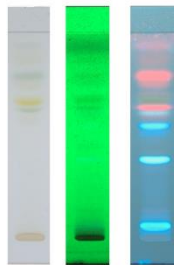
การตรวจสอบเอกลักษณ์ของพืชสมุนไพรจากลักษณะลายพิมพ์ (Fingerprint) โดยสารสกัด 80% เอทานอลของเมล็ดโกฐกะกลิ้ง ใบทองพันชั่ง ใบชุมเห็ดเทศ ใบพลู ใบราชพฤกษ์ ตามลำดับ ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบบาง แล้วสังเกตลักษณะ Chromatographic

Fingerprint ของพืชสมุนไพรด้วยตาเปล่า (แสงขาว) และภายใต้แสงอัลตราไวโอเล็ตที่มีความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร และ 366 นาโนเมตร พบว่า สารสกัดของพืชสมุนไพรทั้ง 5 ชนิด แสดงลักษณะของลายพิมพ์ที่แตกต่างกัน ดังผลการตรวจสอบเอกลักษณ์ของพืชสมุนไพรในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงผลการตรวจสอบเอกลักษณ์ของพืชสมุนไพร

ชนิดสมุนไพร	Chromatographic Finger print	ค่า R_f (Rate of flow)
<i>Strychnos nux-vomica</i> L.	โกฐกะลั่ง  A B C	(A) แสงขาว R_f = ไม่พบ (B) แสงยูวี 254 nm R_f = ไม่พบ (C) แสงยูวี 366 nm R_f = 0.63, 0.83
<i>Rhinacanthus nasutus</i> (L.) Kurz	ทองพันชั่ง  A B C	(A) แสงขาว R_f = 0.09, 0.58, 0.63, 0.66, 0.81, 0.87, 0.93 (B) แสงยูวี 254 nm R_f = 0.08, 0.13, 0.20, 0.25, 0.35, 0.44, 0.58, 0.63, 0.65, 0.69, 0.75, 0.81, 0.88, 0.93 (C) แสงยูวี 366 nm R_f = 0.06, 0.10, 0.13, 0.16, 0.20, 0.24, 0.28, 0.32, 0.36, 0.41, 0.45, 0.49, 0.59, 0.63, 0.68, 0.75, 0.79, 0.84, 0.93
<i>Senna alata</i> (L.) Roxb.	ชุมเห็ดเทศ  A B C	(A) แสงขาว R_f = 0.11, 0.46, 0.50, 0.58, 0.61, 0.65, 0.69, 0.78, 0.87, 0.90, 0.93 (B) แสงยูวี 254 nm R_f = 0.08, 0.12, 0.20, 0.25, 0.30, 0.36, 0.43, 0.46, 0.52, 0.55, 0.58, 0.61, 0.66, 0.69, 0.77, 0.85, 0.93 (C) แสงยูวี 366 nm R_f = 0.12, 0.15, 0.22, 0.34, 0.42, 0.44, 0.46, 0.50, 0.54, 0.58, 0.63, 0.68, 0.78, 0.87, 0.94

ตารางที่ 3 แสดงผลการตรวจสอบเอกลักษณ์ของพืชสมุนไพร (ต่อ)

ชนิดสมุนไพร	Chromatographic Finger print	ค่า R_f (Rate of flow)
<i>Piper betle</i> L.	 ผล A B C	(A) แสงขาว $R_f = 0.50, 0.59, 0.62, 0.65, 0.76, 0.86, 0.90, 0.93$ (B) แสงยูวี 254 nm $R_f = 0.13, 0.19, 0.23, 0.31, 0.35, 0.42, 0.45, 0.49, 0.52, 0.57, 0.61, 0.65, 0.70, 0.80, 0.87, 0.93$ (C) แสงยูวี 366 nm $R_f = 0.10, 0.15, 0.19, 0.22, 0.27, 0.34, 0.38, 0.43, 0.49, 0.59, 0.61, 0.63, 0.67, 0.72, 0.77, 0.81, 0.86, 0.93$
<i>Cassia fistula</i> L.	 ราชพฤกษ์ A B C	(A) แสงขาว $R_f = 0.58, 0.64, 0.68, 0.75, 0.80, 0.87, 0.94$ (B) แสงยูวี 254 nm $R_f = 0.15, 0.38, 0.45, 0.54, 0.59, 0.64, 0.68, 0.75, 0.80, 0.87$ (C) แสงยูวี 366 nm $R_f = 0.09, 0.39, 0.51, 0.55, 0.59, 0.61, 0.64, 0.68, 0.70, 0.74, 0.79, 0.86, 0.93$

การตรวจสอบเอกลักษณ์ของพืชสมุนไพรโดยอาศัยการตรวจสอบเชิงคุณภาพตามภูมิปัญญาของการแพทย์แผนไทยด้วยทักษะประสบการณ์ความชำนาญในการใช้การสัมผัสได้แก่ การสังเกต การชิมรสและการดมกลิ่นโดยแพทย์แผนไทย ซึ่งเป็นทักษะความชำนาญเฉพาะตัวของบุคคลร่วมกับการประยุกต์ใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการตรวจสอบพันธุ์พืชสมุนไพรที่มีมาตรฐานและพัฒนาเป็นต้นแบบพันธุ์สมุนไพรที่มีคุณภาพ สอดคล้องกับงานศึกษาเกี่ยวกับแนวทางการตรวจสอบสายพันธุ์พืชสมุนไพร (พรพรรณ ก่อใจ และคณะ, 2562) รวมถึงการควบคุมเอกลักษณ์ของเครื่องยาไทย (สุนันทา ศรีโสภณ และคณะ, 2559; ญัฐชยา ดั่งรัก และ ธงชาติ ทรัพย์จอมทอง, 2560) ซึ่งสามารถบ่งชี้ถึงคุณภาพเครื่องยาของสมุนไพรที่สามารถนำไปผลิตเป็นยาและผลิตภัณฑ์

สุภาพ (วิชัย โชควิวัฒน์, 2564) และสอดคล้องกับงานวิจัยที่คำนึงถึงคุณภาพของวัตถุดิบสมุนไพรโดยการวิเคราะห์เอกลักษณ์ทางเคมีของวัตถุดิบสมุนไพรเพื่อให้เกิดความมั่นใจในวัตถุดิบที่มีคุณภาพจะส่งผลต่อประสิทธิภาพต่อการรักษาโรคที่ดีด้วยเช่นกัน (ธิดารัตน์ บุญรอด และคณะ, 2551)

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาคุณภาพทางยาของพืชสมุนไพรด้วยวิธีการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ และการตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีของพืชสมุนไพรในท้องถิ่นที่มีสรรพคุณรักษาโรคผิวหนัง จำนวน 5 ชนิด โดยอาศัยภูมิปัญญาการแพทย์แผนไทยดั้งเดิมร่วมกับการประยุกต์ใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ พบว่า (1) เมล็ดโกฐกะกลิ้ง มีลักษณะทางกายภาพของเมล็ดกลมแบนคล้ายกระดุมขอบนูน สีขาวนวลแกมเทา ไม่มีกลิ่นและมีรสขมเมาเบื่อ ผลการตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมี ไม่พบแถบแยกที่แสงขาวและแสงยูวี 254 นาโนเมตร ขณะที่ความยาวคลื่น 366 นาโนเมตร มีค่า R_f 2 แถบ (2) ใบทองพันชั่ง มีลักษณะทางกายภาพเป็นใบเดี่ยวรูปรีปลายและโคนใบแหลม ใบสีเขียว มีกลิ่นหอมเฉพาะตัวและมีรสเบื่อเอียน ผลการตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีภายใต้แสงขาว แสงยูวี 254 นาโนเมตร และแสงยูวี 366 นาโนเมตร มีค่า R_f จำนวน 7, 14, 19 แถบ ตามลำดับ (3) ใบชุมเห็ดเทศ มีลักษณะทางกายภาพเป็นใบประกอบขนนก ใบย่อยรูปขอบขนานแกมรูปรี ปลายและโคนใบกลม สีเขียวอ่อน มีกลิ่นหอมเฉพาะตัวและมีรสเบื่อเอียน ผลการตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีภายใต้แสงขาว แสงยูวี 254 นาโนเมตร และแสงยูวี 366 นาโนเมตร มีค่า R_f จำนวน 11, 17, 15 แถบ ตามลำดับ (4) ใบพลู มีลักษณะทางกายภาพเป็นใบเดี่ยวรูปหัวใจ สีเขียวเข้ม มีกลิ่นหอมเฉพาะตัวและมีรสเผ็ดร้อน ผลการตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีภายใต้แสงขาว แสงยูวี 254 นาโนเมตร และแสงยูวี 366 นาโนเมตร มีค่า R_f จำนวน 8, 16, 18 แถบ (5) ใบราชพฤกษ์ มีลักษณะทางกายภาพเป็นใบประกอบขนนก ใบย่อยรูปไข่ ปลายแหลม สีเขียวเข้ม ไม่มีกลิ่นและมีรสฝาด ผลการตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมีภายใต้แสงขาว แสงยูวี 254 นาโนเมตร และแสงยูวี 366 นาโนเมตร มีค่า R_f จำนวน 7, 10, 13 แถบ ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสมุนไพรแต่ละชนิดมีลักษณะทางกายภาพและเอกลักษณ์ทางเคมีที่แตกต่างกัน ผลการศึกษานี้ถือเป็นแนวทางการตรวจสอบพันธุ์พืชสมุนไพรในท้องถิ่นเพื่อพัฒนาเป็นต้นแบบพันธุ์สมุนไพรที่มีคุณภาพและเพิ่มมูลค่าพืช

สมุนไพรไทยให้กับชุมชน รวมถึงสามารถพัฒนาต่อยอดไปสู่การผลิตเป็นยารักษาโรคและผลิตภัณฑ์สุขภาพได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย และขอขอบคุณวิทยาลัยการแพทย์พื้นบ้านและการแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายที่ให้ความอนุเคราะห์การใช้อุปกรณ์และสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- คณะกรรมการการเกษตรและสหกรณ์วุฒิสภา. (2554). *รายงานการพิจารณาศึกษา เรื่อง ปัญหาของพืชสมุนไพร*. สำนักกรรมการ 1, สำนักงานเลขาธิการวุฒิสภา, กรุงเทพฯ. 78 หน้า.
- ชาพาวิ มะแม, นัสรีย์ แวมะ, มูฮำหมัดเปาซี คาเร้ง, อนัส เบ็ญจมาตร, ศิริรัตน์ ศรีรักษา และ พิรุณรัตน์ แซ่ลิ้ม. (2565). การศึกษาความคงตัวและฤทธิ์เบื้องต้นของสารสกัดจาก ตำรับสมุนไพรไทยในการต้านเชื้อจุลชีพที่ก่อโรคบนผิวหนัง. *วารสารหมอยาไทยวิจัย*, 8(1), 115-128.
- ณัฐชยา ด้วงรัก และ ธงชาติ ทรัพย์จอมทอง. (2560). คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของสมุนไพรกำแพงเจ็ดชั้น. *วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์*, 59(2), 94-103.
- จิตารัตน์ บุญรอด, อภิรักษ์ ศักดิ์เพชร และ ภูริทัต รัตนสิริ. (2551). คุณภาพของวัตถุดิบและยาหมื่นชันและฟ้าทะลายโจรที่ใช้ในโรงพยาบาลภูมิภาค. *วารสารการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก*, 6(1), 32-42.
- จิตาพร อีระพงศ์, สุรัสวดี ใจขาน, รัตนภรณ์ ตรัยสถิตย์ และ ประไพรัตน์ สีพลไกร. (2564). *เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบผิวบางสำหรับการจัดจำแนกเห็ดชางฮวงป่า*. น. 23-33. ใน: การประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์ และนวัตกรรม ครั้งที่ 3 ประจำปี 2564 “วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อชุมชน”. วันที่ 26 มีนาคม 2564. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย, เลย.

- ปนัดดา พัฒนาศิน, อุทัย โสณะพันธ์, ลาวัลย์ ศรีพงษ์, จันตนา บุณโธสถ, จริญญา อัครวัณธร และ อรัญญา นันทนาภรณ์. (2561). โครมาโทกราฟีแบบชั้นบางและการวิเคราะห์เชิงภาพเพื่อการวิเคราะห์เชิงปริมาณ. *Thai Bulletin of Pharmaceutical Sciences*, 13(1), 79-92.
- พรพรรณ ก่อใจ, ศิวพงษ์ ต้นสุวรรณวงศ์ และ ยิ่งยง เทาประเสริฐ. (2562). ภูมิปัญญาในการตรวจสอบพืชสมุนไพรอย่างร่วมสมัย. น. 840-845. ใน: การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 6, วันที่ 20 กรกฎาคม 2562. มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, ขอนแก่น
- มนัสนันท์ นพรัตน์ไมตรี, สิริวิทย์ ศรีตุลลานนท์, สรัณกร คุณขาว, รักษ์พร คนชาน, ออมสิน สระโพธิ์ทอง, สรณัฐ โชตินิพัทธ์, ฤทธิฤทธิ์ วิทยาพัฒนานุรักษ์ รักษาศิริ, จินดา กลิ่นอุบล, ชาณชัย อรรคชาติ และ อรวรรณ เชาวลิตร. (2564). วิธีการวัดสีของภาพถ่ายเป็นเครื่องมือทางเลือกสำหรับการประเมินสีเนื้อไก่. *สัตว์แพทย์มหานครสาร*, 16(1), 147-158.
- วิษมาศ ม่วงแก้ว, จิตินันท์ กิตติสิน, สันต์ สุวรรณมณี, ยุวดี มหาคุณกิจเจริญ และ นัฏฐเนศวร์ ลับเลิศลบ. (2558). ความสามารถของโนซินต่อการยับยั้งจุลชีพ. *วารสารการแพทย์และวิทยาศาสตร์สุขภาพ*, 22(2), 15-23.
- วิชัย โชควิวัฒน์. (2557). คุณภาพของสมุนไพร. *วารสารการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก*, 2(2), 84-91.
- ศิวพงษ์ ต้นสุวรรณวงศ์, นภาพร ณ อุโมงค์, พรพรรณ ก่อใจ และ จินตนา นันตะ. (2566). การตรวจสอบมาตรฐานพืชสมุนไพรที่มีฤทธิ์ยาที่ดี กรณีศึกษาเมล็ดชุมเห็ดไทย. *วารสารหมอยาไทยวิจัย*, 9(1), 115-130.
- สำนักงานปลัด กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม. (2565). ประกาศคณะกรรมการมาตรฐานการอุดมศึกษา เรื่องหลักเกณฑ์และแนวปฏิบัติเพื่อส่งเสริมการจัดหลักสูตรสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน พ.ศ. 2565. สืบค้นเมื่อ วันที่ 27 ตุลาคม 2566, จาก <https://cwie.mhesi.go.th>.
- สำนักปลัดกระทรวงสาธารณสุข. กองประกอบโรคศิลปะ. (2541). ตำรายาแพทย์แผนโบราณ สาขาเภสัชกรรม. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์แห่งประเทศไทย.

สุนันทา ศรีโสภณ, จันคณา บุรณะโอสถ และ อุทัย โสธนะพันธุ์. (2559). การพิสูจน์เอกลักษณ์ของเครื่องยาจันทน์ชะมดด้วยวิธีโครมาโทกราฟีแบบชั้นบาง. *วารสารไทยเภสัชชนิพนธ์*, 11(1), 47-57.

อัจฉรา ดลวิทยาคุณ, สุรีย์ ชมภู และ จุฑารัตน์ ผิวเหลือง. (2560). การพัฒนาผลิตภัณฑ์เจลลี่เสาวรสผสมฟักข้าว. *วารสารการเกษตรราชภัฏ*, 16(1), 41-47.

การพัฒนาระบบตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็กอัจฉริยะ

สำหรับภายในและภายนอกอาคาร

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT SYSTEM FOR PARTICULATE MATTER AIR
POLLUTION MONITORING FOR INDOOR AND OUTDOOR ENVIRONMENTSจริยา พันธา^{*,1} และ ศรัทธญา บุญเฉลียว²Jariya Panta^{*,1} and Sataya Boonchaleaw²¹ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี² บริษัท พีทีที ดิจิตอล โซลูชั่น จำกัด¹ Faculty of Industrial Technology, Ubon Ratchathani Rajabhat University² PTT Digital Solutions Company Limited

Received: 24 November 2023

Revised: 9 April 2024

Accepted: 9 April 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาระบบตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็กในระดับ PM 2.5 ที่สามารถวัดและรายงานค่าฝุ่นละอองได้ตามเวลาจริงในสภาพแวดล้อมทั้งภายในและภายนอกอาคาร ผลการทดสอบการวัดปริมาณฝุ่น PM 2.5 ในอากาศเฉลี่ยต่อเนื่อง 24 ชั่วโมงเป็นเวลา 16 วัน ด้วยเครื่องมือวัดฝุ่นที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น พบว่ามีแนวโน้มของกราฟแสดงปริมาณฝุ่นที่ใกล้เคียงกันหรือไปในทิศทางเดียวกันกับอุปกรณ์มาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษที่ติดตั้ง ณ ศูนย์แสดงและจำหน่ายสินค้าโอท็อป ตำบลในเมือง อำเภอเมืองอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี โดยมีค่าความแตกต่างของปริมาณฝุ่นละอองเฉลี่ย 6 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ผลวิจัยชี้ว่า เครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้งานได้ นอกจากนี้ระบบตรวจวัดฝุ่นสามารถเรียกดูค่าปริมาณฝุ่นย้อนหลังได้ตามช่วงวันและเวลาต่างๆ ได้ ทั้งในรูปแบบของกราฟและตาราง ผ่านทางเว็บไซต์ที่สามารถเข้ากันได้กับทั้งเว็บเบราว์เซอร์

* Corresponding author: จริยา พันธา

E-mail: jariya.panta@gmail.com

ในคอมพิวเตอร์และสมาร์ทโฟน พร้อมทั้งมีระบบแจ้งเตือนค่าฝุ่นละอองผ่านระบบแจ้งเตือนทางแอปพลิเคชันไลน์ เมื่อมีปริมาณของฝุ่นละอองที่เกินค่ามาตรฐาน

คำสำคัญ: ระบบตรวจวัดฝุ่น, ฝุ่นละอองขนาดเล็ก, คุณภาพอากาศ, แอปพลิเคชันไลน์

Abstract

This research reports the development of a fine dust monitoring system at PM 2.5 level. The system is able to measure and report dust values in real time in both indoor and outdoor environments. The results of the test measuring the amount of PM 2.5 dust in the air for an average of 24 consecutive hours for 16 days using the dust measuring device developed by the researchers showed a graph trend of dust levels that were similar to or in the same direction as the standard equipment of the Pollution Control Department installed at the OTOP Center, Tambon Nai Mueang, Mueang Ubon Ratchathani District, Ubon Ratchathani Province, with an average dust concentration difference of 6 micrograms per cubic meter. The research results showed that the developed prototype can be used. In addition, the dust monitoring system can retrieve statistical information of real-time and past time and certain data depicted in the forms of graphs and tables exhibiting dust particle levels on website through web browsers on computers and smart phones. Moreover, there is an alert system of the exceeding pollution value through LINE application when the set standard value is exceeded.

Keywords: Particulate matter detection system, Micro dust particle, Air quality, LINE application

บทนำ

ฝุ่นละอองในบรรยากาศเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ และเป็นปัญหาที่สำคัญของประเทศไทย เนื่องจากเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในทุกๆ ปี ค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กที่เกินมาตรฐานคุณภาพอากาศ ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของประชาชนเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะผู้ที่อยู่ในกลุ่มเสี่ยง เช่น เด็ก ผู้สูงอายุ และผู้ที่มีโรคประจำตัว อาจส่งผลให้เกิดโรคทางเดินหายใจ โรคหอบหืด โรคปอด โรคตาอักเสบ โรคผิวหนัง เป็นต้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2561; กลุ่มเฝ้าระวังฝุ่น จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2562; กรมควบคุมมลพิษ, 2565) ในช่วงปลายปีและต้นปีของประเทศไทย พบว่าสภาพอากาศเป็นปัจจัยที่ทำให้พบฝุ่นละอองมากที่สุด เพราะเป็นช่วงที่ประเทศไทยได้รับความกดอากาศสูงจากทางตอนเหนือที่เคลื่อนตัวลงมาปกคลุมไปทั่วพื้นที่ ทำให้เกิดสภาพอากาศที่นิ่ง ความกดอากาศที่ปกคลุมปิดกั้นไม่ให้ฝุ่นต่างๆ ที่สะสมตัวอยู่ภายในอากาศระบายได้ ทำให้มีการสะสมของฝุ่นละอองในอากาศเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยามีผลต่อการเกิดมลพิษทางอากาศ เช่น อุณหภูมิที่สูงขึ้นแปรผันตรงกับมลพิษทางอากาศ ส่วนปัจจัยความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณฝน อุณหภูมิต่ำสุด และความเร็วลมแปรผกผันกับมลพิษทางอากาศ (ชาคริต โชติอมรศักดิ์ และดวงนภา ลาภใหญ่, 2561) ซึ่งสาเหตุหลักของปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็กมาจากการก่อสร้างซ่อมแซม ต่อเติมอาคาร การเดินทาง การขนส่งที่ใช้เครื่องยนต์ อากาศพิษที่ปล่อยจากปล่องโรงงานอุตสาหกรรมและโรงไฟฟ้า กิจกรรมทางการเกษตร และกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดการเผาไหม้ซึ่งเกิดขึ้นได้ทั้งภายในอาคาร (indoor air pollution) และภายนอกอาคาร (outdoor air pollution) รวมถึงไฟป่าทั้งที่เกิดตามธรรมชาติและการลักลอบเผาป่า เป็นต้น (ชัยวุฒิ วุทธิสิทธิ์, 2560; กรมควบคุมมลพิษ, 2561; ฐิฎาพร สุภาชี และคณะ, 2561; ลัดดาวัลย์ จำปา, 2565).

จากภาพรวมสถานการณ์คุณภาพอากาศของประเทศไทยเมื่อปี 2565 พบว่ามีปริมาณค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM 2.5) ลดลงจากปี 2564 ร้อยละ 5 (กรมควบคุมมลพิษ, 2565) แต่อย่างไรก็ตาม ในช่วงต้นปี 2566 พบว่าหลายพื้นที่ยังมีปริมาณฝุ่นเกินค่ามาตรฐาน และยังมีแนวโน้มสูงขึ้นกว่าปีที่ผ่านมา ส่วนใหญ่เป็นจังหวัดที่อยู่ทางภาคเหนือ รวมทั้งพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล (กรมควบคุมมลพิษ, 2561; ฐิฎาพร สุภาชี และคณะ, 2561; กรมควบคุมมลพิษ, 2565) ด้วยปัญหามลพิษทางอากาศที่มีแนวโน้มรุนแรงมากขึ้น คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติจึงได้มีการปรับเกณฑ์มาตรฐานฝุ่นละอองขนาดเล็ก

ไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในชั้นบรรยากาศโดยทั่วไปใหม่ ตามที่ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่อง กำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในบรรยากาศโดยทั่วไป (กรมควบคุมมลพิษ, 2565) กำหนดไว้นั้น จากเดิมประเทศไทยใช้ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง กำหนดค่ามาตรฐานไม่เกิน 50 ug/m^3 (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรือ มคก.ต่อ ลบ.ม.) ปรับเปลี่ยนใหม่ลงมาอยู่ที่ 37.5 ug/m^3 และมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2566 เป็นต้นไป เพื่อเป็นการยกระดับมาตรฐานคุณภาพอากาศของประเทศไทยในการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน รวมถึงเป็นเกณฑ์ในการส่งเสริม และรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม ในปัจจุบัน กรมควบคุมมลพิษได้ทำการติดตั้งสถานีวัดสภาพอากาศอัตโนมัติครอบคลุมทั่วทุกภาคของประเทศไทย จำนวน 87 สถานี 56 จังหวัดในปี 2565 เพื่อติดตามและเฝ้าระวังคุณภาพอากาศ โดยการจัดตั้งศูนย์แก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศ(ศกพ.) มีการพัฒนาระบบพยากรณ์ฝุ่นละอองล่วงหน้าอย่างน้อย 7 วัน และการแจ้งเตือนสถานการณ์ฝุ่นละออง PM 2.5 เพื่อให้ประชาชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเตรียมรับมือสถานการณ์ได้ ทั้งนี้ การดำเนินการติดตามและประเมินคุณภาพอากาศดังกล่าว ยังไม่ครอบคลุมพื้นที่ทั่วทั้งประเทศไทย (กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข, 2565)

นอกจากนั้นแล้ว คุณภาพอากาศภายในอาคารก็เป็นสิ่งสำคัญที่ควรต้องมีการตรวจวัดอย่างต่อเนื่อง เช่น โรงสีข้าว โรงพิมพ์ เป็นต้น เนื่องจากกระบวนการผลิตของบางโรงงานก่อให้เกิดฝุ่นละอองขนาดเล็กจำนวนมาก และหากไม่มีระบบระบายอากาศที่ดี อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพ รวมถึงบางหน่วยงานได้ใช้วัสดุที่เป็นพรมในการปูพื้นห้องทำงาน พรมที่ใช้หากไม่ได้รับการทำความสะอาดหรือดูแลรักษาอย่างถูกต้อง จะเป็นแหล่งสะสมของฝุ่นละอองขนาดเล็ก และส่งผลให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพ เป็นสาเหตุของการเกิดโรคร้ายจากในอาคาร (sick building syndrome) พบได้มากในสถานศึกษาต่างๆ โรงพยาบาล พิพิธภัณฑ์ และสถานที่ทำงานต่างๆ ซึ่งจัดเป็นปัญหาทางสาธารณสุขที่ก่อให้เกิดโรคร้ายไข้เจ็บ อาทิ โรคหอบหืด โรคภูมิแพ้ ระบายเคืองจมูก คัดจมูก รวมถึงโรคผิวหนังต่างๆ อีกด้วย (กรมอนามัย, 2565) ในปัจจุบัน หลายหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนในหลายพื้นที่ยังไม่มีระบบการจัดการคุณภาพอากาศที่ดี เนื่องจากขาดแคลนเครื่องมือที่เหมาะสมในการดำเนินงาน รวมถึงอาจขาดแคลนงบประมาณในการจัดหาเครื่องมือและระบบวัดสภาพอากาศที่สามารถรายงานและติดตามผลได้ตามเวลาจริง (Real-time) จึงไม่ทราบถึงค่าฝุ่นละอองในเวลาปัจจุบัน ในพื้นที่รับผิดชอบได้

ส่งผลให้ประชาชนที่อาศัยในพื้นที่ชุมชนอาจจะได้รับผลกระทบจากมลพิษทางอากาศต่างๆ จนก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพอนามัยในที่สุด

ในบทความนี้ได้พัฒนาระบบตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็กอัจฉริยะสำหรับภายในและภายนอกอาคารเพื่อเป็นการตรวจวัดและรายงานค่าฝุ่นละอองในระดับ PM 2.5 ได้ตามเวลาจริงผ่านเว็บไซต์ที่สามารถเข้ากันได้กับทั้งเว็บเบราว์เซอร์ในคอมพิวเตอร์และสมาร์ตโฟน และรวบรวมข้อมูลและประเมินการแผ่รังสีคุณภาพในรูปแบบของค่า $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และรูปแบบของค่าดัชนีคุณภาพอากาศ (Air Quality Index หรือ AQI) ของประเทศไทย ผ่านเกจวัดค่าฝุ่นละอองที่เป็นแถบสีในการบ่งบอกคุณภาพของอากาศ และสามารถเรียกดูค่าย้อนหลังได้ตามช่วงวันและเวลาต่างๆ ทั้งในรูปแบบของกราฟและตารางแสดงปริมาณฝุ่น พร้อมทั้งมีระบบแจ้งเตือนค่าฝุ่นละอองทางแอปพลิเคชันไลน์ตามเวลาจริง ซึ่งเครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้นนี้มีขนาดเหมาะสม ราคาต้นทุนต่ำ การติดตั้งและใช้งานง่าย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาเครื่องวัดปริมาณฝุ่นละออง PM 2.5 โดยใช้เซนเซอร์วัดปริมาณฝุ่นละออง แสดงค่าค่าฝุ่นละอองตามเวลาจริงผ่านเว็บไซต์ และแจ้งเตือนค่าฝุ่นละอองเกินค่ามาตรฐานผ่านแอปพลิเคชันไลน์ โดยการทำงานแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนฮาร์ดแวร์ และส่วนซอฟต์แวร์ ดังนี้

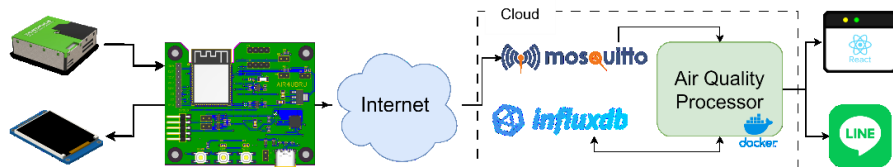
1.1 เครื่องมือด้านฮาร์ดแวร์ และการพัฒนาเครื่องวัดฝุ่น

ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาฮาร์ดแวร์เพื่อใช้ในการตรวจวัดประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น ESP32-S3 ที่มีความสามารถในการสื่อสารไร้สายผ่านไวไฟ (Wi-Fi) และบลูทูธ (Bluetooth) อีกทั้งสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่อพ่วงได้อีกหลากหลาย ทำให้ลดการใช้อุปกรณ์ต่อพ่วงเพื่อการสื่อสารเพิ่มเติมเมื่อเปรียบเทียบกับไมโครคอนโทรลเลอร์ทั่วไป โดยใช้โปรแกรม Arduino IDE ในการพัฒนา Firmware ของไมโครคอนโทรลเลอร์ และใช้เซนเซอร์ตรวจวัดฝุ่นละอองภายในอากาศรุ่น SPS30 จากบริษัท Sensirion ที่มีความสามารถในการวัดค่า PM 2.5 ได้รวมถึงติดตั้งจอแสดงผลชนิด RGB LCD 16 Bit ขนาด 1.8 นิ้ว สำหรับแสดงค่า PM 2.5 ที่วัดได้และแสดงค่า AQI เฉลี่ยต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง ในพัฒนางจรไฟฟ้าและออกแบบแผ่น PCB ใช้โปรแกรม Easy EDA

วงจรถูกออกแบบให้ใช้แหล่งจ่ายจากภายนอกด้วยไฟฟ้ากระแสตรง แรงดัน 5 โวลต์ ใช้กระแสสูงสุดไม่เกิน 1 แอมป์ เชื่อมต่อผ่าน USB Type C และยังมีช่องเชื่อมต่อเพิ่มเติมกรณีต้องการจ่ายไฟจากแหล่งจ่ายอื่น มีวงจรแปลงการสื่อสารจาก USB เป็น TTL RS-232 สำหรับดาวน์โหลด Firmware และรับส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์และตัวอุปกรณ์ เนื่องจาก ESP32 ทำงานที่แรงดัน 3.3 โวลต์ และเซนเซอร์ตรวจวัด PM 2.5 ทำงานที่แรงดัน 5 โวลต์ จึงจำเป็นต้องมีวงจรแปลงแรงดัน 3-5 โวลต์เพื่อให้อุปกรณ์ทั้งสองสามารถสื่อสารกันได้ สำหรับการออกแบบบรรจุภัณฑ์ โปรแกรม Autodesk Fusion 360 ถูกนำมาใช้เขียนแบบสามมิติและผลิตด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติด้วยวัสดุ Acrylic Styrene Acrylonitrile (ASA) ที่มีคุณสมบัติทนต่อแสงยูวี แสงแดดดีมาก โดยสีไม่เหลือง ทนต่อการขีดข่วน ดัดงอ กระแทกดี ทนอุณหภูมิสูง เหมาะสำหรับใช้งานทั้งภายในและภายนอกอาคาร ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับจัดเก็บวงจรไฟฟ้า ไมโครคอนโทรลเลอร์ จอแสดงผล และเซนเซอร์ มีขนาดสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 7x9x4 เซนติเมตร และออกแบบอุปกรณ์ป้องกันสำหรับติดตั้งภายนอก มีลักษณะคล้ายอุปกรณ์ Stevenson screen มีลักษณะเป็นชั้นลาดเอียงทำให้ป้องกันแสงแดดและฝนได้ดี

1.2 เครื่องมือด้านซอฟต์แวร์ และการพัฒนาโปรแกรมบันทึกข้อมูลและเว็บไซต์

ในการพัฒนาระบบด้านซอฟต์แวร์ ผู้วิจัยใช้ 1) Mosquito MQTT Broker สำหรับสื่อสารระหว่างซอฟต์แวร์ประมวลผลและอุปกรณ์ตรวจวัด 2) Air Quality Processor เป็นซอฟต์แวร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาเองด้วยภาษา C# ใช้ในการรับค่า PM 2.5 จากอุปกรณ์ตรวจวัด บันทึกค่าลงในฐานข้อมูล คำนวณค่า AQI และรายงานค่า AQI ไปยังอุปกรณ์ตรวจวัดและเว็บไซต์ พร้อมทั้งมี Application Programming Interfaces (API) เปิดให้เว็บไซต์และบุคคลภายนอกสามารถเรียกดูค่า AQI ย้อนหลังได้ 3) Docker เป็นซอฟต์แวร์ประเภท Application Container นำมาใช้ในการบรรจุซอฟต์แวร์ Air Quality Processor ซึ่งจะช่วยให้การนำซอฟต์แวร์ไปติดตั้งยังระบบ Cloud ต่างๆ ได้โดยง่าย รวมถึงเหมาะแก่การขยายระบบในอนาคตเมื่อมีอุปกรณ์ในเครือข่ายใหญ่ขึ้น 4) Influx DB เป็นฐานข้อมูลที่ใช้จัดเก็บค่า PM 2.5 แบบข้อมูลดิบ เครื่องมือนี้เป็นฐานข้อมูลที่ออกแบบมาเพื่อจัดเก็บข้อมูลแบบตามเวลา (Time Series Database) จึงเหมาะแก่การเก็บข้อมูลด้าน IoT (Internet of Thing) และ 5) React JS ถูกใช้ในการพัฒนาเว็บไซต์ และนำข้อมูลจาก Air Quality Processor มาแสดงผลตามเวลาจริงด้วยเทคนิคโปรโตคอล SignalR และดึงข้อมูลย้อนหลังมาแสดงด้วย API



รูปที่ 1 แผนภาพการทำงานของระบบ

จากรูปที่ 1 ซอฟต์แวร์ Mosquitto MQTT Broker, Air Quality Processor และ Influx DB ได้ถูกติดตั้งอยู่บน Cloud ภายในประเทศเพื่อให้การสื่อสารสามารถมีความเสถียรและรวดเร็ว เครื่องมือวัดฝุ่นจะทำการส่งข้อมูลขึ้นมายัง Mosquitto MQTT Broker บน Cloud ทุกๆ 1 นาที ด้วยโปรโตคอล MQTT ซึ่งเป็นโปรโตคอลที่ใช้แบนด์วิดท์ต่ำ เหมาะสำหรับระบบ IoT ในขณะเดียวกัน Air Quality Processor จะทำหน้าที่ Subscribe ข้อมูลจาก Mosquitto MQTT Broker เพื่อรอรับข้อมูลมาเก็บไว้ในฐานข้อมูล Influx DB และในทุกๆ 1 นาที Air Quality Processor จะทำการอ่านค่า PM 2.5 ย้อนหลังจากฐานข้อมูลเพื่อนำมาทำการคำนวณค่า AQI พร้อมทั้งรายงานไปยังเว็บไซต์และอุปกรณ์ตรวจวัด หากค่า AQI อยู่ในระดับปานกลางหรือสูงกว่าตามข้อกำหนดของกรมควบคุมมลพิษ โปรแกรมจะทำการส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันไลน์ โดยผู้ใช้ที่เข้าร่วม Line Official Account ของ Air4UBRU จะได้รับข้อความแจ้งเตือนทุกๆ 30 นาที ตลอดระยะเวลาที่ค่า AQI มีค่าอยู่ในระดับปานกลางหรือสูงกว่า

2. การคำนวณดัชนีคุณภาพอากาศรายวันของสารมลพิษทางอากาศ

งานวิจัยนี้อ้างอิงการคำนวณดัชนีคุณภาพอากาศจาก (ลัดดาวัลย์ จำปา, 2565) โดยคำนวณค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศจากข้อมูลผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศเป็นสมการเส้นตรง ดังนี้

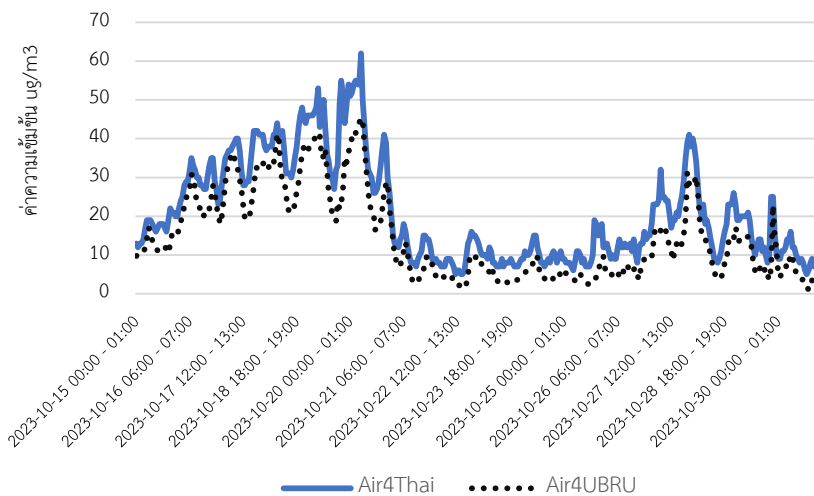
$$I = \frac{I_j - I_i}{X_j - X_i} (X - X_i) + I_i$$

เมื่อ I คือค่าดัชนีย่อยคุณภาพอากาศ X คือความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศจากการตรวจวัด X_i, X_j คือ ค่าต่ำสุด และสูงสุดของช่วงความเข้มข้นสารมลพิษที่มีค่า X

และ I_i, I_j คือ ค่าต่ำสุด และสูงสุดของช่วงดัชนีคุณภาพอากาศที่ตรงกับช่วงความเข้มข้น X จากดัชนีย่อยที่คำนวณได้

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการวัดเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดและสถานีตรวจวัดฝุ่นละออง



รูปที่ 2 การเปรียบเทียบค่า PM 2.5 ของสถานีตรวจวัดค่าฝุ่นละอองมาตรฐาน

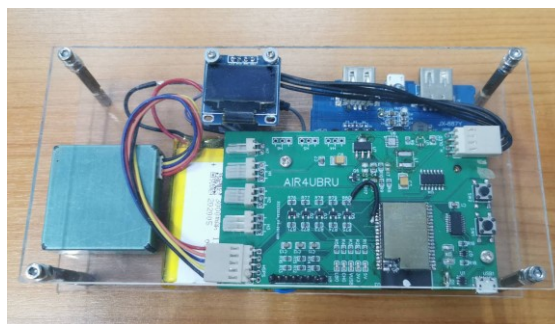
ณ จังหวัดอุบลราชธานี (Air4Thai) และค่า PM 2.5
ของเครื่องมือวัดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น (Air4UBRU)

งานวิจัยนี้ได้ทำการวัดเทียบผลการทดลองที่ได้จากการใช้อุปกรณ์ที่สร้างขึ้น โดยได้มีการวางอุปกรณ์ทดสอบไว้ที่บริเวณทางเข้าคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ติดกับถนนที่มีการจราจรตลอดทั้งวัน เพื่อเทียบกับค่าฝุ่นละอองที่วัดได้จากสถานีตรวจวัดค่าฝุ่นละอองของจังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งตั้งอยู่ที่ศูนย์แสดงและจำหน่ายสินค้า OTOP ตำบลในเมือง อำเภอเมืองอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี ติดกับถนนที่มีการจราจรค่อนข้างหนาแน่น โดยมีระยะห่างระหว่างสองจุดนี้ประมาณ 528 เมตร นักวิจัยได้ทำการตั้งอุปกรณ์ทดสอบ ในช่วงเดือนตุลาคม 2566 เพื่อทำการเก็บค่า เทียบค่าที่ได้จากการทดสอบในการตรวจวัดฝุ่น PM 2.5 ในอากาศเฉลี่ยต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง และเพื่อยืนยันความถูกต้องของเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้น

โดยรูปที่ 2 แสดงค่า PM 2.5 ของสถานีตรวจวัดค่าฝุ่นละอองของจังหวัดอุบลราชธานี เทียบกับค่า PM2.5 ของเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้น ณ วันที่ 15 ตุลาคม 2566 ถึงวันที่ 30 ตุลาคม 2566 ระหว่างเวลา 00.00 น. ถึง 23.00 น. รวมระยะเวลา 16 วัน พบว่ากราฟทั้งสองมีแนวโน้มของกราฟเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยมีค่าความแตกต่างของปริมาณฝุ่นละอองเฉลี่ย 6 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งปริมาณฝุ่นที่วัดได้มีค่าต่างกัน เนื่องมาจากความห่างของระยะทางระหว่างเครื่องมือวัด ตำแหน่งของการติดตั้งอุปกรณ์ และความแตกต่างของอุปกรณ์ที่ใช้

2. ผลการพัฒนาแบบอุปกรณ์วัดค่าฝุ่นละออง

อุปกรณ์ตรวจวัดค่าฝุ่นละอองที่พัฒนาขึ้นมารุ่นที่ 1 (รุ่นต้นแบบ) มีขนาด 9x18x3.5 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3 สามารถนำไปใช้ได้ทั้งภายในและภายนอกอาคาร เคลื่อนย้ายได้สะดวก ภายในอุปกรณ์ชุดนี้ประกอบไปด้วยแผงวงจรหลัก เซนเซอร์ตรวจวัดฝุ่น วงจรประจุไฟ จอ LED และมีระบบสำรองไฟที่ใช้แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมโพลิเมอร์ที่สามารถใช้งานได้ต่อเนื่อง 12 ชั่วโมง หรือสามารถจ่ายไฟให้ระบบโดยใช้แหล่งจ่ายไฟภายนอกผ่านช่องเชื่อมต่อแบบ USB ขนาด 5 โวลต์ สำหรับอุปกรณ์วัดฝุ่นรุ่นที่ 2 นักวิจัยได้พัฒนาให้อุปกรณ์มีขนาดเล็กลงที่ 7x9x4 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4 และออกแบบให้มีวัสดุสวมครอบกันแดดและฝนเพื่อเพิ่มความปลอดภัยให้อุปกรณ์เมื่อนำไปใช้ภายนอกอาคาร และผู้วิจัยได้แสดงตำแหน่งของการติดตั้งอุปกรณ์วัดฝุ่น (ชั่วคราว) เพื่อใช้ทดสอบ ณ บริเวณด้านหน้าคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นพื้นที่เปิดโล่ง อากาศถ่ายเทได้สะดวก และมีพื้นที่ติดกับถนนที่ใช้สัญจรภายในมหาวิทยาลัย ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 3 ชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าฝุ่นละอองสำหรับใช้ภายในและภายนอกอาคารรุ่นที่ 1



รูปที่ 4 ชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าฝุ่นละอองสำหรับใช้ภายในและภายนอกอาคารรุ่นที่ 2

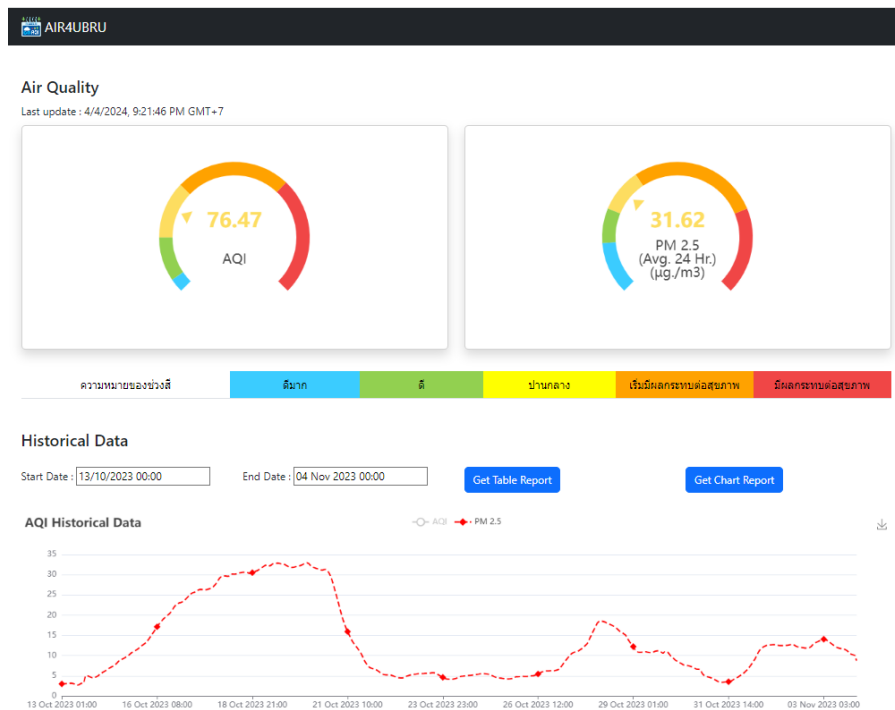


รูปที่ 5 ชุดอุปกรณ์สวกรอบเครื่องวัดค่าฝุ่นละอองสำหรับใช้ภายนอกอาคาร และตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดค่าฝุ่นละอองภายนอกแบบชั่วคราว

3. ผลการพัฒนาเว็บไซต์ระบบรายงานค่าฝุ่นละอองตามเวลาจริง

ระบบรายงานค่าฝุ่นละอองตามเวลาจริงผ่านหน้าเว็บเพจ ถูกสร้างขึ้นให้สามารถดูผลการวัดค่าฝุ่นระดับ PM_{2.5} ได้ตามเวลาจริง (หน่วย $\mu\text{g}/\text{m}^3$) และรูปแบบของค่า AQI ซึ่งแสดงค่าผ่านเกจวัดค่าฝุ่นละอองที่เป็นแถบสี ซึ่งแต่ละแถบสีนั้นอธิบายถึงเกณฑ์ของดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทยตามที่ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่องกำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในบรรยากาศโดยทั่วไป (กรมควบคุมมลพิษ, 2565) กำหนดไว้นั้น แบ่งเป็น 5 ระดับ คือ ตั้งแต่ 0–201 ขึ้นไป ซึ่งแต่ละระดับจะใช้สีเป็นสัญลักษณ์เปรียบเทียบกับระดับของผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย เช่น คุณภาพอากาศ 0–25 คุณภาพอากาศดีมาก 26–50 คุณภาพอากาศดี 51–100 ปานกลาง 101–200 เริ่มมีผลกระทบ

ต่อสุขภาพ และ 201 ขึ้นไป มีผลกระทบต่อสุขภาพ อีกทั้งระบบยังสามารถแสดงค่าย้อนหลังได้ตามช่วงเวลาต่างๆ ทั้งในรูปแบบของกราฟและตาราง ดังแสดงในรูปที่ 6 และรูปที่ 7



รูปที่ 6 หน้าโปรแกรมแสดงการทำงานแบบเวลาจริงและเรียกดูค่าย้อนหลังในรูปแบบกราฟ

Historical Data

Start Date : 13/10/2023 09:00 End Date : 04 Nov 2023 23:00

Get Table Report Get Chart Report

Date Time	AQI	PM 2.5
13 Oct 2023 10:00	4.71	2.83
13 Oct 2023 11:00	4.53	2.72
13 Oct 2023 12:00	4.64	2.79
13 Oct 2023 13:00	5.09	3.06
13 Oct 2023 14:00	5.31	3.19
13 Oct 2023 15:00	5.37	3.22
14 Oct 2023 10:00	8.01	4.80
14 Oct 2023 11:00	8.48	5.09

รูปที่ 7 หน้าโปรแกรมเรียกดูค่าย้อนหลังในรูปแบบตาราง

4. ผลการทดลองการตรวจวัดฝุ่นภายในอาคาร

ผลการตรวจสอบและเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคาร ระหว่างวันที่ 6-10 พฤศจิกายน 2566 โดยมีจุดติดตั้งภายในห้องพักอาจารย์ชั้น 3 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ที่ปูพรมมานานกว่าห้าปี แสดงดังรูปที่ 8 พบว่ากราฟความหนาแน่นของระดับฝุ่นละอองระดับ PM 2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมงตลอดระยะเวลา 5 วัน ตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันศุกร์ อยู่ในช่วงระหว่าง 3-11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ซึ่งให้ค่า AQI อยู่ในช่วงระหว่าง 6-19 แสดงดังรูปที่ 9 ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานความเข้มข้นฝุ่น PM 2.5 ตามที่กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษเรื่องค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ พ.ศ. 2565 ที่กำหนดมาตรฐานค่าฝุ่น PM 2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมงไม่เกิน 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (กรมอนามัย, 2565) นอกจากนั้นแล้วผลลัพธ์ในรูปที่ 9 พบว่าปริมาณค่าฝุ่นมีค่าสูงขึ้น เนื่องจากพรมที่มีอายุการใช้งานนานจะเกิดการสะสมของฝุ่นละอองเป็นจำนวนมาก อีกทั้งช่วงเวลาดังกล่าวมีการเดินเข้า-ออกห้องบ่อยครั้ง การเปิดเครื่องปรับอากาศ และมีการเปิดประตู-หน้าต่างห้องเพื่อระบายอากาศ ทำให้ฝุ่นละอองฟุ้งกระจาย



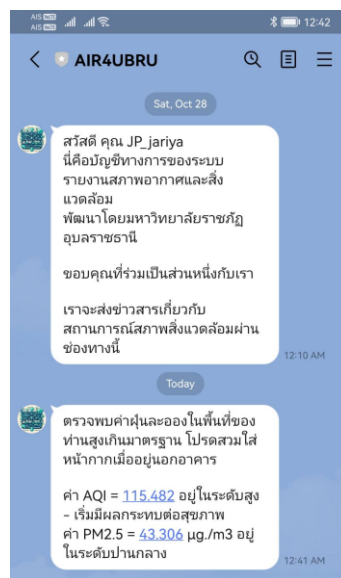
รูปที่ 8 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดค่าฝุ่นละอองภายในอาคาร



รูปที่ 9 ลักษณะของกราฟ AQI และกราฟ PM 2.5 ของการตรวจวัดฝุ่นละอองระดับ PM 2.5 ภายในอาคาร

5. ผลการแจ้งเตือนปริมาณฝุ่นละออง PM 2.5 ผ่านแอปพลิเคชันไลน์

จากรูปที่ 10 การแสดงข้อความแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์เมื่อมีค่าฝุ่น PM 2.5 สูงเกินค่ามาตรฐาน (สูงกว่าระดับปานกลางขึ้นไป) หรือมีค่า AQI มากกว่า 50 ขึ้นไป ประกอบด้วยค่าคุณภาพอากาศอยู่ในระดับปานกลาง ระดับเริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพ และระดับที่มีผลกระทบต่อสุขภาพนั้น ถูกนำมาใช้พิจารณาเป็นค่าอ้างอิงในการแจ้งเตือนมลพิษทางอากาศที่จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2565) และหากต้องทำกิจกรรมกลางแจ้งควรสวมหน้ากากอนามัยเพื่อป้องกันตนเองจากมลพิษทางอากาศ



รูปที่ 10 ตัวอย่างข้อความแจ้งเตือนจาก Line Official Account ของ Air4UBRU

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบตรวจวัดค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กในระดับ PM 2.5 ที่สามารถนำไปใช้ได้ทั้งภายในและภายนอกอาคาร โดยใช้เซนเซอร์วัดปริมาณฝุ่นละออง แสดงค่าฝุ่นละอองตามเวลาจริงผ่านทางเว็บไซต์ที่สามารถเข้ากันได้กับทั้งเว็บเบราว์เซอร์ในคอมพิวเตอร์และสมาร์ทโฟน และแจ้งเตือนค่าฝุ่นละอองเกินค่ามาตรฐานหรือมีค่า AQI มากกว่า 50 ขึ้นไปผ่านแอปพลิเคชันไลน์ อีกทั้งสามารถเรียกดูค่าปริมาณฝุ่นย้อนหลังได้ตามช่วงวันและเวลาต่างๆ ได้ โดยการระบุเลือกช่วงวันที่และเวลาที่ต้องการทราบข้อมูล ซึ่งผลลัพธ์แสดงได้ทั้งในรูปแบบ

ของกราฟและตาราง จากผลการทดสอบการวัดปริมาณฝุ่น PM 2.5 ภายนอกอาคารในอากาศเฉลี่ยต่อเนื่อง 24 ชั่วโมงเป็นเวลา 16 วัน โดยใช้เครื่องมือวัดที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นเทียบกับสถานีวัดมาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษ พบว่ามีลักษณะแนวโน้มของกราฟแสดงค่าฝุ่น PM 2.5 เป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยมีความแตกต่างของปริมาณฝุ่นละอองเฉลี่ย 6 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ทั้งนี้ขึ้นกับปัจจัยต่างๆ อาทิเช่น ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ ชนิดของเซนเซอร์ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลมาประมวลผลและแสดงผลผ่านเว็บไซต์ เป็นต้น นอกจากนั้นแล้วอุปกรณ์วัดฝุ่นนี้ยังสามารถนำไปใช้วัดคุณภาพอากาศภายในอาคาร เนื่องจากมีขนาดเล็กและสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรราชธานีที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย และคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทดสอบระบบ

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. (2561). *โครงการศึกษาแหล่งกำเนิดและแนวทางการจัดการฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล*. สืบค้นเมื่อวันที่ 27 ตุลาคม 2566, จาก https://www.pcd.go.th/wp-content/uploads/2020/06/pcdnew-2020-06-05_02-34-12_147817.pdf.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2565). *ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่องกำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในบรรยากาศโดยทั่วไป พ.ศ. 2565*. สืบค้นเมื่อวันที่ 27 ตุลาคม 2566, จาก <https://www.pcd.go.th/laws/26439>.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2565). *รายงานสถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศและเสียงของประเทศไทย ปี 2565*. สืบค้นเมื่อวันที่ 27 ตุลาคม 2566, จาก <https://www.pcd.go.th/publication/30447>.
- กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. (2565). *แนวทางมาตรการ การเฝ้าระวังสุขภาพและสื่อสารความเสี่ยง เพื่อสร้างความรอบรู้ที่เกี่ยวข้องกับฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน(PM2.5)*. สืบค้นเมื่อวันที่ 30 ตุลาคม 2566, จาก <https://ddc.moph.go.th/uploads/publish/1287120220815094919.pdf>.

- กรมอนามัย. (2565). *ประกาศกรมอนามัย เรื่องค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคาร สาธารณะ พ.ศ. 2565*. สืบค้นเมื่อวันที่ 30 ตุลาคม 2566, จาก <https://laws.anamai.moph.go.th/th/practices/211864>.
- กลุ่มเฝ้าระวังฝุ่น จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2562). *เรียนรู้ อยู่กับฝุ่น PM2.5*. สืบค้นเมื่อวันที่ 3 พฤศจิกายน 2566, จาก <https://www.chula.ac.th/protect-yourself-from-pm2-5-air-pollution-and-hazardous-dust/>.
- ชัยวุฒิ วุทธิสิทธิ์. (2560). ระบบเฝ้าระวังคุณภาพอากาศสำหรับประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา*, 2(1), 1-9.
- ชาคริต โชติอมรศักดิ์ และ ดวงนภา ลาภใหญ่. (2561). ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่สัมพันธ์ต่อการเกิดปัญหามลพิษทางอากาศในจังหวัดเชียงใหม่. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 9(2), 237-249.
- ฐิฎาพร สุภาชี, พานิช อินต๊ะ, เสริมเกียรติ จอมจันทร์ยอง และ เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล. (2561). การวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นละออง เชิงมวล PM2.5 และ PM10 ในบรรยากาศด้วยเครื่องตรวจวัดฝุ่นละอองไร้สายในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย. *วารสารวิจัยเทคโนโลยี และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์*, 2(1), 69-83.
- ลัดดาวัลย์ จำปา. (2565). การพัฒนาเครื่องวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอนที่ใช้เซนเซอร์วัดปริมาณฝุ่นละอองและแจ้งเตือนผ่านทางแอปพลิเคชัน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*, 24(2), 48-55.

จลนพลศาสตร์การสลายตัวของสารต้านออกซิเดชันในน้ำมะเขือเทศเข้มข้น

ระหว่างกระบวนการให้ความร้อน

KINETIC DEGRADATION OF ANTIOXIDANTS IN TOMATO PASTES
DURING HEATING PROCESSธนกร ราชพิลา^{1,*}, ทัดดาว อบภิรมย์² และ กิ่งกาญจน์ ป้องทอง³Tanakorn Rachapila^{1,*}, Taddaw Obphirom² and Kingkan Pongtong³¹ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร² ศูนย์เทคโนโลยีการเกษตรและนวัตกรรมจังหวัดสกลนคร มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร³ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี¹ Faculty of Agricultural Technology, SakonNakhon Rajabhat University² Agricultural Technology and Innovation Center, SakonNakhon Rajabhat University³ Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University

Received: 29 November 2023

Revised: 23 April 2024

Accepted: 23 April 2024

บทคัดย่อ

มะเขือเทศเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญของจังหวัดสกลนคร มีการแปรรูปมะเขือเทศสดเป็นน้ำมะเขือเทศเข้มข้นมากกว่า 60,000 ตัน/ปี งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาจลนพลศาสตร์การสลายตัวของสารต้านออกซิเดชันในน้ำมะเขือเทศเข้มข้นระหว่างการให้ความร้อน พบว่าเมื่อให้ความร้อนน้ำมะเขือเทศเข้มข้นที่อุณหภูมิ 75, 85 และ 95 °C เป็นเวลา 30 นาที มีร้อยละการต้านออกซิเดชันโดยทำปฏิกิริยากับ DPPH (2, 2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl-hydrate) เท่ากับร้อยละ 30.19±1.38, 26.77±1.88 และ 23.26±1.12 ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์รูปแบบสมการเชิงเส้นเพื่อหาแบบจำลองของจลนพลศาสตร์ค่าคงที่ของปฏิกิริยาการสลายตัว (k) จะลดลงจาก 0.0454 เป็น 0.0397 และ 0.0338

* Corresponding author: ธนกร ราชพิลา

E-mail: tanakorn@snru.ac.th

ตามลำดับ การสลายตัวของสารต้านออกซิเดชันในน้ำมะเขือเทศเข้มข้นเป็นไปตามความสัมพันธ์ของปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (first order reaction) มีค่าพลังงานกระตุ้นได้เท่ากับ 15.70 กิโลจูลต่อโมล อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะส่งผลให้สารต้านออกซิเดชันเกิดการสลายตัวมากขึ้น เช่นเดียวกันมีการสลายตัวมากขึ้นและที่อุณหภูมิเดียวกันเมื่อให้ความร้อนเป็นระยะเวลานานจะส่งผลให้สารต้านออกซิเดชันเกิดการสลายตัวมากขึ้นเช่นเดียวกันมีการสลายตัวมากขึ้นเช่นเดียวกัน

คำสำคัญ: แบบจำลอง, ออกซิเดชัน, สลายตัว, พลังงานกระตุ้น, สมการเชิงเส้น

Abstract

Tomatoes are one of the important economic crops in Sakon Nakhon. More than 60,000 tons per year of fresh tomatoes are processed into tomato paste. The aim of this study is to investigate the kinetic degradation of antioxidants in tomato paste during the heating process. The degradation occurred at different temperatures of 75, 85, and 95 °C during heating from 0 to 30 minutes. The antioxidant activities were evaluated by DPPH scavenging activity, which ranged from 30.19 ± 1.38 , 26.77 ± 1.88 and 23.26 ± 1.12 respectively. The results showed that the increase in heating led to a higher rate of degradation of antioxidant activity. The degradation of antioxidant activity corresponded to first-order reaction kinetics. The temperature dependence of the degradation rate constants (k) in tomato paste was expressed as activation energy, which was estimated to be $15.70 \text{ kJ.mol}^{-1}$

Keywords: model, oxidation, degradation, activation energy, linear equation

บทนำ

มะเขือเทศ (tomato) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Solanum lycopersicum* L. อยู่ในวงศ์ Solanaceae (Wakil et al., 2018) เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เพราะมีผู้นิยมปลูกและรับประทานกันอย่างแพร่หลาย และเป็นพืชผักฤดูเดียวที่นิยมปลูกและบริโภคกันแพร่หลายทั่วโลกเป็นอันดับที่สองรองจากมันฝรั่งจากการรายงานของ FAOSTAT ปี พ.ศ. 2564 พบว่าทั่วโลกมีผลผลิตมะเขือเทศสดมากกว่า 198.12 ล้านตัน เป็นมะเขือเทศสดเพื่อป้อนโรงงานอุตสาหกรรม 39.18 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่ามากกว่า 5.76 พันล้านเหรียญสหรัฐ (Food and Agriculture Organization, 2023) สำหรับประเทศไทยมะเขือเทศเป็นพืชเศรษฐกิจทั้งด้านผลิตผลสดเพื่อการบริโภค อุตสาหกรรมการแปรรูป และการผลิตเมล็ดพันธุ์ ในปี 2565 มีพื้นที่ปลูกมะเขือเทศ 39,405 ไร่ ผลผลิตรวม 137,325 ตัน โดยแหล่งปลูกมะเขือเทศที่สำคัญอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือเนื่องจากมีสภาพอากาศที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต สำหรับมะเขือเทศส่งโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปมีพื้นที่ปลูกประมาณ 23,668 ไร่ มีผลผลิตรวม 95,211 ตัน มีผลผลิตเฉลี่ย 4 ตัน/ไร่ พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ ส่วนมะเขือเทศบริโภคผลสดมีปริมาณพื้นที่ปลูกประมาณ 15,737 ไร่ แต่ผลผลิตรวมมีน้อยกว่า เพียง 42,114 ตัน มีผลผลิตเฉลี่ยเพียง 2 ตัน/ไร่ โดยพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยจังหวัดเชียงใหม่ สกลนคร นครพนม และหนองคาย เป็นจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกมากที่สุด (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566) มะเขือเทศเป็นพืชที่มีศักยภาพที่สามารถขยายการผลิตทั้งปริมาณและคุณภาพเพื่อทดแทนการนำเข้าเนื่องจากอุตสาหกรรมต่อเนื่องจากมะเขือเทศขยายความสำคัญมากขึ้น โดยเฉพาะอุตสาหกรรมปลากระป๋องและอุตสาหกรรมซอสมะเขือเทศ มีโรงงานอุตสาหกรรมมะเขือเทศในแหล่งปลูกในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนซึ่งฤดูกาลมีความเหมาะสมในช่วงฤดูหนาว แปรรูปมะเขือเทศในประเทศไทยอยู่ในจังหวัด สกลนคร และหนองคาย มะเขือเทศเพื่อการอุตสาหกรรม (processing tomato) สามารถนำมาทำการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้หลากหลาย เช่น มะเขือเทศบรรจุกระป๋อง (canned tomato) มะเขือเทศลอกเปลือก (whole peel tomato) น้ำมะเขือเทศ (tomato juice) ซอสมะเขือเทศ (tomato sauce หรือ ketchup) มะเขือเทศเข้มข้น (tomato paste) เป็นต้น การใช้งานภายในประเทศ มะเขือเทศเข้มข้นจะต้องมีการนำเข้าบางส่วนทั้งนี้เพราะโรงงานอุตสาหกรรมปลากระป๋องมีความจำเป็นต้องใช้น้ำมะเขือเทศอยู่จำนวน 28 โรงงาน และต้องใช้น้ำมะเขือเทศเข้มข้น

จำนวนกว่า 9,500 ตันต่อปี ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนมะเขือเทศผลสดเมื่อแปรรูปเป็นน้ำมะเขือเทศเข้มข้นเท่ากับ 5.8-7.0 ต่อ 1 ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยการแปรรูปเป็นน้ำมะเขือเทศเข้มข้นในต่างประเทศซึ่งเท่ากับ 5.5 ต่อ 1 เนื่องจากผลมะเขือเทศในประเทศไทยมีน้ำในปริมาณมากและมีเนื้อที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในปริมาณต่ำกว่า (ธนกร ราชพิลา, 2562) มะเขือเทศเป็นแหล่งของสารต้านออกซิเดชัน ได้แก่ แคโรทีนอยด์ โดยเฉพาะไลโคปีน ฟีนอลลิก ฟลาโวนอยด์ วิตามินซี และวิตามินอี เป็นต้น (Riahi & Hdider, 2013) แคโรทีนอยด์เป็นสารสีส้มแดงมี 2 ชนิด คือบีตาแคโรทีน (beta-carotene) และไลโคปีน (lycopene) มีสมบัติไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ในน้ำมันและตัวทำละลายอินทรีย์พบไลโคปีนในผลมะเขือเทศมากกว่าร้อยละ 85 ของสารสีทั้งหมด (Riadh et al., 2011) ไลโคปีนมีฟอสฟอรัสสูง และวิตามินหลายชนิด เช่น วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินเค โดยเฉพาะวิตามินเอ และวิตามินซี มีในปริมาณสูง (Omodamiro & Amechi, 2013) ไลโคปีนสามารถยับยั้งการออกซิเดชันได้อย่างมีประสิทธิภาพและป้องกันการก่อตัวของเซลล์มะเร็งในต่อมลูกหมาก ปอดและกระเพาะอาหาร (Stahl & Sies, 1996) ช่วยลดการเกิดมะเร็งลำไส้มีงานวิจัยพบว่าหากรับประทานมะเขือเทศ 10 ครั้ง/สัปดาห์ จะช่วยลดอัตราการเกิดมะเร็งต่อมลูกหมากในเพศชายได้ถึงร้อยละ 45 มะเขือเทศราชินีและมะเขือเทศดรอเบอร์รี่ มีประสิทธิภาพในการต้านออกซิเดชันรวม DPPH เท่ากับ 492.48 และ 651.15 mg/ml ตามลำดับ (ประวิทย์ สันติวัฒนา และ จิตตินันท์ ปานประไพ, 2559)

น้ำมะเขือเทศเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปจากมะเขือเทศที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างสูงเนื่องจากปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสำคัญกับการรับประทานอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพแต่น้ำมะเขือเทศที่วางจำหน่ายตามท้องตลาดส่วนมากผลิตจากกระบวนการนำน้ำมะเขือเทศเข้มข้นมาละลายน้ำ แล้วนำไปผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนในระดับสเตอริไลซ์ (sterilization) ที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส ทำให้มีการสูญเสียสารสำคัญไปอย่างน่าเสียดาย นักวิจัยจึงสนใจศึกษาจลพลศาสตร์การสลายตัวของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมะเขือเทศเข้มข้นระหว่างการให้ความร้อน เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบกระบวนการแปรรูปน้ำมะเขือเทศเข้มข้นไปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นต่อไป เช่น มะเขือเทศผง น้ำมะเขือเทศบรรจุกล่อง และซอสมะเขือเทศ ให้สามารถคงความสามารถในการออกซิเดชันไว้ก่อนส่งมอบให้ผู้บริโภคให้ได้มากที่สุด

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาจลนพลศาสตร์การสลายตัวของสารต้านออกซิเดชันในน้ำมันมะเขือเทศเข้มข้นระหว่างกระบวนการให้ความร้อน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมวัตถุดิบ

นำตัวอย่างน้ำมันมะเขือเทศเข้มข้นที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solid) เท่ากับ 29 °Brix (องศาบริกซ์) จากโรงงานหลวงอาหารสำเร็จรูปที่ 3 (เต่างอย) อำเภอน้ำขุ่น จังหวัดสกลนคร ออกจากถุงปลอดเชื้อ (aseptic bag) ใส่ในหลอดทดลองชนิดฝาเกลียว หลอดละ 3 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปให้ความร้อนด้วยอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath) ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 75 °C, 85 °C และ 95 °C เป็นเวลา 30 นาที ทำการทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ และนำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์การสลายตัวของสารต้านออกซิเดชันต่อไป

2. การศึกษาการสลายตัวของสารต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH assay

2.1 ชั่งน้ำมันมะเขือเทศเข้มข้นในแต่ละสถานะปริมาณ 1 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องกวนสารด้วยแท่งแม่เหล็ก (magnetic stirrer) ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงให้ตะกอนด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงตกตะกอน (centrifuge) ที่ความเร็วรอบ 2,500 รอบ/นาที (rpm) เป็นเวลา 10 นาที นำของเหลวที่ได้ไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4

2.2 เปิดน้ำมันมะเขือเทศเข้มข้นที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 75 °C, 85 °C และ 95 °C ลงในหลอดทดลอง 3 หลอด หลอดละ 500 µL ตามลำดับ จากนั้นเติมสารละลาย DPPH ในเอทานอล ความเข้มข้น 0.06 mM หลอดละ 500 µL ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (uv-vis spectrophotometer) โดยใช้สารละลายเอทานอลเป็น blank คำนวณหาร้อยละการกำจัดอนุมูลอิสระ (% radical scavenging) (Hou et al., 2001) ตามสมการที่ 1 ดังนี้ Blois M.S. (1958)

$$\% \text{ radical scavenging} = [(A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}) / A_{\text{control}}] \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ A_{control} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH ที่ไม่มีตัวอย่าง

A_{sample} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง

2.3 นำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของตัวอย่างน้ำมะเขือเทศเข้มข้น โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายโทรลอกซ์ (trolox) และรายงานผลเป็น mg TEAC/100 g

3. การศึกษาจลนพลศาสตร์แบบจำลองการสลายตัวของ การต้านออกซิเดชัน

จลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาในตัวอย่างน้ำมะเขือเทศเข้มข้น โดยใช้สมการมาตรฐานสำหรับแบบจำลองปฏิกิริยาอันดับที่ 0 และอันดับที่ 1 ดังสมการที่ 2 และสมการที่ 3 ซึ่ง สุนทร พรจำเริญ (2555) ได้อธิบายไว้สามารถใช้อธิบายถึงการเกิดปฏิกิริยาการสลายตัวของ การต้านออกซิเดชัน

$$C = C_0 - k_0 t \quad (2)$$

$$C = C_0 - \exp(-k_1 t) \quad (3)$$

เมื่อ C คือ ความสามารถในการออกซิเดชัน (mg TEAC/100 g) ที่เวลาใด ๆ

C_0 คือ ความสามารถในการออกซิเดชันเริ่มต้น

k_0 คือ ค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยาอันดับที่ 0

k_1 คือ ค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยาอันดับที่ 1

สำหรับการศึกษาจลนพลศาสตร์การสลายตัวของ การต้านออกซิเดชัน โดยนำไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ตามสมการอาร์เรเนียส (arrhenius) ดังแสดงในสมการที่ 4

$$k = k_0 \exp(-E_a / RT) \quad (4)$$

เมื่อ k คือ ค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยา

k_0 คือ pre-exponential factor

E_a คือ ค่าพลังงานกระตุ้น ($\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)

R คือ ค่าคงที่ของก๊าซอุดมคติ ($8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

T คือ อุณหภูมิในหน่วยสัมบูรณ์ (K)

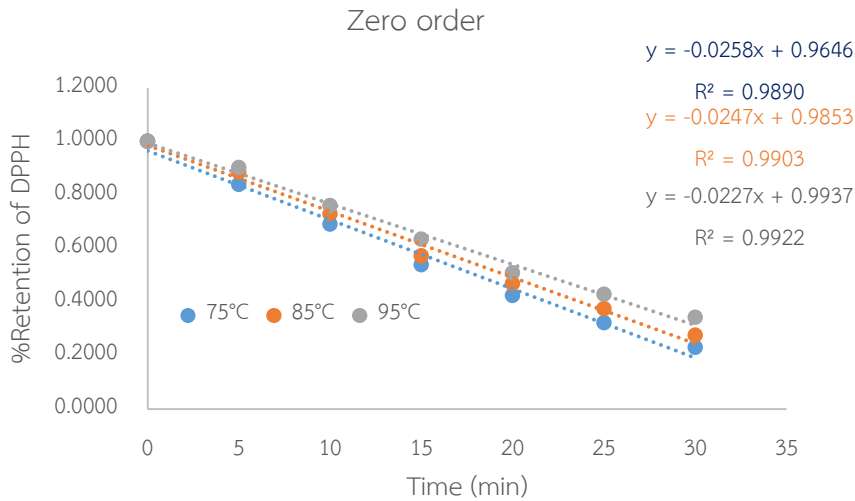
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาสารต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH assay

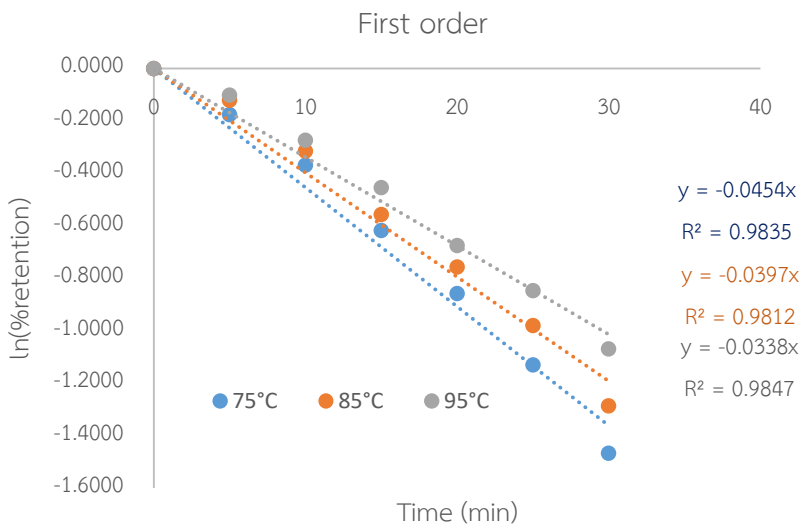
ตัวอย่างน้ำมันมะเขือเทศเข้มข้นผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 75 °C, 85 °C และ 95 °C เป็นเวลา 30 นาที มาทดสอบความสามารถในการต้านออกซิเดชันพบว่ามีร้อยละการต้านออกซิเดชันเท่ากับร้อยละ 30.19 ± 1.38 , 26.77 ± 1.88 และ 23.26 ± 1.12 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าอุณหภูมิมีผลต่อความสามารถในการต้านออกซิเดชันของน้ำมันมะเขือเทศเข้มข้น เมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะส่งผลให้ความสามารถในการต้านออกซิเดชันลดลง ซึ่งสารต้านออกซิเดชันเป็นสารที่มีความไวต่ออุณหภูมิจึงทำให้เมื่อใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะส่งผลทำให้สารต้านออกซิเดชันสลายตัวไป หรือมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจากสารจำพวกโกลโคไซด์เป็นสารอะโกลโคน การใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งคุณค่าทางโภชนาการ และคุณสมบัติของสารต้านออกซิเดชัน (Pokorny & Schmidt, 2010) ซึ่งสลายตัวได้ง่าย จากผลการทดลองอุณหภูมิที่เหมาะสมในการให้ความร้อน คือ 75 °C

2. ผลของอุณหภูมิต่อจลนพลศาสตร์การสลายตัวของสารต้านออกซิเดชัน

จลนพลศาสตร์การสลายตัวของสารต้านออกซิเดชันที่อุณหภูมิ 75 °C, 85 °C และ 95 °C ตามแบบจำลองปฏิกิริยาอันดับ 0 และอันดับ 1 ดังแสดงในรูปที่ 1 และรูปที่ 2 และทำการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นโดยใช้แบบจำลองจลนพลศาสตร์ แสดงให้เห็นว่า ค่า R^2 มากที่สุดมาจากปฏิกิริยาอันดับที่ 1 ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่าง $\ln(C)$ และอุณหภูมิให้ความร้อน แสดงให้เห็นว่าการสลายตัวของสารต้านออกซิเดชันเป็นไปตามจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาอันดับที่ 1 ค่าคงตัวที่อัตราขึ้นอยู่กัอุณหภูมิ (k) ได้มาจากความชัน และมีค่า R^2 อยู่ในช่วง 0.9932-0.9945 ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งบ่งชี้ว่าการสลายตัวของสารต้านออกซิเดชันที่อุณหภูมิ 95 °C จะเกิดได้เร็วกว่าอุณหภูมิ 85 °C และ 75 °C ตามลำดับ เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะช่วยกระตุ้นปฏิกิริยาการสลายตัวของสารต้านออกซิเดชันให้เกิดเป็นสารโมเลกุลเล็กได้เร็วขึ้น ดังนั้นจึงทำให้การออกซิเดชันในน้ำมันมะเขือเทศเข้มข้นที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95 °C มีความเข้มข้นลดลงเร็วกว่าอุณหภูมิ 85 °C และ 75 °C ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kim et al. (2018) ที่กล่าวว่าเมื่ออุณหภูมิมากขึ้นส่งผลต่อการสลายตัวของสารต้านออกซิเดชัน รวมทั้งสารประกอบฟีนอลิกบางชนิด เนื่องจากมีโครงสร้างที่ไวต่อความร้อน นำไปสู่การสูญเสียความสามารถในการต้านออกซิเดชัน



รูปที่ 1 การเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการต้านออกซิเดชัน (DPPH) กับเวลา (นาที)



รูปที่ 2 การเปลี่ยนแปลงของ ln ความสามารถในการต้านออกซิเดชัน (DPPH) กับเวลา (นาที)

เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\ln(C)$ และ t แสดงในตารางที่ 2 ตามสมการของ arrhenius จะได้ค่าพลังงานกระตุ้นเท่ากับ 15.70 kJ/mol เมื่อเทียบกับการศึกษาของ Sharma & Maguer (1996) ที่ทำการศึกษากการเก็บรักษาเนื้อมะเขือเทศที่อุณหภูมิ -20°C ถึง 25°C ได้พลังงานกระตุ้นเท่ากับ 27.74 kJ/mol พบว่าพลังงานกระตุ้นที่ทดลองได้มีค่าน้อยกว่า ที่เป็นเช่นนี้อาจเกิดจากช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในการศึกษามีความแตกต่างกัน จึงทำให้ต้องใช้พลังงานกระตุ้นสูงกว่าในการเกิดปฏิกิริยา ซึ่งแสดงให้เห็นถึงอัตราการสลายตัวของการออกซิเดชันที่เกิดจากระยะเวลาในการให้ความร้อนที่นานของอุณหภูมิที่สูงขึ้น

ตารางที่ 1 จลพลศาสตร์การสลายตัวด้วยความร้อนของความสามารถในการต้านออกซิเดชัน

ปฏิกิริยาอันดับ	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	Kinetic models	R^2
0	75	$C = -0.0258(t) + 0.9646$	0.9890
	85	$C = -0.0247(t) + 0.9853$	0.9903
	95	$C = -0.0227(t) + 0.9937$	0.9922
1	75	$\ln(C) = -0.0454(t)$	0.9942
	85	$\ln(C) = -0.0397(t)$	0.9932
	95	$\ln(C) = -0.0338(t)$	0.9945

ตารางที่ 2 จลพลศาสตร์การสลายตัวด้วยความร้อนของฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	อุณหภูมิ (K)	ค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยา (k) (min^{-1})
75	348.15	0.0454
85	358.15	0.0397
95	368.15	0.0338

สรุปผลการวิจัย

ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของน้ำมะเขือเทศเข้มข้นที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน 3 ระดับ ได้แก่ อุณหภูมิ 75°C , 85°C และ 95°C พบว่ามีค่าร้อยละการต้านออกซิเดชันเท่ากับร้อยละ 30.19 ± 1.38 , 26.77 ± 1.88 และ 23.26 ± 1.12 ตามลำดับ จลนพล

ศาสตร์ของอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของออกซิเดชันเป็นปฏิกิริยาอันดับ 1 มีค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา เท่ากับ 0.0454, 0.0397 และ 0.0338 ($R^2 = 0.9932-0.9945$) ที่อุณหภูมิ 75 °C, 85 °C และ 95 °C ตามลำดับ และมีค่าพลังงานกระตุ้นเท่ากับ 15.70 kJ/mol

ข้อเสนอแนะ

ข้อดีของวิธี DPPH คือทำได้ง่ายนิยมใช้เป็นวิธีเบื้องต้นในการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลของสารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติแต่อนุมูล DPPH• มีความคงตัวไม่ไวต่อการทำปฏิกิริยาเหมือนอนุมูลที่เกิดในเซลล์หรือร่างกายดังนั้นวิธีนี้จึงไม่สามารถแยกแยะจัดอันดับอนุมูลที่มีความไวสูงได้จึงควรหาค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีอื่น เช่น วิธี ABTS assays เปรียบเทียบด้วย

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานโครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาเครื่องระเหยน้ำแบบพ่นฝอยชนิดสุญญากาศสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารเชิงหน้าที่ ซึ่งได้รับงบประมาณสนับสนุนจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม และสำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ โดยหน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของประเทศ (บพข.) ร่วมกับ บริษัท ดอยคำผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด

เอกสารอ้างอิง

ชนกร ราชพิลา, ทวีศักดิ์ เลาหิวิโรจน์, กิ่งกาญจน์ ป้องทอง, ศิริประภา ราชพิลา, ญัฐพงษ์ วงษ์มา, สิรินัทสน์เลี่ยมแหลม, นรินทิพย์ ธิระโต และ ปวีณา บุตรพรม. (2562). *การวิเคราะห์สมรรถนะโซ่อุปทาน ประสิทธิภาพการผลิต และการพัฒนามาตรฐานวัตถุดิบ: มะเขือเทศอุตสาหกรรม*. รายงานฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.

- ประวิทย์ สันติวัฒนา และ จิตตินันท์ ปานประไพ (2559). การเปรียบเทียบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันรำข้าว น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์ม มะเขือเทศ และ งาดำ. *วารสารวิทยาศาสตร์ประยุกต์*, 15(1), 1-13.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2566). *ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร*. สืบค้นเมื่อวันที่ 8 ตุลาคม 2566, จาก <https://www.oae.go.th/view/1/ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร/TH-TH>.
- สุนทร พรจำเริญ. (2555). *จดศาสตร์เคมี*. เอกสารประกอบการเรียนรายวิชา ว 40123 เคมี 3. สาขาวิชาเคมี โรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์.
- Blois, M. S. (1958) Antioxidant Determinations by the Use of a Stable Free Radical. *Nature*, 181, 1199-1200.
- Food and Agriculture Organization. (2023). *Food and agriculture data*. Retrieved October 15, 2023 from <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>.
- Hou, W.C., Chen, Y.C., Chen, H.J., Liu, Y.H., Yang, L.L. and Lee, M.H. (2001). Antioxidant activities of a 33 KDa root storage protein of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam cv. Tainong 57). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 2978-2981. <https://doi.org/10.1021/jf0100705>.
- Kim, A. N., Kim, H. J., Chun, J., Heo, H. J., Kerr, W. L., & Choi, S. G. (2018). Degradation kinetics of phenolic content and antioxidant activity of hardy kiwifruit (*Actinidia arguta*) puree at different storage temperatures. *LWT-Food Science and Technology*, 89, 535–541. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.11.036>.
- Omodamiro, O. D. & Amechi, U. (2013). The phytochemical content, antioxidant, antimicrobial and anti-inflammatory activities of *Lycopersicon esculentum* (tomato). *Asian Journal of Plant Science and Research*, 3(5), 70-81.
- Pokorny J. & Schmidt S. (2010). 15-Effects of processing and storage on antioxidant efficacy in foods, Editor(s): Eric A. Decker, In Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, Oxidation in Foods and Beverages and Antioxidant Applications, Woodhead Publishing, 2010, Pages 368-393,

- Riadh, I., Chafik, H., Marcello, S. L., Imen, T. & Giuseppe, D. (2011). Antioxidant activity and bioactive compound changes during fruit ripening of high lycopene tomato cultivars. *Journal of food composition and analysis*, 24(4), 588–595. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.11.003>.
- Riahi, A., & Hdider, C. (2013). Bioactive compounds and antioxidant activity of organically grown tomato (*Solanum lycopersicum* L.) cultivars as affected by fertilization. *Scientia Horticulturae*, 151, 90-96. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.12.009>.
- Sharma S. K. & Maguer M. L. (1996). Kinetics of lycopene degradation in tomato pulp solids under different processing and storage conditions. *Food Research International*, 29(3–4), 309-315.
- Stahl, W., & Sies, H. (1996). Lycopene: A Biologically Important Carotenoid for Humans. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 336, 1-9. <https://doi.org/10.1006/abbi.1996.0525>.
- Turturica, M., Stanciuc, N., Bahrim, G., & Rapeanu, G. (2016). Effect of thermal treatment on phenolic compounds from plum (*Prunus domestica*) extracts–A kinetic study. *Journal of Food Engineering*, 171(6), 200–207. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.10.024>.
- Wakil, W., Brust, G. E., & Perring, T. M. (2018). *Sustainable management of arthropod pests of tomato*. Amsterdam: Elsevier.

ผลของโปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะแห่งตนต่อพฤติกรรมการปฏิบัติตัว
เพื่อชะลอไตเสื่อมในผู้ป่วยโรคเบาหวานที่มีภาวะไตแทรกซ้อนเรื้อรัง
THE EFFECT OF SELF-EFFICACY PROMOTING PROGRAM FOR DELAYING
PROGRESSION BEHAVIORS IN DIABETES MELLITUS PATIENTS
WITH CHRONIC KIDNEY DISEASE

วิจิตรา ชัยภักดิ์*

Wichittra Chaipakdee

โรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชธาตุพนม

Thatphanom Crown Prince Hospital

Received: 8 February 2023

Revised: 25 April 2024

Accepted: 25 April 2024

บทคัดย่อ

การวิจัยกึ่งทดลองแบบกลุ่มเดียววัดก่อนหลัง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะแห่งตนต่อพฤติกรรมการปฏิบัติตัวเพื่อชะลอไตเสื่อมในผู้ป่วยโรคเบาหวานที่มีภาวะไตแทรกซ้อนเรื้อรัง กลุ่มตัวอย่างคือผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มีภาวะไตเสื่อมระยะที่ 3 ที่เข้ารับการรักษาที่โรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชธาตุพนม จำนวน 44 ราย ทำการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ โปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะแห่งตนต่อพฤติกรรมการปฏิบัติตัวเพื่อชะลอไตเสื่อมในผู้ป่วยโรคเบาหวานที่มีภาวะไตแทรกซ้อนเรื้อรัง ทำการศึกษาทั้งหมด 8 สัปดาห์ เก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลด้วยความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและ Paired sample t-test ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 52.27 มีอายุ 61 ปีขึ้นไป ร้อยละ 43.18 สำเร็จการศึกษาประถมศึกษาหรือน้อยกว่า ร้อยละ 36.36 ประกอบอาชีพเกษตรกร

* Corresponding author: วิจิตรา ชัยภักดิ์

E-mail: wichittrachaipakdee@gmail.com

ร้อยละ 47.73 มีรายได้อยู่ระหว่าง 5,001-10,000 บาท ร้อยละ 56.82 ระยะเวลาที่ป่วยด้วยโรคเบาหวาน 7-10 ปี ร้อยละ 36.36 ค่าคะแนนเฉลี่ยความรู้เรื่องโรคไตเรื้อรัง การรับรู้สมรรถนะแห่งตนเพื่อชะลอการเสื่อมของไต พฤติกรรมการปฏิบัติตัวเพื่อชะลอไตเสื่อม และค่าระดับอัตราการกรองของไตหลังการทดลองแตกต่างจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$ จากการศึกษาครั้งนี้มีข้อเสนอแนะดังนี้ เจ้าหน้าที่สาธารณสุขในพื้นที่สามารถนำโปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะแห่งตนต่อพฤติกรรมการปฏิบัติตัวไปใช้เป็นแนวทางในการให้สุขศึกษาในผู้ป่วยโรคเรื้อรังอื่นๆ เพื่อให้ผู้ป่วยมีผลลัพธ์ทางคลินิกที่ดีต่อไป

คำสำคัญ: การส่งเสริมสมรรถนะแห่งตน, การชะลอไตเสื่อม, โรคเบาหวาน

Abstract

This quasi-experiment with pre-posttest design aimed to study the effect of self-efficacy promoting program for delaying progression behaviors in diabetes mellitus patients with chronic kidney disease. 44 of diabetes mellitus patients with chronic kidney disease (CKD) stage 3 participated in this study through simple random sampling. The research tool was self-efficacy promoting program on slow progression behaviors in diabetes mellitus patients with chronic kidney disease. The study periods were 8 weeks. The data were analyzed using frequency, percentage, mean, standard deviation and paired sample t-test. The results showed that 52.27% of participants were male, 43.18% had the age over 60 years old. 36.36% of participants had received primary school education or lower, 47.73% were farmers. 56.82% of participants had an average monthly income between 5,001-10,000 baht. 36.36% had diabetes mellitus duration between 7-10 years. The mean score on the post-test of chronic kidney disease knowledge, the perceived self-efficacy promoting on delay progression, delay progression behaviors, and glomerular filtration rates were different with statistically significant ($p < 0.05$). From this study, there are some suggestions

that the health care workers can use as a guideline of self-efficacy promoting program for health education in patients with chronic diseases, and to ensure that patients continue to have good clinical outcomes.

Keywords: self-efficacy promoting, delaying chronic kidney disease progression, diabetes mellitus

บทนำ

การเพิ่มขึ้นของโรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคอ้วน และการเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุทำให้โรคไตเรื้อรังมีความสำคัญเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ ทั่วโลกพบการเสียชีวิตจากโรคไตมากถึง 1.4 ล้านคน ใน ค.ศ. 2019 เพิ่มขึ้น ร้อยละ 20 จาก ค.ศ. 2010 และเป็นสาเหตุการเสียชีวิตสำคัญ 1 ใน 10 ของโลก (Shrestha et al., 2021) โรคไตเรื้อรังเป็นปัญหาสาธารณสุขที่พบการป่วยและการเสียชีวิตในกลุ่มประเทศมีระดับรายได้ต่ำถึงปานกลาง สำหรับประเทศกำลังพัฒนาจะทวีความรุนแรงมากกว่ากลุ่มประเทศพัฒนา โรคไตเป็นภาวะการสูญเสียความสามารถในการทำหน้าที่กรองของเสียของหน่วยไต หากมีอาการเกิดขึ้นอย่างทันทีทันใดที่นำไปสู่ความรุนแรงหรือทำให้เกิดไตวายเรียกว่าโรคไตวายเฉียบพลัน (Acute Kidney disease) เช่น การติดเชื้อรุนแรงเฉียบพลัน, ภาวะร่างกายขาดน้ำรุนแรง, ภาวะไตได้รับการบาดเจ็บเฉียบพลันหรือ AKI (Acute Kidney Injury) เป็นต้น แต่หากมีอาการแบบค่อยเป็นค่อยไปพบอัตราการกรองของไตค่อยๆ ลด หน้าที่ลงจนแสดงอาการไตวายออกมา อาการผิดปกติจะไม่ได้เกิดขึ้นพร้อมกันในคราวเดียวแต่จะค่อยๆ เพิ่มความรุนแรงมากขึ้น ระยะเวลาป่วยมากกว่า 3 เดือน การทำหน้าที่ของไตสูญเสียอย่างถาวรเรียกว่าโรคไตวายเรื้อรัง (Chronic kidney disease) (Hogan, 2009) ในระยะเริ่มต้นของโรคไตไม่มีอาการแสดงทำให้ไม่ทราบว่าตนเองมีความเจ็บป่วย ความสามารถการทำงานของไตหรืออัตราการกรองของไตจะเริ่มลดลง เมื่ออัตราการกรองของไตลดลงมากขึ้นถึงระยะหนึ่งร่างกาย จะเริ่มแสดงอาการผิดปกติเช่น มีปัสสาวะน้อยลงหรือไม่ปัสสาวะเลย มีอาการบวมที่ขาและเท้า เบื่ออาหาร คลื่นไส้ อาเจียน รู้สึกมึนงง อ่อนเพลียงจนเกิดภาวะไตวายที่ต้องได้รับการบำบัดทดแทนไต ระยะของโรคไตสามารถแบ่งออกเป็น 5 ระยะตามอัตราการกรองของเสียของไต ในปี 2012 KDIGO (2013) (Kidney Disease: Improving Global Outcome) ได้กำหนด

ให้โรคไตเรื้อรัง (Chronic kidney disease) หมายถึง มีความผิดปกติการทำงานของไตจากอัตราการกรองของไตน้อยกว่า $60 \text{ mL/min/1.73 m}^2$ และ/หรือ มีการบวมเจ็บของไตเฉียบพลันมานานมากกว่า 3 เดือน ระยะของโรคไตแบ่งออกเป็น 5 ระยะ ตามอัตราการกรองของไตและโรคไตระยะสุดท้าย (End stage renal disease) หรือภาวะไตวายจะเกิดขึ้นเมื่อมีอัตราการกรองของไตน้อยกว่า $15 \text{ mL/min/1.73 m}^2$ ซึ่งต้องการการบำบัดทดแทนไต โรคไตมีสาเหตุจากหลายปัจจัยมีความแตกต่างกันในประเทศต่างๆ ประเทศพัฒนาพบอายุโรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคอ้วนและการสูบบุหรี่ มีความสัมพันธ์กับโรคไตเรื้อรัง (Rumeyza, 2013)

โรคไตเรื้อรังเป็นปัญหาสาธารณสุขสำคัญ มีแนวโน้มการเสียชีวิตด้วยโรคไตเรื้อรังเพิ่มขึ้นจากอัตราตายต่อแสนประชากร 14.24 เพิ่มขึ้นเป็น 17.41 จากพ.ศ. 2559 ถึง พ.ศ. 2562 ประเมินการมีผู้เสียชีวิตด้วยโรคไตเรื้อรัง ปีละ 10,000 คน (กมลทิพย์ วิจิตรสุนทรกุล, 2565) ศูนย์ข้อมูลสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข ได้รวบรวมข้อมูลจากหน่วยบริการสุขภาพพบผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง ในระบบทะเบียนระหว่าง พ.ศ. 2560-2565 มีแนวโน้มลดลงในพ.ศ. 2563 และ พ.ศ. 2564 และการกระจาย จำนวนผู้ป่วยตามระยะของโรคไตยังคงเหมือนเดิมคือร้อยละ 38.07-42.83 อยู่ในระยะที่ 3 รองลงมาคือระยะที่ 2 ร้อยละ 25.77-28.61, ระยะที่ 1 ร้อยละ 14.08-17.51, ระยะที่ 4 ร้อยละ 10.03-11.4 และระยะที่ 5 ร้อยละ 5.72- 5.91 (กระทรวงสาธารณสุข, 2564) โรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชธาตุพนม ปี 2565 พบจำนวนผู้ป่วยตามระยะของโรคไต ดังนี้ ระยะที่ 1 จำนวน 59 ราย (ร้อยละ 6.81) ระยะที่ 2 จำนวน 136 ราย (ร้อยละ 15.70) ระยะที่ 3 จำนวน 299 (ร้อยละ 34.53) ระยะที่ 4 จำนวน 212 ราย (ร้อยละ 24.48) ระยะที่ 5 จำนวน 160 ราย (ร้อยละ 18.48) ตามลำดับ (กระทรวงสาธารณสุข, 2565) จากข้อมูลจะพบว่าผู้ป่วยไตเรื้อรังระยะที่ 3 มากที่สุด และพบว่าในจำนวนผู้ป่วยไตเรื้อรังระยะที่ 3 พบผู้ป่วยเบาหวานมากกว่าครึ่งของผู้ป่วยทั้งหมด ซึ่งถ้าไม่มีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพของผู้ป่วยเบาหวานที่มีภาวะไตเรื้อรังก็อาจจะทำให้ต้องได้รับการบำบัดทดแทนไตในอนาคต ดังนั้นการดูแลผู้ป่วยเบาหวานที่มีโรคไตเรื้อรังแบบองค์รวมเพื่อชะลอความเสื่อมของไต ประกอบด้วยการควบคุมระดับน้ำตาล การควบคุมความดันโลหิต การรักษาเพื่อลดปริมาณอัลบูมินในปัสสาวะ ซึ่งนอกจากจะใช้ยาแล้ว ยังต้องเน้นพฤติกรรมสุขภาพและการดูแลตนเองของผู้ป่วยเป็นหลัก การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้ป่วยเบาหวานที่มีภาวะไตเรื้อรังระยะที่ 3 จะส่งผลต่อผลลัพธ์ทางคลินิก ได้แก่ ระดับน้ำตาลลดลง ระดับความดันโลหิต

และอัตราการรอดชีวิตที่เพิ่มขึ้น (ขวัญเรือน แก่นทอง และคณะ, 2562; สุภาพ สุทธิสันต์ชาญชัย และ อรสา โอภาสวัฒนา, 2564; อารังค์ ทองสง่า, 2563)

ทฤษฎีการรับรู้สมรรถนะแห่งตนของ Bandura (1997) เป็นทฤษฎีที่มุ่งเน้นการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของบุคคล โดย Bandura กล่าวว่าคนที่บุคคลจะปฏิบัติพฤติกรรมให้ประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่กำหนดไว้บุคคลจะต้องมีการรับรู้สมรรถนะแห่งตนเกิดขึ้นก่อนโดยเชื่อมั่นในความสามารถของตนเองว่าจะปฏิบัติพฤติกรรมที่เฉพาะเจาะจงให้ประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่คาดหวังซึ่งการรับรู้สมรรถนะแห่งตนมีผลต่อการตัดสินใจในการปฏิบัติพฤติกรรมของบุคคล โดยบุคคลจะมีพฤติกรรมสุขภาพดีหรือไม่ดีขึ้นอยู่กับการรับรู้สมรรถนะแห่งตน จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าแนวคิดทฤษฎีการรับรู้สมรรถนะแห่งตนของ Bandura ได้ถูกนำมาใช้เป็นกรอบในการศึกษาเชิงทดลองในผู้ป่วยโรคเรื้อรัง พบว่าผู้ป่วยที่ได้รับโปรแกรมการรับรู้สมรรถนะของตนเองการรับรู้ความสามารถของตนเองเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ผลลัพธ์ทางคลินิกทางคลินิกดีขึ้น (ปริยากร วังศรี และคณะ, 2559; ศิริวรรณ พายัพตร และคณะ, 2564) ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นการศึกษาผลของโปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะแห่งตนต่อพฤติกรรมการปฏิบัติตัวเพื่อชะลอการเสื่อมของไตในผู้ป่วยโรคเบาหวานที่มีภาวะไตแทรกซ้อนเรื้อรัง เพื่อสนับสนุนให้ผู้ป่วยปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการดูแลสุขภาพ เพื่อชะลอการเสื่อมของไตไม่ให้ลุกลามเข้าสู่ระยะสุดท้าย

วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ทั่วไป

เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะแห่งตนต่อพฤติกรรมการปฏิบัติตัวเพื่อชะลอไตเสื่อมในผู้ป่วยโรคเบาหวานที่มีภาวะไตแทรกซ้อนเรื้อรัง

วัตถุประสงค์เฉพาะ

1. เพื่อเปรียบเทียบคะแนนความรู้เรื่องโรคไตเรื้อรังหลังการเข้าร่วมโปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะแห่งตน
2. เพื่อเปรียบเทียบคะแนนการรับรู้สมรรถนะแห่งตนเพื่อการชะลอการเสื่อมของไตหลังการเข้าร่วมโปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะแห่งตน
3. เพื่อเปรียบเทียบคะแนนพฤติกรรมสุขภาพหลังเข้าร่วมโปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะแห่งตน

4. เพื่อเปรียบเทียบค่าระดับอัตราการกรองของไตในผู้ป่วยเบาหวานที่มีภาวะไตเรื้อรังระยะที่ 3 หลังการเข้าร่วมโปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะแห่งตน

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research) แบบกลุ่มเดียววัดก่อนหลัง (One-group pretest–posttest design) เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะแห่งตนที่มีพฤติกรรมการปฏิบัติตัวเพื่อชะลอการเสื่อมของไตในผู้ป่วยโรคเบาหวานที่มีภาวะไตแทรกซ้อนเรื้อรัง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรเป็นผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มีภาวะไตเสื่อมระยะที่ 3 ที่ได้รับการรักษาที่โรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชธาตุพนม ในช่วงเดือน มกราคม-ธันวาคม 2565 จำนวน 98 ราย

เกณฑ์การคัดเข้า คือ

- 1) ได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์ว่ามีไตเสื่อมจากเบาหวานระยะที่ 3
- 2) มีอายุ 18 ปีขึ้นไป
- 3) มีสติสัมปชัญญะสมบูรณ์สามารถ พูดสื่อสารภาษาไทยได้
- 4) สามารถติดต่อทางโทรศัพท์ได้
- 5) ยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

เกณฑ์การคัดออก คือ

- 1) มีภาวะเจ็บป่วยรุนแรงที่ต้องเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล
- 2) ป่วยด้วยโรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจและหลอดเลือด
- 3) มีภาวะแทรกซ้อนต่างๆ และได้รับการรักษาหรือส่งต่อไปยังโรงพยาบาลอื่น
- 4) เสียชีวิตหรือเปลี่ยนวิธีการรักษา
- 5) กลุ่มตัวอย่างบอกเลิกการเข้าร่วมการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างในการศึกษานี้ได้มาจากการคำนวณด้วยโปรแกรม G*Power 3.1.9.4 ใช้ Test family เลือก t-test กำหนดค่าอิทธิพลขนาดกลาง (Effect size) = 0.5 ค่าความคลาดเคลื่อน (Alpha) = .05 และค่า Power = .90 ได้กลุ่มตัวอย่าง 44 ราย

การสุ่มกลุ่มตัวอย่างอย่างง่ายโดยวิธีจับสลาก (Lottery) มีขั้นตอน ดังนี้

- 1) กำหนดหมายเลขประจำตัวให้แก่สมาชิกทุกหน่วยในประชากร
- 2) นำหมายเลขประจำตัวของสมาชิมาจัดทำเป็นฉลาก
- 3) จับฉลากขึ้นมาทีละหมายเลขจนกระทั่งครบจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยเครื่องมือ 2 ประเภท คือ

1. โปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะแห่งตนต่อพฤติกรรมการปฏิบัติตัวเพื่อชะลอไตเสื่อมในผู้ป่วยโรคเบาหวานที่มีภาวะไตแทรกซ้อนเรื้อรัง ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) การใช้คำพูดชักจูง ผู้วิจัยพูดชักจูง เป็นการพูดโน้มน้าวใจให้กลุ่มตัวอย่างรับรู้ความสามารถของตนเองในปฏิบัติตัวเพื่อชะลอไตเสื่อม การเลือกรับประทานอาหาร การออกกำลังกาย ประกอบด้วย กล่าวชมเชยและให้กำลังใจ การชักจูงให้เห็นถึงประโยชน์ของการปฏิบัติและโทษของการที่ไม่ปฏิบัติต่อเนื่อง รวมทั้งการโทรศัพท์ไปกระตุ้นให้มีปฏิบัติตัวให้เหมาะสม

2) ส่งเสริมการเรียนรู้จากตัวแบบ เป็นการสังเกตประสบการณ์ความสำเร็จของผู้อื่น (Vicarious experience) ที่ประสบความสำเร็จหรือล้มเหลวในเรื่องใดเรื่องหนึ่งอิทธิพลจากการได้เห็นตัวแบบทำให้บุคคลประเมินว่าตนมีความสามารถพอที่จะลงมือกระทำกิจกรรม โดยผู้วิจัยจัดให้กลุ่มตัวอย่างได้เรียนรู้จากการสังเกตตัวแบบสัญลักษณ์ โดยนำเสนอผ่านสื่อที่ใช้ประกอบการสอน คู่มือ และเรียนรู้จากตัวแบบจริงจากผู้ป่วยที่มีพฤติกรรมการดูแลตนเองที่ดี

3) การส่งเสริมประสบการณ์ที่ประสบผลสำเร็จ โดยผู้วิจัยกำหนดให้กลุ่มตัวอย่างแนะนำตัวเอง พูดคุยแลกเปลี่ยนประสบการณ์ในการดูแลตนเอง การรับประทานอาหาร การออกกำลังกาย ปัญหาและอุปสรรคที่เจอ ร่วมเสนอแนวทางการแก้ไขร่วมกัน

4) การกระตุ้นสภาวะทางร่างกายและอารมณ์ การกระตุ้นทางอารมณ์มีผลต่อการรับรู้ความสามารถของตนเองการที่ทำให้ผู้ป่วยมีความรู้เพิ่มขึ้นย่อมส่งผลให้มีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมขึ้นได้ โดยผู้วิจัยมีการโทรศัพท์เยี่ยมติดตามผู้ป่วย พูดคุย ชื่นชม รับฟังปัญหาและอุปสรรค พร้อมทั้งให้คำแนะนำการปฏิบัติตัวที่ถูกต้อง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล เป็นแบบสอบถามโดยผู้วิจัยสร้างขึ้นเองจากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แบ่งออกเป็น 5 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วย เพศ อายุ น้ำหนัก ระดับการศึกษา อาชีพหลัก รายได้ และระยะเวลาที่ป่วยด้วยโรคเบาหวาน

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามความรู้เรื่องโรคไตเรื้อรัง มีคำถามทั้งหมด 12 ข้อ เลือกตอบได้ 2 คำตอบคือ ใช่และไม่ใช่ คะแนนเต็ม 12 คะแนน

เกณฑ์ในการประเมินระดับความรู้แบ่งระดับความรู้ออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

ระดับสูง คือ คะแนนความรู้ ร้อยละ 80-100 (10-12 คะแนน)

ระดับปานกลาง คือ คะแนนความรู้ ร้อยละ 60-79 (7-9 คะแนน)

ระดับต่ำ คือ คะแนนความรู้ ต่ำกว่าร้อยละ 60 (1-6 คะแนน)

ส่วนที่ 3 แบบสอบถามการรับรู้สมรรถนะแห่งตนเพื่อชะลอการเสื่อมของไต โดยมีข้อคำถามจำนวน 12 ข้อ ลักษณะคำตอบเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ รวมคะแนนทั้งหมด 60 คะแนน โดยมีการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

1 = ทำไม่ได้แน่นอน 2 = ทำได้เล็กน้อย 3 = ทำได้บางส่วน

4 = ทำได้ส่วนใหญ่ 5 = ทำได้แน่นอน

แปลผลพิจารณาจากค่าเฉลี่ยตามเกณฑ์การให้คะแนนของ Best (1981) ดังนี้

คะแนนสูงสุด-คะแนนต่ำสุด/จำนวนขั้นที่ต้องการ = $5-1/3 = 1.33$

ช่วงคะแนนเฉลี่ย 3.68 -5.00 หมายถึง การรับรู้อยู่ในระดับสูง

ช่วงคะแนนเฉลี่ย 2.34 -3.67 หมายถึง การรับรู้อยู่ในระดับปานกลาง

ช่วงคะแนนเฉลี่ย 1.00 -2.33 หมายถึง การรับรู้อยู่ในระดับต่ำ

ส่วนที่ 4 แบบสอบถามพฤติกรรมการปฏิบัติตัวเพื่อชะลอไตเสื่อม จำนวน 15 ข้อ เป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) 4 ระดับ คือ ปฏิบัติสม่ำเสมอ ปฏิบัติบ่อยครั้ง ปฏิบัตินานๆ ครั้ง และไม่ปฏิบัติเลย โดยมีการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

	คำถามเชิงบวก (คะแนน)	คำถามเชิงลบ (คะแนน)
ปฏิบัติสม่ำเสมอ	4	1
ปฏิบัติบ่อยครั้ง	3	2
ปฏิบัตินานๆ ครั้ง	2	3
ไม่ปฏิบัติเลย	1	4

แปลผลพิจารณาจากค่าเฉลี่ยตามเกณฑ์การให้คะแนนของ Best (1981)

$$\begin{aligned}\text{ช่วงการวัด} &= \text{ค่าคะแนนสูงสุด}-\text{ค่าคะแนนต่ำสุด}/\text{จำนวนชั้น} \\ &= (4-1)/3 \\ &= 1\end{aligned}$$

จากเกณฑ์ดังกล่าว แบ่งคะแนนเป็น 3 ระดับ ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 3.01-4.00 หมายถึง พฤติกรรมอยู่ในระดับเหมาะสม

คะแนนเฉลี่ย 2.01-3.00 หมายถึง พฤติกรรมอยู่ในระดับพอใช้

คะแนนเฉลี่ย 1.00-2.00 หมายถึง พฤติกรรมอยู่ในระดับต้องปรับปรุง

ส่วนที่ 5 แบบเก็บค่าระดับอัตราการกรองของไต โดยทำการเจาะเลือดผู้ป่วย เพื่อทำการตรวจประเมินค่าระดับอัตราการกรองของไต โดยผลการตรวจแบ่งระดับความรุนแรงของโรคไตเรื้อรังออกเป็น 5 ระยะตามอัตราการกรองของไตดังนี้

ระยะที่ 1 ค่า eGFR > 90 (ปกติ)

ระยะที่ 2 ค่า eGFR 60-89 (ลดลงเล็กน้อย)

ระยะที่ 3 ค่า eGFR 30-59 (ลดลงปานกลาง)

ระยะที่ 4 ค่า eGFR 15-29 (ลดลงมาก)

ระยะที่ 5 ค่า eGFR < 15 (ไตวายระยะสุดท้าย)

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

การหาค่าความตรงของเนื้อหา (Content validity) การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือวิจัย โดยผู้วิจัยนำ แบบสัมภาษณ์ที่ผู้วิจัยได้ปรับปรุงเนื้อหาที่ใช้ให้เหมาะสมให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ความถูกต้องในการใช้ภาษา ความครอบคลุมตามวัตถุประสงค์ และเมื่อผ่านการพิจารณาตรวจสอบจากผู้ทรงคุณวุฒิแล้ว ผู้วิจัยนำมาตรวจสอบโดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ (Index of Item–Objective Congruence: IOC) มีค่าระหว่าง 0.67-1.00

ค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (Reliability) ผู้วิจัยนำเครื่องมือที่ผ่านการพิจารณาตรวจสอบแก้ไขปรับปรุงแล้ว ไปตรวจสอบหาความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (Reliability) โดยนำไปทดลองใช้ (Try out) กับกลุ่มที่มีคุณสมบัติที่คล้ายคลึงกันกับกลุ่มตัวอย่าง ที่โรงพยาบาลนาแก จังหวัดนครพนม จำนวน 30 คน และนำไปตรวจสอบความเข้าใจในการใช้ภาษา และความสะดวกในการตอบแบบสัมภาษณ์ แล้วนำไปวิเคราะห์หาความเชื่อมั่นของเครื่องมือโดยหาค่าความเชื่อมั่นด้วย KR 20 ของแบบสอบถามส่วนที่ 2 ได้ค่า 0.91 และค่าสัมประสิทธิ์

อัลฟาของครอนบาร์ช (Cronbach' Alpha Coefficient) ในส่วนที่ 3 และ 4 มีค่า 0.94 และ 0.97 ตามลำดับ

การดำเนินการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล

สัปดาห์ที่ 1

ผู้วิจัยพบกลุ่มตัวอย่างที่ทำการนัดแล้วที่คลินิกโรคเรื้อรัง โรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชธาตุพนม เพื่อขอความร่วมมือในการทำวิจัย ดำเนินการพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่างตามที่กำหนดไว้ เมื่อผู้ป่วยยินยอมเข้าร่วมในการทำวิจัยให้ผู้ป่วยลงนามยินยอมในใบพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง จากนั้นดำเนินการ ดังนี้

1. สร้างสัมพันธภาพ โดยผู้วิจัยกล่าวทักทาย แนะนำตัวเองพูดคุยทั่วๆ ไป พร้อมทั้งให้กลุ่มตัวอย่างแนะนำตัวเอง
2. ผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์ของโปรแกรมการวิจัย กติกา การดำเนินกิจกรรม
3. เก็บข้อมูลก่อนการทดลองโดยใช้แบบสอบถาม และตรวจค่าระดับอัตราการกรองของไต (Estimated Glomerular Filtration Rate; eGFR) ว่าผู้ป่วยไม่ได้มีการเสื่อมของไตก่อนเข้าร่วมกลุ่มทดลอง
4. ให้ความรู้เกี่ยวกับโรคไตเรื้อรัง โรคเบาหวาน การควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด การรับประทานอาหาร การจำกัดโปรตีน ตามระยะของโรค
5. ฝึกให้ผู้ป่วยบันทึกข้อมูลอาหารรายวัน
6. สรุปผลการฝึกปฏิบัติ

สัปดาห์ที่ 2

1. ทบทวนความรู้จากการจัดกิจกรรมในสัปดาห์ที่ 1
2. เจ้าหน้าที่บรรยายความรู้เกี่ยวกับแนวทางการออกกำลังกายที่เหมาะสม
3. เจ้าหน้าที่บรรยายความรู้เกี่ยวกับแก้ไขภาวะแทรกซ้อนเฉียบพลัน ให้คำปรึกษาเรื่องการรับประทานยาโรคไต
4. ฝึกทักษะการปฏิบัติตัว เรื่อง การออกกำลังกาย
5. ฝึกทักษะในการแก้ไขภาวะแทรกซ้อนเฉียบพลัน ให้คำปรึกษาเรื่องการรับประทานยาโรคไต
6. สนับสนุนให้กลุ่มตัวอย่างได้แลกเปลี่ยนประสบการณ์ การรับประทานอาหาร การจำกัดโปรตีนตามระยะของโรค อุปสรรคและปัญหาจากการบันทึกข้อมูลอาหารรายวัน

สัปดาห์ที่ 3

1. ทบทวนความรู้จากการจัดกิจกรรมในสัปดาห์ที่ 2
2. ให้ความรู้เรื่องการจำกัดเกลือในอาหาร จำกัดโปรตีน เปรียบเทียบรายการอาหารที่จัดบันทึกพร้อมวิเคราะห์ปัญหาาร่วมกัน
3. จัดให้มีการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ในการควบคุมโปรตีนและจำกัดเกลือ การส่งเสริมการออกกำลังกายพร้อมทั้งสรุปเนื้อหา

สัปดาห์ที่ 4

1. ให้ผู้ป่วยชม VDO ผู้ป่วยต้นแบบ (Vicarious experiences) เพื่อแสดงให้ผู้ป่วยเห็น ประสบการณ์ความสำเร็จของผู้ป่วยอื่น โดยวัตถุประสงค์ของการดู VDO บุคคลที่ประสบความสำเร็จในการปฏิบัติตน คือ ต้องการชี้ให้เห็นความสำคัญของการปฏิบัติตนเพื่อควบคุมภาวะไตเสื่อม โดย ใน VDO จะเล่าถึงประสบการณ์การปฏิบัติตนผลของการปฏิบัติตนเป็นการแก้ปัญหาเมื่อเกิดอุปสรรคในการปฏิบัติตน
2. สนับสนุนให้กลุ่มตัวอย่างได้เห็นตัวแบบที่มีพฤติกรรมการบริโภคอาหารและการออกกำลังกายที่ถูกต้อง
3. สรุปปัญหาและอุปสรรค รวมทั้งแนวทางแก้ไขเพื่อเพิ่มความมั่นใจให้กับกลุ่มตัวอย่าง

สัปดาห์ที่ 5-7

1. ผู้วิจัยติดตามผู้ป่วยโดยการโทรศัพท์สอบถามผู้ป่วยทุกวันจันทร์และวันพฤหัสบดีทุกสัปดาห์เพื่อเพิ่มความมั่นใจในสมรรถนะของตนในการในการดูแลตนเอง ให้ความมั่นใจที่จะดูแลตนเองได้ เปิดโอกาสให้ซักถามเกิดข้อสงสัยหรือเกิดปัญหาใดๆ ช่วยให้การคำแนะนำในการปฏิบัติตัวต่อไปและเสริมสร้างกำลังใจ ความมั่นใจในการทำโปรแกรมการส่งเสริมการรับรู้สมรรถนะแห่งตนในการควบคุมภาวะไตเสื่อมในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ต่อไป
2. สรุปปัญหาและอุปสรรค รวมทั้งแนวทางแก้ไขเพื่อเพิ่มความมั่นใจให้กับกลุ่มตัวอย่าง

สัปดาห์ที่ 8

สัมภาษณ์และประเมินหลังการดำเนินการวิจัย คณะผู้วิจัยสอบถามความรู้การรับรู้สมรรถนะแห่งตน แบบสอบถามพฤติกรรมสุขภาพและตรวจค่าระดับน้ำตาลการกรองของไตว่าผู้ป่วยไม่ได้มีการเสื่อมของไตหลังเข้าร่วมกลุ่มทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistic) การวิเคราะห์ข้อมูลส่วนบุคคล ความรู้เรื่องโรคไตเรื้อรัง การรับรู้สมรรถนะแห่งตนเพื่อชะลอการเสื่อมของไตและพฤติกรรมการปฏิบัติตัว ด้วยความถี่และร้อยละ

2. การวิเคราะห์สถิติเชิงอ้างอิง (Inferential statistics) กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เปรียบเทียบ ความรู้เรื่องโรคไตเรื้อรัง การรับรู้สมรรถนะแห่งตนเพื่อชะลอการเสื่อมของไต พฤติกรรมการปฏิบัติตัวเพื่อชะลอไตเสื่อมและค่าระดับอัตราการกรองของไต ก่อนและหลังการทดลองด้วยสถิติ Paired sample t-test กรณีข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติถ้าข้อมูลมีการแจกแจงแบบไม่ปกติต้องใช้สถิติ Wilcoxon Matched pairs Signed Ranks Test

การพิทักษ์สิทธิกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้ได้ผ่านการรับรองจริยธรรมการวิจัยจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดนครพนม เลขที่โครงการ 071/66

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 52.27 มีอายุ 61 ปีขึ้นไป ร้อยละ 43.18 สำเร็จการศึกษาประถมศึกษาหรือน้อยกว่า ร้อยละ 36.36 ประกอบอาชีพเกษตรกร ร้อยละ 47.73 มีรายได้อยู่ระหว่าง 5,001-10,000 บาท ร้อยละ 56.82 ระยะเวลาที่ป่วยด้วยโรคเบาหวาน 7-10 ปี ร้อยละ 36.36

2. ความรู้เรื่องโรคไตเรื้อรัง

ผลการศึกษาพบว่า ก่อนการทดลองกลุ่มตัวอย่างมีความรู้อยู่ในระดับสูงร้อยละ 13.64 ระดับปานกลางร้อยละ 63.64 และระดับต่ำร้อยละ 22.72 (7.65 ± 1.86 , Min=3, Max=10) ส่วนหลังการทดลองกลุ่มตัวอย่างมีความรู้อยู่ในระดับสูงร้อยละ 68.18 ระดับปานกลางร้อยละ 27.27 และระดับต่ำร้อยละ 4.54 (9.77 ± 1.49 , Min=5, Max=12) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ระดับความรู้เรื่องโรคไตเรื้อรังของกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังการทดลอง (n=44)

ระดับความรู้	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
สูง	6	13.64	30	68.18
ปานกลาง	28	63.64	12	27.27
ต่ำ	10	22.72	2	4.55
	7.65±1.86, Min=3, Max=10		9.77±1.49, Min=5, Max=12	

3. การรับรู้สมรรถนะแห่งตนเพื่อชะลอการเสื่อมของไต

ผลการศึกษาพบว่าก่อนการทดลองกลุ่มตัวอย่างมีการรับรู้สมรรถนะแห่งตนเพื่อชะลอการเสื่อมของไตอยู่ในระดับสูง ร้อยละ 31.82 ระดับปานกลาง ร้อยละ 56.82 และระดับต่ำ ร้อยละ 11.36 (42.15 ± 9.29 , Min=28, Max=58) ส่วนหลังการทดลองกลุ่มตัวอย่างมีการรับรู้สมรรถนะแห่งตนเพื่อชะลอการเสื่อมของไตอยู่ในระดับสูง ร้อยละ 63.64 ระดับปานกลาง ร้อยละ 36.36 (48.31 ± 6.48 , Min=40, Max=60) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ระดับการรับรู้สมรรถนะแห่งตนเพื่อชะลอการเสื่อมของไตของกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังการทดลอง (n=44)

ระดับการรับรู้สมรรถนะแห่งตนเพื่อชะลอการเสื่อมของไต	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
สูง	14	31.82	28	63.64
ปานกลาง	25	56.82	16	36.36
ต่ำ	5	11.36	0	0.00
	42.15±9.29, Min=28, Max=58		48.31±6.48, Min=40, Max=60	

4. พฤติกรรมการปฏิบัติตัวเพื่อชะลอไตเสื่อม

ผลการศึกษาพบว่าก่อนการทดลองกลุ่มตัวอย่างมีพฤติกรรมการปฏิบัติตัวเพื่อชะลอไตเสื่อมอยู่ในระดับพอใช้ ร้อยละ 59.09 และระดับต้องปรับปรุงร้อยละ 40.91 (39.06 ± 7.43 , Min=27, Max=54) ส่วนหลังการทดลองกลุ่มตัวอย่างมีพฤติกรรมการปฏิบัติตัวเพื่อชะลอไตเสื่อมอยู่ในระดับเหมาะสมร้อยละ 38.64 และระดับพอใช้ ร้อยละ 61.36 (54.50 ± 3.52 , Min=46, Max=60) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 พฤติกรรมการปฏิบัติตัวเพื่อชะลอไตเสื่อมของกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังการทดลอง (n=44)

ระดับพฤติกรรมการปฏิบัติตัวเพื่อชะลอไตเสื่อม	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
เหมาะสม	0	0.00	17	38.64
พอใช้	26	59.09	27	61.36
ต้องปรับปรุง	18	40.91	0	0.00
	(39.06±7.43, Min=27, Max=54)		(48.31±6.48, Min=40, Max=60)	

5. ค่าระดับอัตราการกรองของไต (eGFR)

ผลการศึกษาพบว่าค่าระดับอัตราการกรองไตก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 40.01 ± 7.05 mL/min/1.73m² โดยมีค่าสูงสุดอยู่ที่ 57.35 mL/min/1.73m² และค่าต่ำสุดอยู่ที่ 30.12 mL/min/1.73m² ส่วนค่าระดับอัตราการกรองไตหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 41.76 ± 6.82 mL/min/1.73m² โดยมีค่าสูงสุดอยู่ที่ 58.16 mL/min/1.73m² และค่าต่ำสุดอยู่ที่ 32.10 mL/min/1.73m²

6. การเปรียบเทียบค่าคะแนนความรู้เรื่องโรคไตเรื้อรัง การรับรู้สมรรถนะแห่งตนเพื่อชะลอการเสื่อมของไต พฤติกรรมการปฏิบัติตัวเพื่อชะลอไตเสื่อม และค่าระดับอัตราการกรองของไต ก่อนและหลังการทดลอง

การเปรียบเทียบค่าคะแนนความรู้เรื่องโรคไตเรื้อรัง การรับรู้สมรรถนะแห่งตนเพื่อชะลอการเสื่อมของไต พฤติกรรมการปฏิบัติตัวเพื่อชะลอไตเสื่อมและค่าระดับการกรองของไต ก่อนและหลังการทดลอง พบว่าหลังการทดลองค่าคะแนนความรู้เรื่องโรคไตเรื้อรัง การรับรู้สมรรถนะแห่งตนเพื่อชะลอการเสื่อมของไต พฤติกรรมการปฏิบัติตัวเพื่อชะลอไตเสื่อม และค่าระดับอัตราการกรองของไตสูงขึ้นกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบค่าคะแนนความรู้เรื่องโรคไตเรื้อรัง การรับรู้สมรรถนะแห่งตน เพื่อชะลอการเสื่อมของไต พฤติกรรมการปฏิบัติตัวเพื่อชะลอไตเสื่อม และค่าระดับอัตราการกรองของไต ก่อนและหลังการทดลอง (n=44)

ข้อมูล	d	S.D. _d	95% CI of μ_d	t	p-value
คะแนนความรู้เรื่องโรคไตเรื้อรัง	2.11	0.78	1.87-2.35	17.88	<0.001
การรับรู้สมรรถนะแห่งตนเพื่อชะลอการเสื่อมของไต	6.15	5.34	4.53-7.78	7.64	<0.001
พฤติกรรมการปฏิบัติตัวเพื่อชะลอไตเสื่อม	15.43	7.86	13.04-17.82	13.00	<0.001
ค่าระดับอัตราการกรองของไต	1.74	1.09	1.41-2.08	4.80	<0.001

จากผลการวิจัยพบว่าก่อนทดลองกลุ่มตัวอย่างมีความรู้ในข้อคำถามไตมีหน้าที่ขับน้ำ และของเสียออกจากร่างกายเท่านั้น และข้อคำถามผู้ป่วยไตเสื่อมควรจำกัดปริมาณน้ำดื่ม โดยดื่มวันละเกิน 1 ลิตร หลังจากเข้าร่วมโปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะแห่งตนต่อพฤติกรรม การปฏิบัติตัวเพื่อชะลอไตเสื่อมในผู้ป่วยโรคเบาหวานที่มีภาวะไตแทรกซ้อนเรื้อรังทำให้กลุ่ม ตัวอย่างมีความรู้เพิ่มขึ้น การให้ความรู้กับผู้ป่วยด้วยวิธีที่แตกต่างจากเดิมจะทำให้ผู้ป่วยมี ความสนใจมากขึ้น การวิจัยในครั้งนี้มีการกิจกรรมหลายอย่างส่งเสริมให้กลุ่มตัวอย่างเกิด การเรียนรู้ มีการสอดแทรกการให้ความรู้กับกลุ่มตัวอย่างในทุกกิจกรรมทำให้กลุ่มตัวอย่าง ได้รับความรู้อย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้การจัดกิจกรรมยังเป็นการสื่อสารสองทางที่เปิดโอกาส ให้กลุ่มตัวอย่างได้ซักถามในประเด็นที่สงสัยและผู้วิจัยได้ตอบประเด็นเหล่านั้นจนทำให้กลุ่ม ตัวอย่างเข้าใจและมีความรู้ที่ถูกต้อง นอกจากนี้ในระหว่างที่จัดกิจกรรมผู้วิจัยได้ทำการประเมิน กลุ่มตัวอย่างโดยการสอบถามเป็นระยะเพื่อให้มั่นใจว่ากลุ่มตัวอย่างมีความรู้ที่ถูกต้อง การให้ สุขศึกษาที่ต่อเนื่องจะส่งผลต่อความรู้และพฤติกรรมการปฏิบัติตัวของผู้ป่วยให้สามารถจัดการ ตนเองที่ถูกต้องและมีผลลัพธ์ทางคลินิกที่ดี สอดคล้องกับการศึกษาของพีญศรี จิตต์จันทร์ และคณะ (2562) ศึกษาผลของการใช้รูปแบบการดูแลผู้ป่วยโรคเรื้อรังต่อการชะลอการเสื่อม ของไต ตำบลหนองขอน จังหวัดอุบลราชธานี พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีการชะลอการเสื่อมของไต ลงได้โดยมีค่าเฉลี่ยของ eGFR และค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้ในการป้องกันและชะลอการ เสื่อมของไตหลังให้ความรู้สูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการศึกษาของ รัชญา หอมสุวรรณ (2561) ศึกษาผลของการใช้โปรแกรมชะลอไตเสื่อม ในผู้ป่วยเบาหวาน ศูนย์สุขภาพชุมชนเมือง โรงพยาบาลพระนารายณ์มหาราช สาขาเทศบาลตำบลทาศาลา พบว่าผู้ป่วยเบาหวาน หลังได้รับโปรแกรมชะลอไตเสื่อมมีคะแนนเฉลี่ยความรู้ พฤติกรรมเพื่อ

ชะลอไตเสื่อมสูงกว่าก่อนได้รับโปรแกรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และอัตราการกรองของไตหลังได้รับโปรแกรมชะลอไต มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงด้านความรู้และพฤติกรรมการดูแลตนเองของผู้ป่วยนั้นเกิดจากการจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมให้กลุ่มตัวอย่างเกิดการเรียนรู้และปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการดูแลตนเองให้ถูกต้องมากยิ่งขึ้นส่งผลต่อ

การรับรู้สมรรถนะแห่งตนเพื่อชะลอการเสื่อมของไตสูงขึ้นกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$ จากผลการศึกษาอธิบายได้ว่าการจัดกิจกรรมตามโปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะแห่งตนต่อพฤติกรรมการปฏิบัติตัวเพื่อชะลอไตเสื่อมในผู้ป่วยโรคเบาหวานที่มีภาวะไตแทรกซ้อนเรื้อรัง ซึ่งมีกิจกรรมหลักที่สำคัญที่ส่งเสริมและกระตุ้นให้กลุ่มตัวอย่างรับรู้ถึงความสามารถของตนเองโดยเฉพาะการใช้คำพูดชักจูง การกล่าวชมเชย และให้กำลังใจ การชักจูงให้เห็นถึงประโยชน์ของการปฏิบัติและโทษของการที่ไม่ปฏิบัติต่อเนื่องซึ่งบุคคลจะกระทำพฤติกรรมใดพฤติกรรมหนึ่งหรือไม่ขึ้นอยู่กับความรู้ความสามารถตนเองว่าจะกระทำพฤติกรรมนั้นหรือไม่และความคาดหวังในผลลัพธ์ที่จะเกิดจากการกระทำพฤติกรรมเนื่องจากมนุษย์เรียนรู้ว่าการกระทำใดนำไปสู่ผลลัพธ์ใด แต่ความสามารถของมนุษย์แต่ละคนที่จะกระทำกิจกรรมต่างๆ มีขีดจำกัดไม่เท่ากัน ดังนั้นการที่บุคคลจะตัดสินใจว่าจะกระทำพฤติกรรมนั้นหรือไม่ ส่วนหนึ่งจึงขึ้นอยู่กับความรู้ความสามารถตนเองและอีกส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับความคาดหวังในผลลัพธ์ของการกระทำกิจกรรมจึงมุ่งเน้นให้กลุ่มตัวอย่างได้รับรู้ถึงความสามารถและสมรรถนะของตนเองในการกระทำสิ่งที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพตนเอง นอกจากนี้กลุ่มตัวอย่างยังได้เรียนรู้จากประสบการณ์ตรงของผู้ป่วยเบาหวานที่สามารถดูแลตัวเองได้ดี ทั้งผลกระทบที่เกิดขึ้นหลังจากป่วยเป็นโรคไตเรื้อรัง การได้เรียนรู้จากตัวแบบจริงจากผู้ป่วยที่สามารถดูแลตนเองจนกลับมาปกติจะทำให้กลุ่มตัวอย่างมีความรู้ความเข้าใจมากขึ้น สามารถซักถามจากตัวแบบอย่างเป็นกันเอง การที่ได้สังเกตตัวแบบแสดงพฤติกรรมที่มีความซับซ้อนและได้รับผลกระทบที่พึงพอใจจะทำให้ผู้ที่สังเกตฝึกความรู้สึกว่าเขาก็จะสามารถที่จะประสบความสำเร็จได้ถ้าเขาพยายามจริงและไม่ย่อท้อ ลักษณะของการใช้ตัวแบบที่ส่งผลต่อความรู้สึกว่าเขามีความสามารถที่จะทำได้นั้น ได้แก่ การแก้ปัญหาของบุคคลที่มีความกลัวต่อสิ่งต่างๆ โดยที่ให้ผู้ดูตัวแบบที่มีลักษณะคล้ายกับตนเองก็สามารถทำให้อลดความกลัวต่างๆ เหล่านั้นได้ การเสนอตัวแบบหลายๆ ตัวจะช่วยให้มีการเสนอตัวแบบที่มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากผู้สังเกตจะพบว่ามีตัวแบบบางตัวมีลักษณะคล้ายกับตนตลอดจนทำให้ได้

เรียนรู้การแสดงพฤติกรรมหลายๆ อย่าง ทำให้ผู้สังเกตมีความยืดหยุ่นมากขึ้นในการแสดงออกในหลายๆ สภาพการณ์ นอกจากนี้ยังมีการโทรติดตามจากเจ้าหน้าที่เพื่อพูดคุยซักถามถึงผลการปฏิบัติ การให้คำแนะนำเพื่อให้กลุ่มตัวอย่างมีความเชื่อมั่นในสิ่งที่ตนกระทำและผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้นกับสุขภาพส่งผลให้กลุ่มตัวอย่างมีการรับรู้สมรรถนะแห่งตนเพื่อชะลอการเสื่อมของไตสูงขึ้นกว่าก่อนการทดลอง สอดคล้องกับการศึกษาของ อารีย์ เพ็ญสุวรรณ และ บุษบา บัวผัน (2564) ศึกษาผลการจัดการตนเองเพื่อชะลอไตเสื่อม สำหรับผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ในชุมชนโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านแซงแหลม จังหวัดร้อยเอ็ด พบว่า หลังการพัฒนา กลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยการรับรู้สมรรถนะแห่งตนมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการพัฒนาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) และการศึกษาของ ชญานิศ สุภนิกร และคณะ (2562) ศึกษาโปรแกรมการประยุกต์ทฤษฎีแรงจูงใจในการป้องกันโรคเพื่อส่งเสริมพฤติกรรมชะลอความเสื่อมของไตในผู้ป่วยไตเรื้อรังระยะที่ 3 ในชุมชน พบว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยการรับรู้ความสามารถของตนเองในการปฏิบัติพฤติกรรมเพื่อชะลอความเสื่อมของไตในระยะเวลาหลังการทดลองและระยะติดตามผลดีขึ้นกว่าก่อนการทดลองและดีกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) ภายหลังการทดลองกลุ่มตัวอย่างมีพฤติกรรมปฏิบัติตัวเพื่อชะลอไตเสื่อมสูงขึ้นกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$ อธิบายได้ว่าหลังจากกลุ่มตัวอย่างได้รับโปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะแห่งตนต่อพฤติกรรมการปฏิบัติตัวเพื่อชะลอไตเสื่อมซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน การใช้คำพูดชักจูงส่งเสริมการเรียนรู้จากตัวแบบ การส่งเสริมประสบการณ์ที่ประสบผลสำเร็จและการกระตุ้นสภาวะทางร่างกายและอารมณ์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยสัปดาห์ที่ 5-7 มีการติดตามทางโทรศัพท์อย่างต่อเนื่องเพิ่มความมั่นใจในสมรรถนะของตนในการในการดูแลตนเอง ให้มีความมั่นใจที่จะดูแลตนเองได้ เปิดโอกาสให้ซักถามเกิดข้อสงสัยหรือเกิดปัญหาใดๆ ช่วยให้คำแนะนำในการปฏิบัติตัวต่อไปและเสริมสร้างกำลังใจ ส่งผลให้กลุ่มตัวอย่างมีพฤติกรรมการปฏิบัติตัวเพื่อชะลอไตเสื่อมที่ถูกต้อง ประกอบกับกลุ่มตัวอย่างได้รับการส่งเสริมความสามารถและสมรรถนะแห่งตนในการดูแลตนเองยิ่งทำให้กลุ่มตัวอย่างมีความมั่นใจในการปฏิบัติพฤติกรรมที่ถูกต้องโดยเฉพาะพฤติกรรมการรับประทานอาหารซึ่งประเมินจากแบบบันทึกอาหาร และจากการสัมภาษณ์พฤติกรรมการออกกำลังกาย นอกจากนี้กลุ่มตัวอย่างยังได้รับความรู้ที่ถูกต้องยิ่งส่งผลให้มีความมั่นใจการปฏิบัติพฤติกรรมที่ถูกต้องมากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ ศิริวรรณ พายพัตร และคณะ (2564) พบว่าความรู้และการรับรู้สมรรถนะแห่งตนมีความ

สัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการจัดการตนเองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < .01$ และร่วมกันทำนายพฤติกรรมการจัดการตนเองได้ร้อยละ 51.00 นอกจากนี้โปรแกรมยังมีการติดตามทางโทรศัพท์อย่างต่อเนื่อง 3 สัปดาห์ ซึ่งเป็นการเสริมแรงสร้างความมั่นใจในสมรรถนะของตนเองในการดูแลสุขภาพตามแนวทางที่ถูกต้อง สอบถามปัญหาที่เกิดขึ้นพร้อมทั้งหาแนวแก้ไขร่วมกัน ซึ่งเป็นการติดตามกระตุ้นและเสริมแรงเพื่อให้กลุ่มตัวอย่างปฏิบัติพฤติกรรมที่ถูกต้องอย่างต่อเนื่องทำให้กลุ่มตัวอย่างสามารถจัดการตนเองเพื่อชะลอไตเสื่อมได้ดี ส่งผลให้ค่าระดับการกรองของไตเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาที่พบว่า การสร้างเสริมสมรรถนะแห่งตนผ่านช่องทางสื่อสารโดยตรงแก่กลุ่มเป้าหมายจะส่งผลดีต่อพฤติกรรมการดูแลตนเองและผลลัพธ์ทางคลินิก (ปริยากร วังศรี และคณะ, 2559)

จากการศึกษาพบว่าค่าระดับอัตราการกรองไตก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 40.01 ± 7.05 ml/min/ 1.73m^2 และหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 41.76 ± 6.82 ml/min/ 1.73m^2 จะพบว่าค่าเฉลี่ยระดับการกรองไตหลังการทดลองมีค่าสูงกว่าก่อนการทดลอง ซึ่งเป็นผลมาจากการจัดกิจกรรมให้สุขศึกษาโดยเฉพาะเรื่องการรับประทานอาหาร การจำกัดโปรตีนและเกลือ ตามระยะของโรคทำให้กลุ่มตัวอย่างมีพฤติกรรมการควบคุมอาหารที่ดีขึ้น ทำให้สามารถชะลอหรือยับยั้งการเสื่อมของไตได้ นอกจากนี้กลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษาในครั้งนี้เป็นผู้ป่วยโรคเบาหวานที่ไม่มีโรคแทรกซ้อนทำให้ค่าระดับการกรองของไตเพิ่มขึ้นถึงแม้จะเพิ่มขึ้นไม่มากเนื่องจากระยะเวลาที่ศึกษาจำนวน 8 สัปดาห์ สอดคล้องกับการศึกษาของ นฤมล สบายสุข (2561) ศึกษาผลของโปรแกรมสนับสนุนการจัดการตนเองต่อพฤติกรรมสุขภาพและอัตราการกรองของไตในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มีภาวะไตเรื้อรังระยะที่ 3 พบว่า หลังจากกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมโปรแกรม 12 สัปดาห์ มีค่าเฉลี่ยอัตราการกรองไตสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการศึกษาของจันจิรา หินขาว ชนิดฐา หาญประสิทธิ์คำ และสุนทรี เจียรวิทยกิจ (2562) ศึกษาผลของโปรแกรมการจัดการตนเอง ร่วมกับการสัมภาษณ์เพื่อสร้างแรงจูงใจ เพื่อชะลอไตเสื่อมจากเบาหวานต่อพฤติกรรมการจัดการตนเองและผลลัพธ์ทางคลินิกในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มีความเสื่อมของไตระยะที่ 3 ทำการศึกษา 12 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีอัตราการกรองของไตเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นถ้ากลุ่มตัวอย่างสามารถปฏิบัติพฤติกรรมที่ถูกต้องอย่างต่อเนื่องก็จะสามารถชะลอการเสื่อมของไตได้

หลังจากการเข้าร่วมโปรแกรมพบว่ากลุ่มตัวอย่างค่าคะแนนความรู้เรื่องโรคไตเรื้อรัง การรับรู้สมรรถนะแห่งตนเพื่อชะลอการเสื่อมของไต พฤติกรรมการปฏิบัติตัวเพื่อชะลอไตเสื่อม และค่าระดับการกรองของไตสูงขึ้นกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$ ซึ่งเป็นผลมาจากการจัดกิจกรรมที่ต่อเนื่อง 8 สัปดาห์ โดยมีกิจกรรมความรู้เกี่ยวกับโรคไตเรื้อรัง การรับประทานอาหาร การจำกัดโปรตีนซึ่งดำเนินการในสัปดาห์แรก เป็นกิจกรรมที่ทำให้กลุ่มตัวอย่างมีความรู้เกี่ยวกับโรคไตเรื้อรังและความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมากยิ่งขึ้น ส่วนสัปดาห์ที่ 2 มีกิจกรรมความรู้เกี่ยวกับแก้ไขภาวะแทรกซ้อนเฉียบพลัน ให้คำปรึกษา เรื่องการรับประทานยาโรคไต การฝึกปฏิบัติต่างๆ รวมทั้งการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ การรับประทานอาหาร การจำกัดโปรตีนตามระยะของโรค ส่วนสัปดาห์ที่ 3 มีการจัดกิจกรรมหลักคือการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ในการควบคุมโปรตีนและจำกัดเกลือ สัปดาห์ที่ 4 ให้ผู้ป่วย ชม VDO ผู้ป่วยต้นแบบ (Vicarious experiences) เพื่อแสดงให้ผู้ป่วยเห็น ประสบการณ์ ความสำเร็จของผู้ป่วยอื่น ส่วนสัปดาห์ที่ 5-7 มีการโทรศัพท์เพื่อติดตามสร้างเสริมสมรรถนะ ให้ผู้ป่วย รับฟังปัญหาและอุปสรรคในการปฏิบัติตนให้ถูกต้องตามที่ได้รับความรู้มาในสัปดาห์ ก่อนหน้า จากกิจกรรมต่างๆ ที่กลุ่มตัวอย่างได้รับ ได้ฝึก ได้เรียนรู้จนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ในด้านต่างๆ ส่งผลให้กลุ่มตัวอย่างมีความรู้เรื่องโรคไตเรื้อรัง การรับรู้สมรรถนะแห่งตนเพื่อ ชะลอการเสื่อมของไต พฤติกรรมการปฏิบัติตัวเพื่อชะลอไตเสื่อม และค่าระดับการกรองของ ไตสูงขึ้นกว่าก่อนการทดลอง สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า การให้สุขศึกษาโดยใช้ แนวคิด ทฤษฎีที่หลากหลายจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในด้านต่างๆ ที่ดีของผู้ป่วย (จันจิรา หินขาวและคณะ, 2562; เพ็ญศรี จิตต์จันทร์ และคณะ, 2562; รัญชนา หอม สุวรรณ, 2561)

สรุปผลการวิจัย

หลังจากเข้าร่วมโปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะแห่งตนต่อพฤติกรรมการปฏิบัติตัว เพื่อชะลอไตเสื่อมในผู้ป่วยโรคเบาหวานที่มีภาวะไตแทรกซ้อนเรื้อรังกลุ่มตัวอย่างมีค่าคะแนน ความรู้เรื่องโรคไตเรื้อรัง การรับรู้สมรรถนะแห่งตนเพื่อชะลอการเสื่อมของไต พฤติกรรมการ ปฏิบัติตัวเพื่อชะลอไตเสื่อม และค่าระดับการกรองของไต ก่อนและหลังการทดลอง พบว่า หลังการทดลองค่าคะแนนความรู้เรื่องโรคไตเรื้อรัง การรับรู้สมรรถนะแห่งตนเพื่อชะลอการ

เสื่อมของไต พฤติกรรมการปฏิบัติตัวเพื่อชะลอไตเสื่อม และค่าระดับอัตราการกรองของไตสูงขึ้นกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการประเมินพฤติกรรมการดูแลสุขภาพตนเองของผู้ป่วยอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะพฤติกรรมการรับประทานอาหารเพื่อให้สามารถชะลอไตเสื่อมในระยะยาว
2. หน่วยงานสาธารณสุขในพื้นที่สามารถนำโปรแกรมการส่งเสริมสมรรถนะแห่งตนต่อพฤติกรรมการปฏิบัติตัวไปใช้เป็นแนวทางในการให้สุศึกษาในผู้ป่วยโรคเรื้อรังอื่นๆ เพื่อให้ผู้ป่วยมีผลลัพธ์ทางคลินิกที่ดีต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กมลทิพย์ วิจิตรสุนทรกุล. (2565). *ระบาดวิทยาและการทบทวนมาตรการป้องกันโรคไตเรื้อรัง*. นนทบุรี: กระทรวงสาธารณสุข.
- กระทรวงสาธารณสุข. (2564). *จำนวนผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่มารับบริการที่โรงพยาบาล จำแนกตาม Stage (Work Load)*. สืบค้นเมื่อวันที่ 30 ตุลาคม 2566, จาก https://hdcservice.moph.go.th/hdc/reports/report.php?&cat_id=e71a73a77b1474e63b71bccf727009ce&id=47a33f6886e36962dec4bb578819ba64.
- กระทรวงสาธารณสุข. (2565). *จำนวนผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่มารับบริการที่โรงพยาบาล จำแนกตาม Stage (Work Load) จังหวัดนครพนมโรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชธาตุพนม ปีงบประมาณ 2565*. สืบค้นเมื่อวันที่ 30 ตุลาคม 2566, จาก https://hdcservice.moph.go.th/hdc/reports/report.php?&cat_id=e71a73a77b1474e63b71bccf727009ce&id=47a33f6886e36962dec4bb578819ba64.
- ขวัญเรือน แก่นทอง, ศิริรัตน์ อนุตระกูลชัย, สุณี เลิศสินอุดม และ อัมพรพรรณ ชีรานุตร. (2562). ผลของโปรแกรมการส่งเสริมพฤติกรรมสุขภาพต่อพฤติกรรมการปฏิบัติตัวเพื่อชะลอการเสื่อมของไตในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 1-3a. *วารสารการพยาบาลและการดูแลสุขภาพ* 2562, 37(3), 211-220.
- จันจิรา หินขาว, ขนิษฐา หาญประสิทธิ์คำ และ สุนทรี เจียรวิทยกิจ. (2562). ผลของโปรแกรมการจัดการตนเองร่วมกับการสัมภาษณ์เพื่อสร้างแรงจูงใจเพื่อชะลอไตเสื่อมจาก

เบาหวานต่อพฤติกรรมการจัดการตนเองและผลลัพธ์ทางคลินิกในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มีความเสี่ยงของไตรระยะที่ 3. วารสารวิทยาลัยพยาบาลพระปกเกล้า จันทบุรี, 30(2), 185-202.

ชญาณิศ ศุภนิกร, วัฒนา เทียงธรรม และ เพลินพิศ บุญมาลิก. (2562). โปรแกรมการประยุกต์ทฤษฎีแรงจูงใจในการป้องกันโรคเพื่อส่งเสริมพฤติกรรมชะลอความเสี่ยงของไตในผู้ป่วยไตเรื้อรังระยะที่ 3 ในชุมชน. วารสารพยาบาลกระทรวงสาธารณสุข, 29(2), 165-177.

ธำรง ทองสง่า. (2563). ผลของโปรแกรมการดูแลผู้ป่วยไตเรื้อรังระยะที่ 3 ในคลินิกชะลอไตเสื่อมโรงพยาบาลบางปะอิน. วารสารสมาคมเวชศาสตร์ป้องกันแห่งประเทศไทย, 10(3), 397-412.

นฤมล สบายสุข. (2561). ผลของโปรแกรมสนับสนุนการจัดการตนเองต่อพฤติกรรมสุขภาพและอัตราการครองชีพของผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มีภาวะไตเรื้อรังระยะที่ 3. (วิทยานิพนธ์ปริญญาพยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยนเรศวร).

ปรียากร วังศรี, วินัส ลิ้มพุก และ ทิพา ต่อสกุลแก้ว, 2559. ผลของโปรแกรมการส่งเสริมการรับรู้สมรรถนะแห่งตนในการควบคุมภาวะไตเสื่อมในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2. วารสารวิทยาลัยนครราชสีมา, 10(2), 98-110.

เพ็ญศรี จิตต์จันทร์, ชีรณัฐ ยินดีสุข และ อินทนิล เชื้อบุญชัย. (2562). ผลของการใช้รูปแบบการดูแลผู้ป่วยโรคเรื้อรังต่อการชะลอการเสื่อมของไต ตำบลหนองขอน จังหวัดอุบลราชธานี. วารสารพยาบาลทหารบก, 20(2), 251-261.

รัชญา หอมสุวรรณ. (2561). ผลของการใช้โปรแกรมชะลอไตเสื่อม ในผู้ป่วยเบาหวาน ศูนย์สุขภาพชุมชนเมือง โรงพยาบาลพระนารายณ์มหาราช สาขาศึกษาพยาบาลตำบลทาสาลา. โรงพยาบาลสิงห์บุรีเวชสาร, 27(1), 55-64.

ศิริวรรณ พายพัตร, น้ำอ้อย ภักดีวงศ์ และ วารินทร์ บินโฮเซ็น. (2564). ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้และการรับรู้สมรรถนะแห่งตนกับพฤติกรรม การจัดการตนเองในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง. วารสารการพยาบาลและสุขภาพ สสอท, 3(2), 22-36.

สุภาพ สุทธิสันต์ชาญชัย และ อรสา โอภาสวัฒนา. (2564). ประสิทธิภาพของโปรแกรมชะลอไตเสื่อมในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรัง ระยะที่ 3 ของคลินิกโรคไตเรื้อรัง โรงพยาบาลอุ้มถ้อง จังหวัดสุพรรณบุรี. วารสารแพทย์เขต 4-5, 40(2), 255-267.

อารีย์ เพ็ญสุวรรณ และ บุษบา บัวผัน. (2564.) ผลการจัดการตนเองเพื่อชะลอไตเสื่อม สำหรับผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ในชุมชนโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านแซงแหลม จังหวัดร้อยเอ็ด. *วารสารวิจัยและพัฒนานวัตกรรมทางสุขภาพ*, 2(2), 213-224.

Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York: W. H. Freeman.

Best, J. W. (1981). *Research in Education*, 4th ed. New Jersey: Prentice- Hall Inc.

Hogan, M. (2009). KDIGO conference proposes changes to CKD classification, but not to the definition. *Nephrology Times*, 2(12), 9-10.

KDIGO. (2013). KDIGO 2012 Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of Chronic Kidney Disease. *Kidney International Supplements*, 3(1), 1-13.

Rumeyza, K. (2013). Risk Factors for Chronic Kidney Disease: an update. *Kidney International Supplements*, 3(4), 368-371.

Shrestha, N., Gautam, S., Mishra, S.R., Virani, S.S., & Dhungana, R.R. (2021). Burden of chronic kidney disease in the general population and high-risk groups in South Asia: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*, 16(10), 1-19.

การพัฒนาระบบสนับสนุนการจัดทดสอบและการประเมินผลออนไลน์ ของมหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

DEVELOPMENT OF ONLINE TESTING AND EVALUATION SUPPORT SYSTEM OF DHONBURI RAJABHAT UNIVERSITY

เสาวณีย์ ปรัชญาเกรียงไกร, จุฑามาส ศิริอังกรวานิช และ สุปราณี ห้อมมา *

Soawanee Prachayagringsai, Juthamas Siriangkulvanich and Supranee Horma *

สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

Computer Science Program, Faculty of Science and Technology, Dhonburi Rajabhat University

Received: 16 February 2023

Revised: 24 April 2024

Accepted: 24 April 2024

บทคัดย่อ

การพัฒนาระบบสนับสนุนการจัดทดสอบและการประเมินผลออนไลน์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาความต้องการใช้งานระบบ 2) ออกแบบและพัฒนาระบบ และ 3) ประเมินคุณภาพของระบบที่พัฒนาขึ้น เครื่องมือที่ใช้ คือ 1) แบบสัมภาษณ์ข้อมูลความต้องการ 2) แบบประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ 3) แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน และ 4) แบบประเมินความเกี่ยวข้องกับระบบโดยตัวแทนสถานศึกษา วิธีการพัฒนาระบบ 5 ขั้นตอน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจัดทำระบบเป็นเว็บแอปพลิเคชันด้วย MySQL, PHP V.8.1.25, JavaScript, jQuery, Ajax, HTML5, Laravel Framework และ Bootstrap 5.0 ผลการศึกษาความต้องการจากอาจารย์และนักศึกษา 10 คน ต้องการระบบข้อสอบแบบตัวเลือกและแบบเติมคำ ป้องกันการทุจริตการสอบได้ มีการรายงานผลคะแนนสอบ มีการประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบได้ผลการออกแบบและพัฒนาระบบประกอบด้วย ระบบสร้างข้อสอบ ระบบจัดการข้อมูลทั่วไปของระบบ ระบบจัดการข้อมูลผู้ใช้ และระบบออกรายงาน ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 คน อยู่ใน

* Corresponding author: สุปราณี ห้อมมา

E-mail: supranee.h@dru.ac.th

ระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.78$, $S.D.=0.34$) ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้โดยอาจารย์ 11 คน อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.46$, $S.D.=0.62$) การทำงานของระบบสอดคล้องกับความต้องการของอาจารย์ ร้อยละ 83.3 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้โดยนักศึกษา 20 คน อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.74$, $S.D.=0.76$) การทำงานของระบบสอดคล้องกับความต้องการของนักศึกษา ร้อยละ 100.00 และผลการประเมินความเกี่ยวข้องกับระบบด้านความสามารถในการทำงานโดยตัวแทนสถานศึกษา 6 คน เห็นว่าระบบมีความเกี่ยวข้องกับการดำเนินงานของสถานศึกษา ร้อยละ 100.00 และมีความพึงพอใจในการใช้งานระบบอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.68$, $S.D.=0.57$) จึงสรุปได้ว่าระบบที่พัฒนาสามารถนำไปใช้งานได้จริงในสถานศึกษาที่มีการเรียนการสอนในระดับการศึกษาที่แตกต่างกัน

คำสำคัญ: ระบบจัดทดสอบและการประเมินผลออนไลน์, เว็บแอปพลิเคชัน, ฟิเชอพี, ลาราเวลเฟรมเวิร์ก, การประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้

Abstract

The purposes of the Development of Online Testing and Evaluation Support System of Dhonburi Rajabhat University were to 1) study the requirements for using the system, 2) design and develop the system and 3) evaluate the quality of the system. The tools used were 1) interview form for requirement information, 2) system efficiency evaluation form by expert, 3) users' satisfaction evaluation form and 4) system relevance evaluation form by educational institution representatives. There were the 5-step system development methodology. Statistics used in the analysis included percentage, mean, and standard deviation. The system was developed into a web application with MySQL, PHP V.8.1.25, JavaScript, jQuery, Ajax, HTML5, Laravel Framework and Bootstrap 5.0. The study results of needs from 11 teachers and students requested multiple-choice and fill-in exam system for preventing the examination cheating, test score reporting, learning outcomes evaluation, index of difficulty, and discrimination of the examination. Results of system design and development included: exam creation system, general information management system, user

information management system, and report system. The result of the system performance evaluation by 5 experts was at the highest level ($\bar{X}=4.78$, S.D.=0.34). The result of the users' satisfaction evaluation by 10 teachers was at a high level ($\bar{X}=4.46$, S.D.=0.62). The operation of the system corresponded to the needs of teachers at 83.3 percent. The result of the users' satisfaction evaluation by 20 students was at a high level ($\bar{X}=3.74$, S.D.=0.76). The operation of the system corresponded to the needs of students at 100.00 percent. The results of the evaluation of the system relevance to work ability by 6 educational institution representatives agreed that the system was related to the operations of the educational institution at 100.00 percent and they were satisfied with using the system at the highest level ($\bar{X}=4.68$, S.D.=0.57). Therefore, it could be concluded that the developed system could be practically used in educational institutions at different educational levels.

Keywords: Online Testing and Evaluation Support System, Web Application, Laravel Framework, Evaluation of learning outcomes, PHP

บทนำ

แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560–2570 กำหนดให้คนไทยทุกคนต้องได้รับการศึกษา และการเรียนรู้ตลอดชีวิตอย่างมีคุณภาพบัณฑิตที่จบการศึกษาจึงต้องมีความพร้อมทั้งทักษะ ทางด้านวิชาการและวิชาชีพ (สำนักนโยบายและแผนการอุดมศึกษา, 2561) การจัดการเรียน การสอนของสถาบันอุดมศึกษาจึงต้องตรวจสอบว่า ผู้เรียนมีคุณสมบัติหรือเกิดพฤติกรรมที่ พึงประสงค์ตรงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่เครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผล ทางการศึกษามีหลายชนิด เช่น แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ เป็นเครื่องมือหนึ่งที่สำคัญในการ วัดและประเมินผลทางการศึกษา (กวินธร รัฐอาจ, 2559) ความท้าทายของเทคโนโลยีในสังคม ยุคดิจิทัลส่งผลให้วิธีการเรียนรู้ของผู้เรียนเปลี่ยนไปผู้สอนจึงต้องมีการออกแบบการเรียนรู้ ให้ผู้เรียนได้มีทักษะที่เกี่ยวข้อง และใช้เทคโนโลยีเพื่อการวัดและประเมินผลการจัดการเรียนรู้ อย่างมีประสิทธิภาพ (วิจารณ์ พานิช, 2558) จากการศึกษาเครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลของผู้เรียน โดยเฉพาะระบบการจัดทดสอบออนไลน์มีการจัดการเรียนการสอนครอบคลุมกระบวนการ

เรียนรู้ของผู้เรียนในรูปแบบ Learning Management System เช่น Moodle แต่ระบบที่มีอยู่ มีการวิเคราะห์ผู้เรียนเพื่อสร้างข้อสอบที่มีมาตรฐานได้แก่ ค่าระดับความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก แต่ยังไม่พบระบบการจัดทดสอบออนไลน์ที่ครอบคลุมถึงการประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้เรียนที่กำหนดไว้ของหลักสูตร

เว็บแอปพลิเคชันเป็นซอฟต์แวร์ที่ทำงานผ่านเว็บเบราว์เซอร์ ผู้ใช้ไม่ต้องติดตั้งหรือกำหนดค่าของซอฟต์แวร์ ทำได้ง่าย และมีค่าใช้จ่ายไม่สูง (AWS, n.d.) ภาษาคอมพิวเตอร์ที่นิยมในการสร้างเว็บแอปพลิเคชัน ได้แก่ PHP, JavaScript, CSS, HTML และ Laravel เป็นต้น (วรธรนัย ตั้งศรีโรจน์กุล, 2564) ดังนั้น จากความสำคัญของการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีดิจิทัลที่ต้องพัฒนาไปพร้อมกับการจัดการศึกษา และเทคโนโลยีเว็บแอปพลิเคชันที่มีความสะดวกในการทำงาน ผู้วิจัยจึงจะจัดทำระบบสนับสนุนการจัดทดสอบและการประเมินผลออนไลน์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรีในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันมีวัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อ 1) ศึกษาความต้องการใช้งานระบบ 2) ออกแบบและพัฒนาระบบ และ 3) ประเมินคุณภาพของระบบสนับสนุนการจัดทดสอบและการประเมินผลออนไลน์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยพัฒนาระบบสนับสนุนการจัดทดสอบและการประเมินผลออนไลน์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี มีวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. การศึกษาความต้องการใช้งานระบบมีดังนี้

1.1 ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์อาจารย์ และนักศึกษาของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 10 คน แบ่งเป็น อาจารย์ 5 คน และนักศึกษา 5 คนโดยวิธีการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง ด้วยแบบสัมภาษณ์ข้อมูลความต้องการใช้ระบบสนับสนุนการจัดทดสอบและประเมินผลออนไลน์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล ผลการสัมภาษณ์พบว่า อาจารย์และนักศึกษาต้องการระบบข้อสอบแบบตัวเลือกและแบบเติมคำ ป้องกันการทุจริตการสอบได้ จัดทดสอบให้กับนักศึกษาและบุคคลทั่วไปได้ จัดสอบได้ทุกที่ทุกเวลา จัดสอบให้กับผู้สอบแต่ละกลุ่มได้ด้วยข้อสอบชุดเดียวกัน กำหนดจำนวนครั้งที่สอบได้วิชาหนึ่งสามารถมีข้อสอบได้หลายชุด กำหนดสิทธิ์ให้ผู้อื่นช่วยออกข้อสอบได้มีการรายงานผลคะแนนสอบ มีการประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบได้

1.2 การศึกษารูปแบบของระบบทดสอบออนไลน์ที่มีอยู่ พบว่า ระบบที่มีอยู่ยังไม่สามารถกำหนดมาตรฐานการเรียนรู้ และประเมินผลการสอบตามมาตรฐานการเรียนรู้หรือผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้เรียนได้ ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบวิธีการของระบบทดสอบออนไลน์ที่มีอยู่

วิธีการของแบบทดสอบ	ระบบทดสอบออนไลน์			
	Google Form	Quizizz	Moodle	ระบบของเรา
คำถามแบบปรนัย	/	/	/	/
คำถามแบบอัตนัย	/	/	/	/
คำถามและคำตอบมีหลายรูปแบบทั้งตัวอักษร รูปภาพ และวิดีโอ	/	/	/	/
การกำหนดเวลาสอบ	/	/	/	/
การสรุปผลคะแนนการสอบหลังสอบทันที	/	/	/	/
การรายงานผลการสอบแบบกราฟ	/	/	/	/
การแสดงค่าระดับความยากง่ายของข้อสอบ			/	/
การแสดงค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ			/	/
การกำหนดมาตรฐานการเรียนรู้ของผู้เรียน				/
การประเมินผลตามกรอบมาตรฐานการเรียนรู้ของผู้เรียน				/

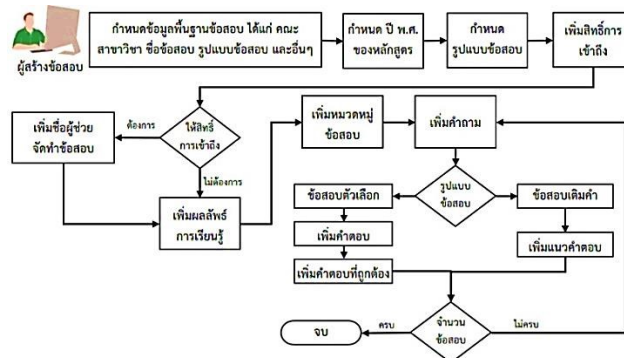
2. การออกแบบและพัฒนาระบบสนับสนุนการจัดทดสอบและการประเมินผลออนไลน์ มีขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาระบบ แบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 การศึกษาและรวบรวมข้อมูลพบว่า ระบบสนับสนุนการจัดทดสอบและการประเมินผลออนไลน์ ควรมีการทำงานแบ่งเป็น ระบบจัดการข้อมูลทั่วไป ประกอบด้วย ข้อมูลคณะ สาขาวิชา รายวิชา หมวดหมู่ข้อสอบ ผลลัพธ์การเรียนรู้หลัก และผลลัพธ์การเรียนรู้ย่อย ระบบสร้างข้อสอบ ประกอบด้วย คำถาม (แบบตัวเลือก/แบบเติมคำ) คำตอบ (แบบตัวเลือก/แบบเติมคำ) ผลลัพธ์การเรียนรู้ของข้อสอบ ผลลัพธ์การเรียนรู้ของข้อคำถาม เพิ่มสิทธิให้ผู้อื่นช่วยสร้างข้อสอบ และแผนการสอบ ระบบสมาชิก ประกอบด้วย ข้อมูลรูปแบบสมาชิก และสมาชิก และการออกรายงานผล ประกอบด้วย คะแนนผลการสอบ มาตรฐานของข้อสอบ (ค่าความยากง่าย และ ค่าอำนาจจำแนก) และรายงานผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้สอบ

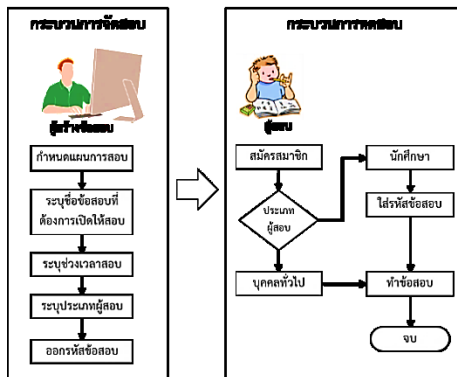
2.2 การวิเคราะห์และออกแบบระบบสนับสนุนการจัดทดสอบและการประเมินผลออนไลน์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี มีดังนี้

2.2.1 การวิเคราะห์ระบบ ด้วยการสร้างแบบจำลองการทำงานเชิงตรรกะ (Logic Model) เช่น แผนภาพแสดงการทำงานของผู้ใช้ระบบ (Use Case Diagram) แผนผัง

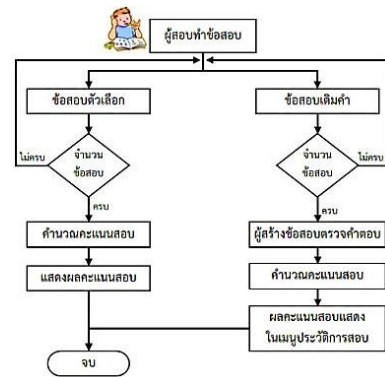
หลังจากนั้นผู้วิจัยจึงทำการออกแบบกระบวนการสร้างข้อสอบของระบบสนับสนุนการจัด
ทดสอบและการประเมินผลออนไลน์ด้วยแผนผังการทำงานของโปรแกรม (รูปที่ 2)



Vol.12 Issue.1 (January – April 2024) | ปีที่ 12 ฉบับที่ 1 (มกราคม – เมษายน 2567)

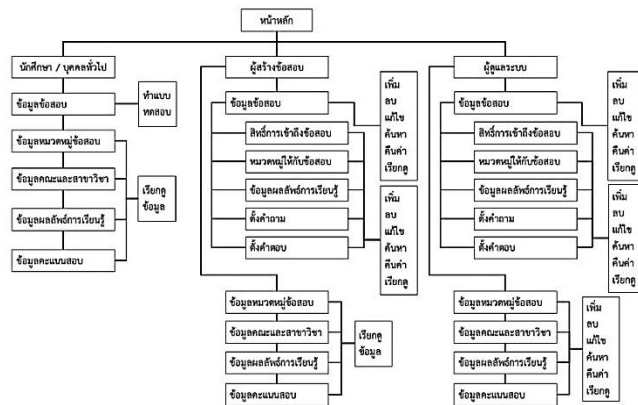


รูปที่ 3 กระบวนการจัดสอบและการสอบ



รูปที่ 4 กระบวนการตรวจคำตอบ

เมื่อผู้สร้างข้อสอบทำการสร้างข้อสอบและกำหนดคำตอบแล้ว จำเป็นต้องกำหนดแผนการสอบก่อนจึงจะสามารถเปิดข้อสอบให้ผู้สอบเข้าทำการสอบได้ ผลการออกแบบกระบวนการจัดสอบและการสอบของผู้วิจัยด้วยแผนผังการทำงานของโปรแกรม (รูปที่ 3) หลังจากนั้น ผู้สอบจะทำข้อสอบได้ ต้องสมัครเป็นสมาชิกของระบบก่อนโดยหากสมัครด้วย Email ของมหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี คือ @dru.ac.th ระบบจะกำหนดประเภทผู้สอบ คือ “นักศึกษา” แต่หากสมัครสมาชิกด้วย Email ทั่วไป ระบบจะกำหนดประเภทผู้สอบ คือ “บุคคลทั่วไป” เนื่องจาก “บุคคลทั่วไป” จะทำข้อสอบได้เฉพาะที่เปิดให้กับบุคคลทั่วไปเท่านั้น เช่นเดียวกับ “นักศึกษา” ที่ทำข้อสอบได้เฉพาะของนักศึกษาและต้องใส่ “รหัสข้อสอบ” ก่อนทำข้อสอบเนื่องจากข้อสอบของนักศึกษาอาจนำไปจัดสอบให้กับบุคคลทั่วไปไม่ได้ แต่เมื่อเวลาผ่านไปข้อสอบเก่าอาจนำมาจัดสอบให้กับบุคคลทั่วไปเพื่อวัดความรู้ได้และผู้วิจัยมีการออกแบบกระบวนการตรวจคำตอบของระบบสนับสนุนการจัดทดสอบและการประเมินผลออนไลน์แสดงด้วยแผนผังการทำงานของโปรแกรม (รูปที่ 4) หลังจากนั้น จึงทำการออกแบบโครงสร้างการทำงานของฐานข้อมูลด้วยแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล (ER Diagram) ในรูปแบบ Crow's Foot Model ของระบบสนับสนุนการจัดทดสอบและการประเมินผลออนไลน์ ประกอบด้วย 24 เอนทิตี โดยแต่ละเอนทิตีมีความสัมพันธ์ต่อกัน จำนวน 33 ความสัมพันธ์ ที่สามารถแสดงความเชื่อมโยงข้อมูลกันระหว่างเอนทิตี (รูปที่ 5)



รูปที่ 6 โครงสร้างของระบบสนับสนุนการจัดทดสอบและการประเมินผลออนไลน์

ทดสอบการทำงานของระบบที่พัฒนาขึ้นโดยนักวิจัยเพื่อทดสอบกระบวนการทำงานของฟังก์ชันหลัก 18 ฟังก์ชัน ได้แก่ จัดการข้อมูลผู้สร้างข้อสอบและผู้ดูแลระบบ จัดการข้อมูลผู้สอบ การสมัครเข้าใช้งานระบบของผู้สอบ จัดการข้อมูลคณะ จัดการข้อมูลสาขาวิชา จัดการข้อมูลรายวิชา จัดการข้อมูลหมวดหมู่ข้อสอบ จัดการข้อมูลผลลัพธ์การเรียนรู้ จัดการข้อมูลข้อสอบ ตั้งคำถาม ตั้งคำตอบแบบตัวเลือก ทำเฉลยข้อสอบตัวเลือก ทำเฉลยข้อสอบเติมคำหรือกำหนดแนวคำตอบ ทำข้อสอบตัวเลือก ทำข้อสอบเติมคำ ตั้งค่าผลลัพธ์การเรียนรู้ให้กับข้อสอบ ตั้งค่าผลลัพธ์การเรียนรู้ให้กับคำถาม และกำหนดแผนการสอบ ด้วยข้อมูลทดสอบพบว่า ระบบที่พัฒนาทำงานได้ถูกต้องทุกฟังก์ชันตามที่กำหนดไว้ในวัตถุประสงค์ของการวิจัยทำการอัปโหลดระบบที่พัฒนาไว้ที่ <https://dru-exam.dru.ac.th/online-exam>.

2.4 ทำการประเมินประสิทธิภาพของระบบสนับสนุนการจัดทดสอบและประเมินผลออนไลน์โดยผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ระบบสารสนเทศและการวัดและประเมินผลการจัดการเรียนการสอน จำนวน 5 ท่าน ด้วยแบบประเมินประสิทธิภาพของระบบสนับสนุนการจัดทดสอบและประเมินผลออนไลน์แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ คือ 5 มีประสิทธิภาพมากที่สุด 4 มีประสิทธิภาพมาก 3 มีประสิทธิภาพปานกลาง 2 มีประสิทธิภาพน้อย และ 1 มีประสิทธิภาพน้อยที่สุด โดยแบ่งคำถามออกเป็น 4 ด้าน คือ ด้านความสามารถในการทำงานตามระบบของผู้ใช้งานด้านการใช้งานของระบบด้านผลลัพธ์ที่ได้จากระบบและ ด้านความปลอดภัยของระบบหาคุณภาพของเครื่องมือด้วยค่า IOC ทั้งหมด 80 ข้อ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน มีค่าอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 ทุกข้อ สรุป

ได้ว่าสามารถนำแบบประเมินไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำการวิเคราะห์ผลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) แปลผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญตามเกณฑ์มาตราส่วนประมาณค่าของ Likert Scales 5 ระดับ (เสาวนีย์ ปรัชญาเกรียงไกร และ ฐิตแก้ว ศรีสวด, 2562) โดยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51-5.00 มีประสิทธิภาพมากที่สุด 3.51-4.50 มีประสิทธิภาพมาก 2.51-3.50 มีประสิทธิภาพปานกลาง 1.51-2.50 มีประสิทธิภาพน้อย และ 1.00-1.50 มีประสิทธิภาพน้อยที่สุด

3. ประเมินคุณภาพของระบบสนับสนุนการจัดทดสอบและการประเมินผลออนไลน์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี ที่พัฒนาขึ้นดังนี้

3.1 ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบโดยอาจารย์ 11 คน โดยวิธีเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง ด้วยแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบสนับสนุนการจัดทดสอบและประเมินผลออนไลน์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี ของอาจารย์ แบ่งเป็น 2 ตอน คือ 1) ความพึงพอใจจากการทดลองใช้งานระบบ 3 ด้าน แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ คือ 5 มีความพึงพอใจมากที่สุด 4 มีความพึงพอใจมาก 3 มีความพึงพอใจปานกลาง 2 มีความพึงพอใจน้อย และ 1 มีความพึงพอใจน้อยที่สุดวิเคราะห์ผลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) แปลผลการประเมินของผู้ใช้ระบบโดยอาจารย์ตามเกณฑ์มาตราส่วนประมาณค่าของ Likert Scales 5 ระดับ (เสาวนีย์ ปรัชญาเกรียงไกร และ ฐิตแก้ว ศรีสวด, 2562) โดยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51-5.00 พึงพอใจมากที่สุด 3.51-4.50 พึงพอใจมาก 2.51-3.50 พึงพอใจปานกลาง 1.51-2.50 พึงพอใจน้อย และ 1.00-1.50 พึงพอใจน้อยที่สุด และ 2) การประเมินความสอดคล้องกันของระบบกับความต้องการของผู้ใช้ ด้วยค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) 3 ระดับ ได้แก่ +1 คือ สอดคล้องกับความต้องการใช้งาน 0 คือ เฉยๆ และ -1 คือ ไม่สอดคล้องกับความต้องการใช้งาน โดยค่าดัชนีความสอดคล้องต้องมีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป (Rovinelli & Hambleton, 1977) ทำการวิเคราะห์ภาพรวมของค่าความสอดคล้องที่ได้ด้วยสถิติค่าร้อยละ หาคุณภาพของเครื่องมือด้วยค่า IOC ทั้งหมด 74 ข้อ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน มีค่าอยู่ระหว่าง 0.60-1.00 ทุกข้อ สรุปได้ว่าสามารถนำแบบประเมินไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.2 ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบโดยนักศึกษา จำนวน 20 คน โดยวิธีเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง ด้วยแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบสนับสนุนการจัดทดสอบและประเมินผลออนไลน์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี ของนักศึกษาแบ่งเป็น

2 ตอน คือ 1) ความพึงพอใจจากการทดลองใช้งานระบบ 3 ด้าน แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ คือ 5 มีความพึงพอใจมากที่สุด 4 มีความพึงพอใจมาก 3 มีความพึงพอใจปานกลาง 2 มีความพึงพอใจน้อย และ 1 มีความพึงพอใจน้อยที่สุดวิเคราะห์ผลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) แปลผลการประเมินของผู้ใช้โดยนักศึกษาตามเกณฑ์มาตราส่วนประมาณค่าของ Likert Scales 5 ระดับ (เสาวนีย์ ปรัชญาเกรียงไกร และ ฐิต์แก้ว ศรีสด, 2562) โดยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51-5.00 พึงพอใจมากที่สุด 3.51-4.50 พึงพอใจมาก 2.51-3.50 พึงพอใจปานกลาง 1.51-2.50 พึงพอใจน้อย และ 1.00-1.50 พึงพอใจน้อยที่สุด และ 2) การประเมินความสอดคล้องกันของระบบกับความต้องการของผู้ใช้ โดยค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) 3 ระดับ ได้แก่ +1 คือ สอดคล้องกับความต้องการใช้งาน 0 คือ เฉยๆ และ -1 คือ ไม่สอดคล้องกับความต้องการใช้งาน โดยค่าดัชนีความสอดคล้องต้องมีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป (Rovinelli & Hambleton, 1977) ทำการวิเคราะห์ภาพรวมของค่าความสอดคล้องที่ได้ด้วยสถิติค่าร้อยละ หากคุณภาพของเครื่องมือด้วยค่า IOC ทั้งหมด 46 ข้อ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน มีค่าอยู่ระหว่าง 0.60-1.00 ทุกข้อ สรุปได้ว่าสามารถนำแบบประเมินไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

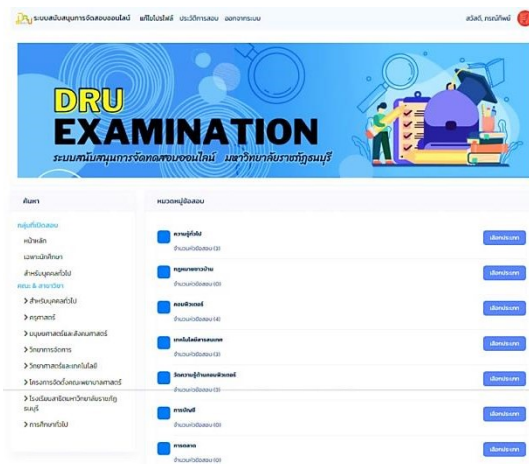
3.3 การประเมินความเกี่ยวข้องกันกับระบบจากตัวแทนสถานศึกษาโดยผู้บริหารและอาจารย์ของโรงเรียนในจังหวัดกรุงเทพมหานคร 2 แห่ง ทั้งระดับประถมศึกษา และมัธยมศึกษา 6 คน โดยวิธีเลือกตัวอย่างแบบเจาะจงด้วยแบบประเมินความเกี่ยวข้องกันกับระบบ จัดทดสอบและประเมินผลออนไลน์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี โดยตัวแทนสถานศึกษาแบ่งเป็น 2 ด้าน คือ 1) ด้านความสามารถในการทำงานของระบบที่สอดคล้องกับการดำเนินการของสถานศึกษาด้วยค่า IOC มีคะแนนให้เลือกตอบ 3 ระดับ คือ +1 ระบบทำงานสอดคล้องกับการทำงานของสถานศึกษา 0 ไม่แน่ใจ และ -1 ระบบทำงานไม่สอดคล้องกับการทำงานของสถานศึกษาด้วยค่า IOC ต้องมีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป (ลัดดาวัลย์ เพชรวิโรจน์ และ อัจฉรา ชำนิประศาสน์, 2547) และ 2) ด้านความพึงพอใจในการใช้งานระบบ มีเกณฑ์วัดระดับความพึงพอใจจากการทดลองใช้งานระบบของตัวแทนสถานศึกษา 5 ระดับ ได้แก่ 5 พึงพอใจมากที่สุด 4 พึงพอใจมาก 3 พึงพอใจปานกลาง 2 พึงพอใจน้อย และ 1 พึงพอใจน้อยที่สุดวิเคราะห์ผลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) แปลผลการประเมินตามเกณฑ์มาตราส่วนประมาณค่าของ Likert Scales 5 ระดับ (เสาวนีย์ ปรัชญาเกรียงไกร และ ฐิต์แก้ว ศรีสด, 2562) โดยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51-5.00 พึงพอใจมากที่สุด 3.51-4.50

พึงพอใจมาก 2.51-3.50 พึงพอใจปานกลาง 1.51-2.50 พึงพอใจน้อย และ 1.00-1.50 พึงพอใจน้อยที่สุดหาคุณภาพของเครื่องมือด้วยค่า IOC ทั้งหมด 30 ข้อ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน มีค่าอยู่ระหว่าง 0.60-1.00 ทุกข้อ สรุปได้ว่าสามารถนำแบบประเมินไปใช้ ประเมินความเกี่ยวข้องกับระบบจากตัวแทนสถานศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการวิจัย การพัฒนาระบบสนับสนุนการจัดทดสอบและการประเมินผลออนไลน์ โดยการศึกษากระบวนการทำงานของมหาวิทยาลัยราชภัฏ มีดังนี้

1.1 ผลการพัฒนาระบบสนับสนุนการจัดทดสอบและการประเมินผลออนไลน์ รูปที่ 7-9 และ ผลการออกแบบรายงานผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้สอบจากการทำแบบทดสอบ รูปที่ 10 และผลการออกแบบหน้าจอหลักหรือหน้าแดชบอร์ด (Dashboard) ของระบบ รูปที่ 11



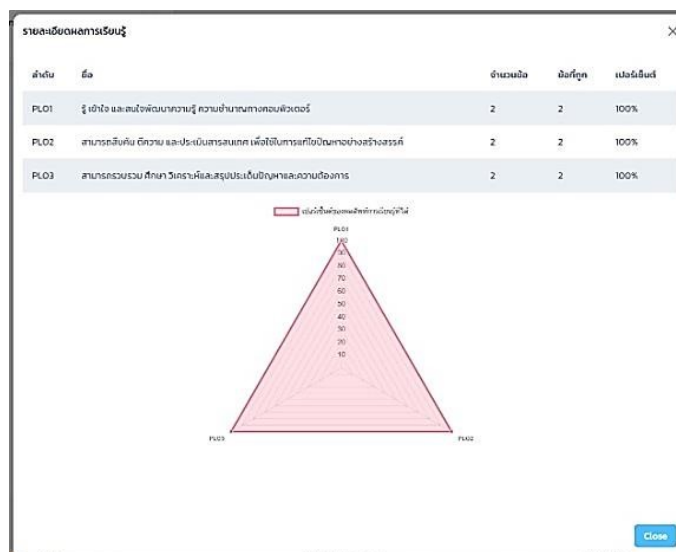
รูปที่ 7 ผลการออกแบบหน้าจอหลักของระบบ



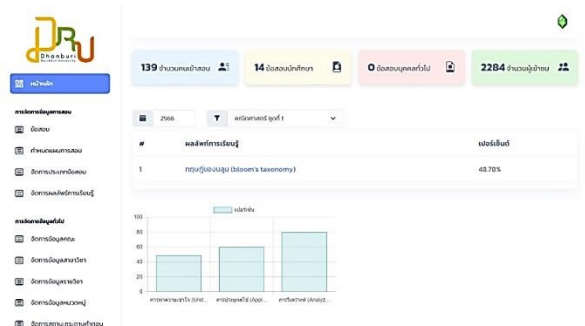
รูปที่ 8 ผลการออกแบบหน้าจอการจัดการข้อสอบ

[illegible]

รูปที่ 9 ผลการออกแบบหน้าจอตีค่าผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้สร้างข้อสอบ



รูปที่ 10 รายงานผลการสอบของข้อสอบที่มีผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้สอบ



รูปที่ 11 ผลการออกแบบหน้าจอหลัก หรือหน้าแดชบอร์ด (Dashboard)

1.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ด้วยแบบประเมินประสิทธิภาพ พบว่า อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.78$, $S.D.=0.34$) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลสรุปการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมินประสิทธิภาพ	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
ด้านความสามารถในการทำงานตามระบบของผู้ใช้งาน	4.85	0.28	มากที่สุด
ด้านการใช้งานของระบบ	4.73	0.37	มากที่สุด
ด้านผลลัพธ์ที่ได้จากระบบ	4.80	0.35	มากที่สุด
ด้านความปลอดภัยของระบบ	4.73	0.35	มากที่สุด
เฉลี่ยรวมทุกด้าน	4.78	0.34	มากที่สุด

1.3 ผลการประเมินคุณภาพของระบบสนับสนุนการจัดทดสอบและการประเมินผลออนไลน์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ที่พัฒนาขึ้นดังนี้

1.3.1 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบโดยอาจารย์ 11 คน พบว่า มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.46$, $S.D.=0.62$) และมีค่าความสอดคล้องระหว่าง $+0.64 - +1.00$ จำนวน 12 รายการ และ $+0.09 - +0.18$ จำนวน 2 รายการ สรุปได้ว่าการทำงานของระบบสอดคล้องกับความต้องการอาจารย์ ร้อยละ 83.3 ตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3 ผลสรุปการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบโดยอาจารย์

รายการประเมินความพึงพอใจ	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
ด้านความสามารถในการทำงานตามระบบ	4.40	0.64	มาก
ด้านการออกแบบการทำงานของระบบ	4.53	0.57	มากที่สุด
ด้านความพึงพอใจในการใช้งานระบบ	4.44	0.64	มาก
เฉลี่ยรวมทุกด้าน	4.46	0.62	มาก

ตารางที่ 4 ผลการประเมินความสอดคล้องกันของระบบกับความต้องการของอาจารย์

รายการประเมินความสอดคล้อง	IOC	แปลผล
การจัดการข้อมูลพื้นฐาน (ข้อมูลรายวิชา สาขาวิชา คณะ และหมวดหมู่ข้อสอบ)	+0.91	สอดคล้อง
วิธีการจัดการข้อมูลผลลัพธ์การเรียนรู้	+0.82	สอดคล้อง
การลงทะเบียนสมาชิก และการเข้าใช้งานระบบ	+0.91	สอดคล้อง
วิธีการจัดทำข้อสอบแบบตัวเลือก (ปรนัย)	+0.91	สอดคล้อง
วิธีการจัดทำข้อสอบแบบเติมคำ (อัตนัย)	+0.73	สอดคล้อง
วิธีการตรวจข้อสอบแบบตัวเลือก (ปรนัย)	+1.00	สอดคล้อง
วิธีการตรวจข้อสอบแบบเติมคำ (อัตนัย)	+0.64	สอดคล้อง
กระบวนการตรวจสอบรายชื่อและคะแนนของผู้เข้าสอบ	+0.82	สอดคล้อง
วิธีการจัดทดสอบของระบบให้กับนักศึกษา	+0.82	สอดคล้อง
วิธีการจัดทดสอบของระบบให้กับบุคคลทั่วไป	+0.73	สอดคล้อง
วิธีการเพิ่มสิทธิ์ให้มีผู้ช่วยจัดทำข้อสอบ	+0.64	สอดคล้อง
รายงานผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้สอบ	+0.91	สอดคล้อง
รายงานผลการหาค่าความยากง่ายของข้อสอบ	+0.09	ไม่สอดคล้อง
รายงานผลการหาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ	+0.18	ไม่สอดคล้อง

1.3.2 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบโดยนักศึกษา 20 คน พบว่า มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=3.74$, S.D.=0.76) และมีค่าความสอดคล้องระหว่าง +0.70 – +1.00 สรุปได้ว่าการทำงานของระบบสอดคล้องกับความต้องการนักศึกษา ร้อยละ 100.00 ตารางที่ 5-6

ตารางที่ 5 ผลสรุปการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบโดยนักศึกษา

รายการประเมินความพึงพอใจ	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
ด้านความสามารถในการทำงานตามระบบ	3.74	0.76	มาก
ด้านการออกแบบการทำงานของระบบ	3.71	0.80	มาก
ด้านความพึงพอใจในการใช้งานระบบ	3.76	0.72	มาก
เฉลี่ยรวมทุกด้าน	3.74	0.76	มาก

ตารางที่ 6 ผลการประเมินความสอดคล้องกันของระบบกับความต้องการของนักศึกษา

รายการประเมินความสอดคล้อง	IOC	แปลผล
วิธีการลงทะเบียน และการเข้าใช้งานระบบ	+1.00	สอดคล้อง
กระบวนการเลือกข้อสอบเพื่อทำการทดสอบ	+1.00	สอดคล้อง
กระบวนการทดสอบข้อสอบแบบตัวเลือก (ปรนัย)	+0.85	สอดคล้อง
กระบวนการทดสอบข้อสอบแบบเติมคำ (อัตนัย)	+1.00	สอดคล้อง
วิธีการตรวจสอบคะแนนข้อสอบแบบตัวเลือก (ปรนัย)	+1.00	สอดคล้อง
วิธีการตรวจสอบคะแนนข้อสอบแบบเติมคำ (อัตนัย)	+0.70	สอดคล้อง
กระบวนการตรวจสอบประวัติการทดสอบย้อนหลัง	+1.00	สอดคล้อง
รายงานผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้สอบ	+1.00	สอดคล้อง

1.3.3 ผลการประเมินความเกี่ยวข้องกับระบบจากตัวแทนสถานศึกษา 6 คน ด้วยแบบประเมินความเกี่ยวข้องกับระบบโดยตัวแทนสถานศึกษา พบว่า มีค่าความสอดคล้องเท่ากับ +1.00 ทุกรายการสรุปได้ว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีความสามารถในการทำงานเกี่ยวกับการดำเนินงานของสถานศึกษาร้อยละ 100.00 และตัวแทนสถานศึกษามีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.68$, $S.D.=0.57$) โดยมีตารางที่ 7-8

ตารางที่ 7 ผลการประเมินความเกี่ยวข้องกับระบบด้านความสามารถในการทำงาน

รายการประเมินความเกี่ยวข้องกับระบบ	ตัวแทนสถานศึกษา						IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5	6		
จัดการข้อมูลผู้ใช้งาน	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	สอดคล้อง
จัดการข้อมูลพื้นฐานของสถานศึกษา	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	สอดคล้อง
จัดการข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับระบบ	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	สอดคล้อง
จัดการข้อมูลมาตฐานผลการเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	สอดคล้อง
จัดการข้อมูลรายวิชา	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	สอดคล้อง
จัดการข้อมูลข้อคำถาม	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	สอดคล้อง
จัดการข้อมูลคำตอบของข้อสอบตัวเลือก	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	สอดคล้อง
จัดการข้อมูลคำตอบของข้อสอบเติมคำ	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	สอดคล้อง
เพิ่มข้อมูลคำถาม-คำตอบได้ทั้งตัวอักษร รูปภาพ และวิดีโอ	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	สอดคล้อง
จัดการข้อมูลผู้สอบ	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	สอดคล้อง
กำหนดแผนการสอบ	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	สอดคล้อง
หาตำแหน่งว่างของข้อสอบ	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	สอดคล้อง
หาความยากง่ายของข้อสอบ	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	สอดคล้อง
การประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบ	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	สอดคล้อง
ทำแบบทดสอบออนไลน์ในมุมมองของผู้สอบ	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	สอดคล้อง
ตรวจสอบผลคะแนนของแต่ละวิชาที่สอบในมุมมองของผู้สอบ	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	สอดคล้อง
ตรวจสอบผลการจัดกลุ่มผู้เรียนด้วยค่าอำนาจจำแนกจากข้อสอบ	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	สอดคล้อง
ตรวจสอบผลการจัดกลุ่มผู้เรียนด้วยค่าความยากง่ายของข้อสอบ	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	สอดคล้อง
ตรวจสอบผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้สอบในภาพรวมของแบบทดสอบ	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	สอดคล้อง
กราฟรายงานภาพรวมผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้ทำแบบทดสอบ	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	สอดคล้อง

ตารางที่ 8 ผลการประเมินความเกี่ยวข้องกับระบบด้านความพึงพอใจ

รายการประเมินด้านความพึงพอใจ	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
ความน่าเชื่อถือของระบบ	4.50	0.84	มากที่สุด
ความง่ายในการใช้งานระบบ	4.83	0.41	มากที่สุด
ความน่าสนใจของระบบ	4.83	0.41	มากที่สุด
ความเหมาะสมของส่วนปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกับผู้ใช้	4.83	0.41	มากที่สุด
ความยืดหยุ่นในการทำงานกับระบบ	4.67	0.52	มากที่สุด
ความถูกต้องของการเชื่อมโยงข้อมูล	4.50	0.84	มากที่สุด
ความเป็นมาตรฐานเดียวกันในการออกแบบระบบ	4.50	0.84	มากที่สุด
ความเหมาะสมของกระบวนการทำงานโดยรวมของระบบ	4.83	0.41	มากที่สุด
ความเหมาะสมของผลลัพธ์ที่ได้จากระบบ	4.67	0.52	มากที่สุด
ความครบถ้วนสมบูรณ์ของการทำงาน	4.67	0.52	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม	4.68	0.57	มากที่สุด

2. อภิปรายผล การพัฒนาระบบสนับสนุนการจัดทดสอบและการประเมินผลออนไลน์ โดยการศึกษากระบวนการทำงานของมหาวิทยาลัยราชภัฏ มีดังนี้

2.1 ค่าระดับความพึงพอใจของอาจารย์และนักศึกษา อยู่ในระดับมากเหมือนกัน แต่เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ย พบว่า ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของนักศึกษา ($\bar{X}=3.74$, S.D.=0.76) น้อยกว่าอาจารย์ ($\bar{X}=4.46$, S.D.=0.62) อาจเพราะระบบมีการออกแบบหน้าจอการทำงาน ที่มีการดึงดูดความสนใจของนักศึกษาได้น้อย

2.2 ผลการประเมินความสอดคล้องกับความต้องการของอาจารย์ก่อนและหลัง จัดทำระบบ พบว่า มีความแตกต่างกันเกี่ยวกับการวิเคราะห์มาตรฐานของข้อสอบด้วยค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ โดยอาจารย์เห็นว่าข้อสอบที่นำไปใช้ในระบบ ควรเป็นข้อสอบที่มีมาตรฐานแล้ว หรือผ่านการวิเคราะห์ด้วยค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบก่อนนำไปใช้งานในระบบ แตกต่างกับผลการวิเคราะห์ความเกี่ยวข้องกับระบบจากตัวแทนสถานศึกษา พบว่า การหาค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ จะช่วยให้ผู้สร้างข้อสอบวิเคราะห์ข้อสอบที่มีมาตรฐานได้ และข้อสอบอาจเหมาะสมกับนักเรียนกลุ่มหนึ่ง แต่อาจไม่เหมาะสมกับอีกกลุ่มหนึ่ง ดังนั้น การออกรายงานดังกล่าวจะช่วยคุณครู ให้สามารถสร้างข้อสอบที่มีมาตรฐานได้ดีและนำไปใช้ประโยชน์ได้

2.3 ผลการพัฒนาระบบสนับสนุนการจัดทดสอบและการประเมินผลออนไลน์ด้วย Laravel Framework และ ภาษาโปรแกรม PHP ผู้ใช้งานเห็นว่าระบบที่พัฒนามีความปลอดภัย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Angeline Ranjithamani, et al. (2023) ที่พัฒนาระบบจัด

ทดสอบออนไลน์โดยใช้ Laravel Framework ทำให้ได้ระบบที่มีความปลอดภัย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Amini, et al. (2021) และ ชรินทร์ญา หวังวัชรกุล และคณะ (2566) ที่พัฒนาเว็บไซต์โดยใช้ โปรแกรมภาษา PHP ทำให้สามารถพัฒนาระบบงานที่มีประสิทธิภาพได้ รวมถึงระบบสามารถสร้างข้อสอบแบบปรนัยที่มีตัวเลือกไม่จำกัดจำนวน สามารถสุ่มข้อคำถามและตัวเลือกได้เพื่อให้ผู้สอบแต่ละคนได้ข้อสอบที่ไม่เหมือนกัน แต่ผู้สอบจะสามารถเลือกคำตอบได้เพียงตัวเลือกเดียวเท่านั้นภายในเวลาที่กำหนด ซึ่งจะทำให้ผู้สอบได้รับประโยชน์จากระบบ เพราะจะช่วยให้ทำแบบทดสอบได้สะดวกและง่าย ได้รับผลคะแนนที่แม่นยำและปลอดภัย ทันทีหลังการทดสอบกับระบบ สอดคล้องกับงานของ Shukla & Binawade (2022) ซึ่งจัดทำผลงานวิจัยเรื่อง Online Examination System ซึ่งเป็นระบบที่ช่วยให้ผู้สอบสามารถทำข้อสอบออนไลน์ ได้อย่างรวดเร็ว ไม่เสียเวลาในการตรวจข้อสอบ ทำให้สามารถประเมินผลการสอบของนักเรียนได้อย่างสมบูรณ์ รวดเร็ว และประหยัดเวลา นอกจากนี้ ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบสนับสนุนการจัดทดสอบและการประเมินผลออนไลน์โดยรวมในระดับมากและมากที่สุด สอดคล้องกับงานของ พระครูใบฎีกาศรีธัญชัย ธนณขยเมธิ (สุภรัตน์วงศ์) (2561) ที่ทำระบบทดสอบออนไลน์รองรับการจัดทดสอบทำให้ผู้ใช้มีความพึงพอใจอยู่ในระดับดีทุกด้าน รวมถึงระบบที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้นมีการประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้จากข้อสอบ สอดคล้องกับความคิดเห็นในงานวิจัยของ Khan, et al. (2021) ที่เห็นว่าการสอบออนไลน์มีความเกี่ยวข้องกับการประเมินผลการเรียนรู้ทุกช่วงการศึกษาสามารถจัดสอบได้ทุกที่ ทุกเวลา และมีความยืดหยุ่นทำให้จัดสอบได้หลายครั้งจึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้ประเมินผลการเรียนรู้ตลอดช่วงระยะเวลาการศึกษา

3. ข้อเสนอแนะในการวิจัย การวิจัยครั้งต่อไปควรมีการออกแบบระบบให้สามารถสร้างข้อสอบได้หลากหลาย ควรมีระบบตรวจคำตอบอัตโนมัติของข้อสอบแบบเติมคำ และควรมีการออกแบบระบบให้มีสีสันเพิ่มขึ้น

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาระบบสนับสนุนการจัดทดสอบและการประเมินผลออนไลน์ ของมหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาความต้องการใช้งานระบบ 2) ออกแบบและพัฒนาระบบ และ 3) ประเมินคุณภาพของระบบที่พัฒนาขึ้นมีเครื่องมือวิจัย คือ แบบสัมภาษณ์ และแบบประเมินที่เกี่ยวข้อง วิเคราะห์ผลด้วยค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมี

วิธีการพัฒนาระบบ 5 ขั้นตอน ระบบได้รับการพัฒนาเป็นเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ เช่น MySQL, PHP, JavaScript, jQuery, Ajax, HTML5, Laravel Framework และ Bootstrap 5.0 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการใช้เครื่องมือการเขียนโปรแกรมที่ทันสมัยสำหรับการพัฒนาเว็บ โดยระบบมีการทำงาน ประกอบด้วย ระบบสร้างข้อสอบ ระบบจัดการข้อมูลทั่วไป ระบบจัดการข้อมูลผู้ใช้ และระบบออกรายงาน โดยระบบช่วยให้จัดทดสอบได้อย่างสะดวกและง่ายดาย ได้รับผลคะแนนที่ถูกต้อง แม่นยำ และปลอดภัยทันทีหลังการทดสอบ รวมถึงระบบมีการจัดทำรายงานผลลัพธ์การเรียนรู้ให้กับผู้สอบหลังการทดสอบที่สามารถใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงการเรียนรู้ได้ ผลการวิจัยพบว่า ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมากที่สุด และผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบโดยอาจารย์และนักศึกษาอยู่ในระดับมากเหมือนกัน แต่การทำงานของระบบสอดคล้องกับความต้องการของนักศึกษามากกว่าอาจารย์นอกจากนี้ ผลการประเมินความเกี่ยวข้องกับระบบโดยตัวแทนสถานศึกษาเห็นว่าระบบมีความเกี่ยวข้องกับการดำเนินงานของสถานศึกษา ทำให้มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด สรุปคือ ระบบที่พัฒนาสามารถนำไปใช้งานได้จริงในสถานศึกษาและในสถานศึกษาที่มีระดับการศึกษาที่แตกต่างกัน

เอกสารอ้างอิง

- กวินธร รัฐอาจ. (2559). *การพัฒนาค้างข้อสอบออนไลน์*. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2566, จาก https://satit.msu.ac.th/th/data/file_up/20160822121116.pdf.
- ชรินทร์ญา หวังวัชรกุล, พิมพ์พิชชา ประภาวิวิธพัทธ์ และ ดานากา นามวงศ์ษา. (2566). การพัฒนาระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อยกระดับธุรกิจและเพิ่มช่องทางการจัดจำหน่ายสำหรับธุรกิจ SME ในจังหวัดเลย : กรณีศึกษา ห้าง ส.ทวีภัณฑ์สโตร์ จังหวัดเลย. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี*. 11(3), 1-15.
- พระครูใบฎีกาศรีธัญชัย ธนณชยเมธี (สุกรรัตน์วงศ์). (2561). *การพัฒนาระบบทดสอบออนไลน์เพื่อการศึกษาของมหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาพุทธศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย).
- ลัดดาวัลย์ เพชรโรจน์ และ อัจฉรา ขำนิประศาสน์. (2547). *ระเบียบวิธีวิจัย (Research Methodology)*. กรุงเทพฯ: พิมพ์ดีการพิมพ์.

- วรรณัย ตั้งศรีโรจน์กุล. (2564). *แนะนำ 7 ภาษา Programming Language มาแรง น่าเรียน ในปี 2021-2022*. สืบค้นเมื่อวันที่ 23 มีนาคม 2566, จาก <https://blog.skooldio.com/top-7-programming-language/>.
- วิจารณ์ พานิช. (2558). วิธีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ ในศตวรรษที่ 21. *วารสารนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์*, 1(2), 3-14.
- สำนักนโยบายและแผนการอุดมศึกษา. (2561). *แผนอุดมศึกษาระยะยาว 20 ปี พ.ศ.2561 – 2580*. กรุงเทพฯ: บริษัท พรักหวานกราฟฟิค จำกัด.
- เสาวนีย์ ปรัชญาเกรียงไกร และ ฐิตแก้ว ศรีสด. (2562). ระบบบริหารจัดการข้อมูลการใช้ประโยชน์จากต้นจาก. *สัปดาห์: วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สทวท)*. 6(1), 21-28.
- AWS. (n.d.). *เว็บแอปพลิเคชันคืออะไร*. สืบค้นเมื่อวันที่ 23 มีนาคม 2566, จาก <https://aws.amazon.com/th/what-is/web-application/>.
- Amini, M., Rahmani, A., Abedi, M., Hosseini, M., Amini, M., Amini, M., Research Group, M. (2021). Mahamgostar.com as a case study for adoption of laravel framework as the best programming tools for PHP Based Web development for small and medium enterprises. *Journal of Innovation & Knowledge*, Special Issue, 100-110.
- Shukla, A., & Binawade, V. (2022). Online Examination System. *International Journal For Science Technology And Engineering*, 10(5), 1440-1443. Doi: 10.22214/ijraset.2022.42596.
- Angeline Ranjithamani, D., Sowmiya, S., Nambi Natchiyar, K., Subalakshmi, K., Sujitha, M., & AandalGayathiri, R. (2023). *Secured online examination system using laravel framework*. In: Proceedings of the International conference on intelligent computing techniques in electrical energy system (ICICTEES), 22 May, 2023, Tirunelveli, India.
- Khan, M. A., Vivek, V., Khojah, M., Nabi, M. K., Paul, M., & Minhaj, S. M. (2021). Learners' perspective towards e-exams during COVID-19 outbreak: Evidence from Higher Educational Institutions of India and Saudi Arabia.

International Journal of Environmental Research and Public Health,
18(12), 1-18.

Rovinelli, R. J., & Hambleton, R. K. (1977). On the use of content specialists in the assessment of criterion-referenced test item validity. *Tijdschrift voor Onderwijsresearch*, 2(2), 49–60.

ความชุกของโรคมะเร็งบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์และโรคมดลูกอักเสบแบบมีหนองใน
สุนัขจรจัดที่มำทำหมัน ณ มูลนิธิเพื่อสุนัขในซอยกรุงเทพมหานคร

PREVALENCE OF TRANSMISSIBLE VENEREAL TUMOR AND PYOMETRA IN
STRAY DOGS COME FOR NEUTERING AT SOI DOG FOUNDATION BANGKOK

ปราณปรียา ทอดทอง^{1,*}, ชีระกุล นิลนนท์¹, สุดารัตน์ เมืองตู¹, อรอนงค์ สลับแก้ว¹

และ วัฒนพงษ์ มีธรรม²

Pranpreya Todtong^{1,*}, Theerakul Nilnont¹, Sudarat Mueangdu¹, Onanong Slapkaew¹
and Wattanapong Meetham²

¹ สาขาวิชาเทคนิคการสัตวแพทย์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

² มูลนิธิเพื่อสุนัขในซอยกรุงเทพมหานคร

¹ Department of Veterinary Technology, Faculty of Technology, Udon Thani Rajabhat University

² Soi Dog Foundation Bangkok

Received: 24 August 2023

Revised: 21 April 2024

Accepted: 28 April 2024

บทคัดย่อ

โรคมะเร็งบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์ (Transmissible Venereal Tumor; TVT) และโรคมดลูกอักเสบแบบมีหนอง (Pyometra) เป็นโรคทางระบบสืบพันธุ์ที่พบได้บ่อยในสุนัข โดยเฉพาะสุนัขจรจัดที่ไม่มีการควบคุม หรือถูกเลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลย ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความชุกของโรคมะเร็งบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์ และโรคมดลูกอักเสบแบบมีหนอง ในสุนัขจรจัดที่เข้ารับบริการผ่าตัดทำหมัน ณ มูลนิธิเพื่อสุนัขในซอย กรุงเทพมหานคร เก็บข้อมูลจากสุนัขจรจัดที่มำทำหมัน ระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2563 ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ.2564 ทำการบันทึกข้อมูลสัตว์ อายุ เพศ สายพันธุ์ ตรวจร่างกาย และประเมินอาการทางคลินิก เพื่อแยกโรคทางระบบสืบพันธุ์ ได้แก่ โรคมะเร็งบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์ และโรคมดลูกอักเสบแบบมีหนอง เก็บตัวอย่างเนื้อเยื่อไปตรวจวินิจฉัยแยกโรคทางห้องปฏิบัติการ และสรุปข้อมูลร้อยละความชุกของโรค ผลการศึกษาพบว่าสุนัขจรจัด

* Corresponding author: ปราณปรียา ทอดทอง

E-mail: Kyosuke_vet@hotmail.com

ที่มาทำหมันทั้งหมด จำนวน 1,482 ตัว แยกเป็นช่วงอายุ <1 ปี และอายุ >1 ปี จำนวน 208 ตัว (14.04%) และ 1,274 ตัว (85.96%) ตามลำดับ เพศผู้ จำนวน 343 ตัว (23.14%) และ เพศเมีย จำนวน 1,139 ตัว (76.86%) และพันธุ์ผสม จำนวน 1,410 ตัว (95.14%) และ พันธุ์แท้ จำนวน 72 ตัว (4.86%) พบร้อยละของโรคทางระบบสืบพันธุ์ จำนวน 97 ตัว (6.55%) แยกเป็นโรคมะเร็งบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์ จำนวน 16 ตัว (16.49%) ช่วงอายุ >1 ปี จำนวน 16 ตัว (100.00 %) เป็นสุนัขเพศผู้ จำนวน 1 ตัว (6.25%) และเพศเมีย จำนวน 15 ตัว (93.75%) และพบเฉพาะพันธุ์ผสม จำนวน 16 ตัว (100.00%) และพบโรคมดลูกอักเสบแบบมีหนอง จำนวน 81 ตัว (83.51%) พบเฉพาะช่วงอายุ >1 ปี และเพศเมีย จำนวน 81 ตัว (100.00%) แบ่งเป็นพันธุ์ผสมจำนวน 79 ตัว (97.53%) และพันธุ์แท้จำนวน 2 ตัว (2.47%) จากการศึกษาครั้งนี้สรุปว่าโรคทางระบบสืบพันธุ์ที่เป็นปัญหาสำคัญ คือ โรคมดลูกอักเสบ ซึ่งพบความชุกของโรคมมากถึง 83.51% ของการพบโรคในสุนัขจรจัดที่มาทำหมัน ณ มูลนิธิเพื่อสุนัขในซอยกรุงเทพมหานคร

คำสำคัญ: ความชุก, โรคมะเร็งบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์, โรคมดลูกอักเสบ, สุนัขจรจัด, มูลนิธิเพื่อสุนัขในซอยกรุงเทพมหานคร

Abstract

Transmissible Venereal Tumor (TVT) and Pyometra are common reproductive diseases in dogs, especially uncontrolled stray dogs or dogs that were raised in a neglectful way. The objective of this research was to study the prevalence of TVT and Pyometra in stray dogs coming for neutering at Soi Dog Foundation Bangkok. The data were collected from stray dogs between November 2020 and March 2021 and recorded in animal data, age, sex, species, physical examination and clinical sign for diseases excluding from the reproductive system, including TVT and Pyometra, collected the tissue samples for differential diagnosis in a laboratory and summarized the data on the percentage prevalence of the disease. The research found that the total number of stray dogs neutered was 1,482. Divided by age <1 year and age >1

year were found 208 dogs (14.04%) and 1274 dogs (85.96%) respectively. Divided by sex, there were male dogs 343 dogs (23.14%) and female dogs 1,139 dogs (76.86%). Divided by breed, there were mixed breed dogs 1,410 dogs (95.14%) and purebred dogs 72 dogs (4.86%). The percentage of reproductive system diseases were found 97 dogs (6.55%). There were 16 dogs of TVT (16.49%), age range >1 year 16 dogs (100.00 %). There were 1 male dog (6.25%) and 15 female dogs (93.75%), and found only mixed breeds, 16 individuals (100.00%). There were 81 dogs of Pyometra (83.51%), found only in the age range >1 year and females were 81 dogs (100.00%), mixed breeds 79 dogs (97.53%) and purebreds 2 dogs (2.47%). From this study it was concluded that the most important reproductive disease was pyometra and also found that the prevalence of the disease was high 83.51% of the disease in stray dogs coming for neutering at Soi Dog Foundation Bangkok.

Keywords: Prevalence, Transmissible Venereal Tumor, Pyometra, Stray dog, Soi Dog Foundation Bangkok

บทนำ

ระบบสืบพันธุ์เป็นระบบที่สำคัญในสุนัข หากเกิดปัญหาหรือความผิดปกติจะส่งผลกระทบต่อระบบอื่นๆ รวมถึงสุขภาพโดยรวมของสุนัข โรคทางระบบสืบพันธุ์ที่พบบ่อยในสุนัข คือ โรคมะเร็งบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์ (Transmissible Venereal Tumor; TVT) และโรคมดลูกอักเสบแบบมีหนอง (Pyometra) ซึ่งโรคมดลูกอักเสบมักเกิดในสุนัขจรจัดที่ไม่มีการควบคุม หรือสุนัขที่ถูกเลี้ยงดูแบบปล่อยปละละเลย (Das & Das, 2000; Mukaratirwa & Gruys, 2003) หากไม่ได้รับการรักษาหรือได้รับการผ่าตัดทำหมันอย่างถูกต้องและทันที่อาจเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้สุนัขเสียชีวิตได้

โรคมะเร็งบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์ชนิด TVT เป็นเนื้องอกของระบบสืบพันธุ์ที่พบเฉพาะในสุนัข และสัตว์ชนิดอื่นๆ ในวงศ์ Canidae เช่น สุนัขจิ้งจอก และสุนัขป่า (Stockmann et al., 2011; Von Berky & Townsend, 1993) อุบัติการณ์ของการเกิดเนื้องอกชนิดนี้พบว่า

มีรายงานในหลายพื้นที่ทั่วโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่ในเขตร้อนชื้นและกึ่งร้อน (Das & Das, 2000) สำหรับการติดต่อ และการแพร่กระจายของโรคพบได้ทั่วไปในสุนัขช่วงวัยเจริญพันธุ์ที่มีอายุเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2 - 5 ปี โดยพบอัตราการเกิดโรคสูงสุดในกลุ่มสุนัขจรจัด และสุนัขเลี้ยงที่ไม่ได้รับการดูแลเอาใจใส่อย่างเพียงพอ เกิดโรคได้ทั้งในสุนัขเพศผู้ และเพศเมีย (Brown et al., 1980; Cohen et al., 1985; Goldschmidt & Hendrick, 2002; Richardson, 1981) การติดต่อติดผ่านการผสมพันธุ์ การเลีย การดม หรือแม้แต่การกัดกัน (Tella et al., 2004) ตามธรรมชาติของสุนัขจะมีการเกี้ยวพาราสีหรือมีการดมกันทำให้สุนัขได้รับเอาเซลล์เนื้องอกเข้าไป ส่วนใหญ่จะพบในสุนัขเพศเมียมากกว่าเพศผู้ สุนัขที่มีอายุระหว่าง 1 - 6 ปี พบว่าเป็นมากที่สุด ซึ่งช่วงอายุดังกล่าวเป็นช่วงที่มีกิจกรรมการผสมพันธุ์มาก และไม่พบรายงานโรคนี้ในสุนัขเพศเมียที่เพิ่งเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์หรือไม่เคยผสมพันธุ์มาก่อน (Prior & Johnson, 1964; นงเยาว์ สุวรรณธาดา, 2544; เปรม ชุนถนอม และ จรรยา พุกกะเวส, 2524) ลักษณะที่สำคัญของโรคนี้จะพบเป็นก้อนเนื้องอกคล้ายดอกกะหล่ำ (Cauliflower like) มีของเหลวไหลเยิ้มหรือมีเลือดไหลออกจากช่องคลอด หรือหนังหุ้มปลายลิ้น มีกลิ่นไม่พึงประสงค์ พบลักษณะก้อนเนื้องอกโผล่อื่นออกมาภายนอกอย่างชัดเจน คลำพบลักษณะเป็นก้อนๆ จากภายนอกบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้ นอกจากนี้ยังพบเนื้องอกได้ที่ใบหน้า ริมฝีปาก ช่องปาก โปรงจมูก และเยื่อตาขาว (Das & Das, 2000; Otomo et al., 1981; Tella et al., 2004) การวินิจฉัยโรคทำได้โดยการซักประวัติ การตรวจร่างกาย และทำการวินิจฉัยโรคจากการตรวจทางเซลล์วิทยา หรือการตรวจชิ้นเนื้อ สำหรับการรักษาโรคมะเร็งบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์นั้นสามารถทำได้หลายวิธี คือ การผ่าตัด การฉายรังสี และการให้ยาเคมีบำบัดรักษา ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วการให้ยาเคมีบำบัดรักษาโดยเฉพาะอย่างยิ่งการให้ยาเคมีบำบัดวินคริสติน (Vincristine sulfate) เป็นวิธีที่ได้รับความนิยม และใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นวิธีที่สะดวก ไม่ยุ่งยาก ค่าใช้จ่ายไม่สูง และมีประสิทธิภาพในการรักษาดีเป็นที่น่าพอใจ (นงเยาว์ สุวรรณธาดา, 2544; สุพรรณิการ์ หาญตระกูล, 2557)

โรคมดลูกอักเสบแบบมีหนอง (Pyometra) จัดเป็นโรคทางระบบสืบพันธุ์โรคหนึ่งที่พบได้บ่อยมากในสัตว์เลี้ยงทั่วๆ ไปโดยก่อให้เกิดอันตรายถึงชีวิตได้ (Johnson, 1998) โรคมดลูกอักเสบมักพบในสุนัขหรือแมวที่มีอายุช่วงกลางวัย (Middle aged) ขึ้นไป โดยพบในสุนัขที่มีอายุเฉลี่ย 7 ปี โดยอุบัติการณ์ของการเกิดโรคจะสูงขึ้นเมื่อสุนัขมีอายุมากขึ้น จากการศึกษาที่ประเทศสวีเดนพบว่าสุนัขเพศเมียหนึ่งในห้าตัวที่ไม่ได้ทำหมันนั้นเป็นมดลูก

อีกเสบก่อนอายุ 10 ปี (Jitpean et al., 2012) โดยตามวงรอบการเป็นสัดปกติของสุนัขจะมีระยะที่ร่างกายของสัตว์อยู่ภายใต้อิทธิพลของฮอร์โมนเอสโตรเจน (Estrogen) และฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน (Progesterone) มดลูกจะมีการเปลี่ยนแปลงโดยการหนาตัวขึ้นเพื่อรองรับการปฏิสนธิ และการฝังตัวของตัวอ่อน ซึ่งเป็นสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ดังนั้นหากสุนัขได้รับฮอร์โมนจากภายนอก เช่น การฉีดยาคูม หรือมีภาวะการเจริญเติบโตที่ผิดปกติของเยื่อบุโพรงมดลูก (Cystic endometrial hyperplasia; CEH) อาจโน้มนำให้เกิดภาวะมดลูกติดเชื้อ อักเสบ และเป็นหนองตามมาได้ โดยเชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรคมดลูกอักเสบที่พบบ่อย คือ *Escherichia coli* ซึ่งเป็นเชื้อแบคทีเรียที่ปกติพบได้ในลำไส้ และช่องคลอด (Hagman, 2022) ดังนั้นหากมีการติดเชื้อในช่องคลอดหรือทางเดินปัสสาวะ อาจโน้มนำให้เกิดการติดเชื้อย้อนขึ้นไปท่อมดลูก สุนัขที่มีภาวะมดลูกติดเชื้อ อักเสบเป็นหนองจะมีอาการไม่เจาะจงเฉพาะระบบสืบพันธุ์ แต่จะแสดงอาการของการติดเชื้อในกระแสเลือด และอาจรุนแรงถึงขั้นเสียชีวิตได้ อาการที่พบโดยทั่วไป ได้แก่ ซึม มีไข้ อ่อนเพลีย เบื่ออาหาร อาเจียน ปวดท้อง กินน้ำมาก และปัสสาวะมาก เป็นต้น หากเป็นการติดเชื้อแบบปากมดลูกเปิดจะพบหนอง เลือดหรือสิ่งคัดหลั่งไหลออกมาจากอวัยวะเพศ ถ้าเป็นการติดเชื้อแบบปากมดลูกปิดจะไม่พบสิ่งคัดหลั่งไหลออกมาจากอวัยวะเพศ เมื่อมีการคั่งของหนองอยู่ภายในมดลูกจะทำให้เกิดการขยายใหญ่ของมดลูกและช่องท้อง สุนัขจะแสดงอาการป่วยอย่างรุนแรง และเสี่ยงต่อภาวะมดลูกฉีกขาด (Uterine rupture) สุนัขอาจช็อก และเสียชีวิตได้ (Esmon et al., 1999; Jitpean et al., 2012) ภาวะมดลูกอักเสบติดเชื้อเป็นหนองเป็นโรคที่ควรคำนึงถึงในสุนัขเพศเมียที่ยังไม่ได้ทำหมันทุกตัว ส่วนมากมักจะมีการติดเชื้อในระยะหลังจากการเป็นสัด (Diestrus) การวินิจฉัยจึงเริ่มตั้งแต่การซักประวัติสัตว์ป่วย และการตรวจร่างกายพื้นฐาน หากสัตว์มีแนวโน้มที่จะเป็นภาวะมดลูกติดเชื้อเป็นหนอง ควรรักษาให้ทันทั่วทั้งทางอายุรกรรม และศัลยกรรม

แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาเกี่ยวกับความชุกของโรคทางระบบสืบพันธุ์ในสุนัขในประเทศไทยยังมีรายงานจำกัด ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้าเพื่อศึกษาความชุกของโรคมะเร็งบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์ และโรคมดลูกอักเสบในสุนัขจรจัดที่มาทำหมัน ณ มูลนิธิเพื่อสุนัขในซอยกรุงเทพมหานคร ระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2563 ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ. 2564 และเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานให้เจ้าของสัตว์เลี้ยงตระหนักถึงความเสี่ยงภัยที่เกิดขึ้นต่อตนเอง และสังคมรอบข้าง

วิธีดำเนินการวิจัย

การวางแผนการทดลอง

การศึกษาครั้งนี้ทำการวางแผนการทดลองแบบ Cross sectional study โดยเก็บรวบรวมข้อมูล และเก็บตัวอย่างจากสุนัขที่มำทำหมัน ณ มูลนิธิเพื่อสุนัขในซอยกรุงเทพมหานคร ระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2563 ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ. 2564 จำนวนทั้งหมด 1,428 ตัว

การเก็บข้อมูลสัตว์

ทำการบันทึกข้อมูลสัตว์ อายุ เพศ และสายพันธุ์ ของสุนัขทุกตัวที่มำทำหมัน ณ มูลนิธิเพื่อสุนัขในซอยกรุงเทพมหานคร ตรวจร่างกาย และประเมินอาการทางคลินิก (Clinical signs) เพื่อคัดกรองโรคทางระบบสืบพันธุ์ ได้แก่ โรคมะเร็งบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์ และโรคติดเชื้ออักเสบแบบมีหนอง ก่อนนำไปการตรวจวินิจฉัยแยกโรคทางห้องปฏิบัติการต่อไป

การวินิจฉัยแยกโรคทางระบบสืบพันธุ์

1) โรคมะเร็งบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์ (TVT) สุนัขจรจัดที่ถูกคัดกรองเบื้องต้นว่าเป็นโรคมะเร็งบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์ จะถูกตรวจร่างกายเพื่อประเมินอาการทางคลินิก ลักษณะทางพยาธิวิทยาจุลพยาธิวิทยา และเก็บตัวอย่างเนื้อเยื่อเพื่อนำไปตรวจวินิจฉัยโรคทางห้องปฏิบัติการ ดังนี้

อาการทางคลินิก พบมีรอยโรคที่อวัยวะสืบพันธุ์ เช่น เกิดตุ่มเดี่ยวๆ (Solitary) หรือหลายตุ่มอยู่กันเป็นกระจุก (Multiple nodule) รูปร่างคล้ายดอกกะหล่ำ (Cauliflower-like) มีของเหลวไหลซึม หรือมีเลือดไหลออกจากช่องคลอด หรือหนังหุ้มปลายลึงค์ มีกลิ่นไม่พึงประสงค์ พบลักษณะก้อนเนื้อยื่นออกมาภายนอกอย่างชัดเจน คลำพบลักษณะเป็นก้อนๆ จากภายนอกบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้

ลักษณะทางพยาธิวิทยา พบลักษณะวิธีการที่มองเห็นด้วยตาเปล่า คือ เยื่อบุ มีแผลหลุม มีเลือดคั่ง สีชมพู จนถึงสีแดงเข้ม เปราะ และยุ่ง่าย มีรูปร่างคล้ายดอกกะหล่ำ มักจะมีขี้ (Pedunculated) มีลักษณะคล้ายตุ่มเป็นก้อน (Nodular) ตุ่มเล็กๆ หรือเป็นหลายๆ พู (Multilobulated) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 5 – 10 เซนติเมตร เนื้อค่อนข้างแน่น ผิวหน้าตัดมีสีชมพูคล้ายเนื้อสด

ลักษณะทางจุลพยาธิวิทยา คือ พบกลุ่มเซลล์ขนาดใหญ่ รูปร่างกลมจำนวนมาก ปนอยู่กับเม็ดเลือดแดง และเม็ดเลือดขาวชนิดนิวโทรฟิล (Neutrophil) เซลล์ดังกล่าวเป็นเซลล์ที่มีไซโทพลาซึม (Cytoplasm) ติดสีม่วงจาง โดยสามารถพบช่องว่างขนาดเล็ก

อยู่ภายในไซโทพลาซึมได้ นิวเคลียส (Nucleus) ของเซลล์รูปร่างกลมขนาดใหญ่ มีเฮเทอโรโครมาติน (Heterochromatin) ชนิดหนาจำนวนมาก และมีนิวคลีโอลัส (Nucleolus) ขนาดใหญ่เห็นได้ชัดเจนอยู่กลางนิวเคลียส และพบเซลล์ในระยะที่กำลังแบ่งตัว

การตรวจวินิจฉัยโรคทางห้องปฏิบัติการ ทำการเก็บตัวอย่างเนื้อเยื่อบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์ ด้วยวิธี Impression smear โดยนำแผ่นสไลด์สะอาดแปะบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์ที่พบรอยโรคให้เนื้อเยื่อติดมากับแผ่นสไลด์ จากนั้นนำตัวอย่างเนื้อเยื่อมาตรึงให้ติดกับแผ่นสไลด์ โดยจุ่มลงในเมทานอล (Methanol) 2 นาที จากนั้นทิ้งไว้ให้แห้งก่อนนำมาย้อมด้วยสี Modified Wright's stain (Dip Quick) แล้วนำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ด้วยกำลังขยาย 100 เท่า บันทึกข้อมูล และรายงานผล

2) โรคมดลูกอักเสบ (Pyometra) สุนัขจรจัดที่ถูกคัดกรองเบื้องต้นว่าเป็นโรคมดลูกอักเสบ จะถูกตรวจร่างกายเพื่อประเมินอาการทางคลินิกเพิ่มเติม เช่น การพบสิ่งคัดหลั่งไหลออกจากช่องคลอด ลักษณะของสิ่งคัดหลั่งอาจจะเป็นหนองข้นสีเหลือง เหลืองเขียว เหลืองเทา หรือน้ำตาล อาจจะมีเลือดปนเป็นสีน้ำตาลเลือดข้นหนืด และมีกลิ่นเหม็น ช่องท้องขยายโต มดลูกขยายใหญ่ และมีสภาพร่างกายขาดน้ำ ทำการบันทึกข้อมูล และรายงานผล

การตรวจวินิจฉัยโรคมดลูกอักเสบแบบมีหนอง กรณีที่สุนัขจรจัดเป็นมดลูกอักเสบแบบปิด จะทำการตรวจความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด ตรวจค่าเคมีในเลือด หรือการอัลตราซาวด์ช่องท้อง เพื่อดูการขยายใหญ่ของมดลูก และระบุประเภทของเหลวที่อยู่ในมดลูกว่าเป็นน้ำ (Hydrometra) หรือหนอง (Pyometra)

รวบรวมข้อมูลผลการตรวจร่างกาย การตรวจความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด การตรวจค่าเคมีในเลือด และผลการอัลตราซาวด์ช่องท้อง ร่วมกับผลการเปิดผ่าช่องท้อง เพื่อผ่าตัดทำหมัน นำมาสรุป และยืนยันว่าสุนัขเป็นโรคมดลูกอักเสบแบบมีหนอง บันทึกข้อมูล และรายงานผล

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

รายงานผลข้อมูลร้อยละของจำนวนทั้งหมด จำนวนสุนัขแบ่งตามอายุ เพศ และสายพันธุ์ ของสุนัขจรจัดที่มาทำหมัน ณ มูลนิธิเพื่อสุนัขในซอยกรุงเทพมหานคร รายงานผลร้อยละความชุกของการพบโรคทางระบบสืบพันธุ์ ระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2563 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ.2564 และค่าร้อยละความชุกของการพบโรคมะเร็งบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์

และโรคมดลูกอักเสบแบบมีหนอง แบ่งตามอายุ เพศ และสายพันธุ์ ด้วยสถิติแบบพรรณนา (Descriptive analysis)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการเก็บข้อมูลจำนวนสุนัขจรจัดที่มาทำหมัน ณ มูลนิธิเพื่อสุนัขในซอยกรุงเทพมหานคร ระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2563 ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ.2564 แบ่งตาม อายุ เพศ สายพันธุ์ พบว่ามีสุนัขที่มาทำหมันทั้งหมด จำนวน 1,482 ตัว แบ่งตามช่วงอายุ <1 ปี และอายุ >1 ปี จำนวน 208 และ 1,274 ตัว คิดเป็น 14.04 และ 85.96% ตามลำดับ แบ่งตามเพศของสุนัข มีสุนัขเพศผู้ และเพศเมีย จำนวน 343 และ 1,139 ตัว คิดเป็น 23.14 และ 76.86% ตามลำดับ และแบ่งตามสายพันธุ์ มีสุนัขพันธุ์ผสม และพันธุ์แท้ จำนวน 1,410 และ 72 ตัว คิดเป็น 95.14 และ 4.86% ตามลำดับ (ดังตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ข้อมูลร้อยละของจำนวนสุนัขจรจัดที่มาทำหมันแบ่งตามอายุ เพศ และสายพันธุ์ ระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2563 ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ.2564

เดือน	จำนวน (ตัว)	อายุ		เพศ		สายพันธุ์	
		<1 ปี (%)	>1 ปี (%)	ผู้ (%)	เมีย (%)	พันธุ์ผสม (%)	พันธุ์แท้ (%)
พฤศจิกายน	312	23 (7.37)	289 (92.63)	69 (22.12)	243 (77.88)	293 (93.91)	19 (6.09)
ธันวาคม	360	59 (16.39)	301 (83.61)	92 (25.56)	268 (74.44)	349 (96.94)	11 (3.06)
มกราคม	277	45 (16.25)	232 (83.75)	64 (23.10)	213 (76.90)	274 (98.92)	3 (1.08)
กุมภาพันธ์	365	63 (17.26)	302 (82.74)	88 (24.11)	277 (75.89)	333 (91.23)	32 (8.77)
มีนาคม	168	18 (10.71)	150 (89.29)	30 (17.86)	138 (82.14)	161 (95.83)	7 (4.17)
รวม (ตัว)	1,482	208(14.04)	1,274(85.96)	343(23.14)	1,139(76.86)	1,410(95.14)	72(4.86)

ผลการตรวจวินิจฉัยแยกโรคทางระบบสืบพันธุ์ จากการเก็บข้อมูลการตรวจร่างกาย การตรวจวินิจฉัยโรคทางห้องปฏิบัติการ พบว่าสุนัขจรจัดที่มาทำหมันทั้งหมด จำนวน 1,482 ตัว พบความชุกของโรคทางระบบสืบพันธุ์ จำนวน 97 ตัว คิดเป็น 6.55% เมื่อแยกเป็นรายเดือน พฤศจิกายน ธันวาคม มกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม พบจำนวน 23, 21, 20, 17 และ 16 ตัว คิดเป็น 7.37, 5.83, 7.22, 4.66 และ 9.52% ตามลำดับ เมื่อแยกตามชนิดของโรคพบ สัตส่วนของโรคมะเร็งบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์ จำนวน 16 ตัว คิดเป็น 16.49% เมื่อแยกเป็น

รายเดือนพบสัดส่วนของสุนัขที่พบโรคทางระบบสืบพันธุ์ในเดือนพฤษภาคม ธันวาคม มกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม จำนวน 4, 0, 3, 3 และ 6 ตัว คิดเป็น 17.39, 0.00, 15.00, 17.65 และ 37.50% ตามลำดับ และพบสัดส่วนของโรคมดลูกอักเสบแบบมีหนอง จำนวน 81 ตัว คิดเป็น 83.51% เมื่อแยกเป็นรายเดือนพบสัดส่วนของสุนัขที่พบโรคมดลูกอักเสบแบบมีหนอง ในเดือน พฤษภาคม ธันวาคม มกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม พบจำนวน 19, 21, 17, 14 และ 10 ตัว คิดเป็น 82.61, 100.00, 85.00, 82.35 และ 62.50% ตามลำดับ (ดังตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ร้อยละของโรคทางระบบสืบพันธุ์ แบ่งตามชนิดของโรค จากสุนัขจรจัดที่ทำหมัน ระหว่างเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2563 ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ.2564

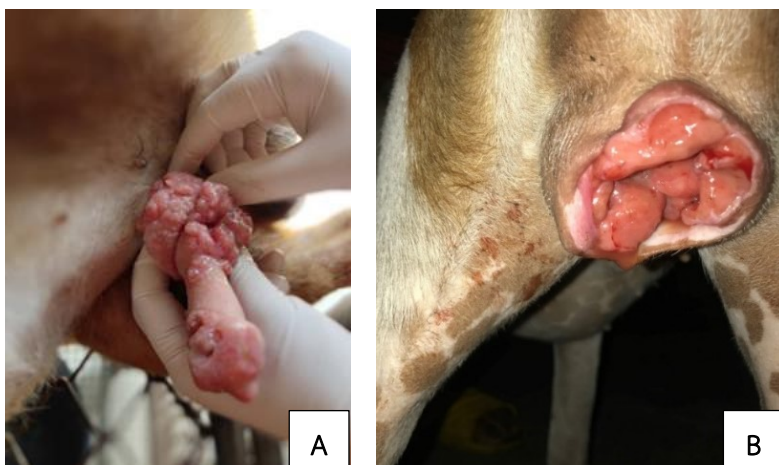
เดือน	จำนวน (ตัว)	พบโรคทางระบบสืบพันธุ์ (%)	ชนิดของโรค	
			TVT (%)	Pyometra (%)
พฤษภาคม	312	23 (7.37)	4 (17.39)	19 (82.61)
ธันวาคม	360	21 (5.83)	0 (0.00)	21 (100.00)
มกราคม	277	20 (7.22)	3 (15.00)	17 (85.00)
กุมภาพันธ์	365	17 (4.66)	3 (17.65)	14 (82.35)
มีนาคม	168	16 (9.52)	6 (37.50)	10 (62.50)
จำนวนทั้งหมด	1482	97 (6.55)	16 (16.49)	81 (83.51)

ร้อยละของโรคมะเร็งบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์ และโรคมดลูกอักเสบแบบมีหนอง จากสุนัขจรจัดที่ทำหมัน แบ่งตามอายุ เพศ และสายพันธุ์ พบร้อยละของโรคมะเร็งบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์ ช่วงอายุ <1 ปี และอายุ >1 ปี จำนวน 0 และ 16 ตัว คิดเป็น 0.00 และ 100.00% ตามลำดับ สุนัขเพศผู้ และเพศเมีย พบจำนวน 1 และ 15 ตัว คิดเป็น 6.25 และ 93.75% ตามลำดับ และสุนัขพันธุ์ผสม และพันธุ์แท้ พบจำนวน 16 และ 0 ตัว คิดเป็น 100.00 และ 0.00% ตามลำดับ ส่วนโรคมดลูกอักเสบแบบมีหนอง ช่วงอายุ <1 ปี และอายุ >1 ปี พบจำนวน 0 และ 81 ตัว คิดเป็น 0.00 และ 100% ตามลำดับ สุนัขเพศผู้ และเพศเมีย พบจำนวน 0 และ 81 ตัว คิดเป็น 0.00 และ 100% ตามลำดับ และสุนัขพันธุ์ผสม และพันธุ์แท้ พบจำนวน 79 และ 2 ตัว คิดเป็น 97.53 และ 2.47% ตามลำดับ (ดังตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 สัดส่วนของโรคมะเร็งบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์ และโรคมดลูกอักเสบแบบมีหนอง
แบ่งตามอายุ เพศ และสายพันธุ์

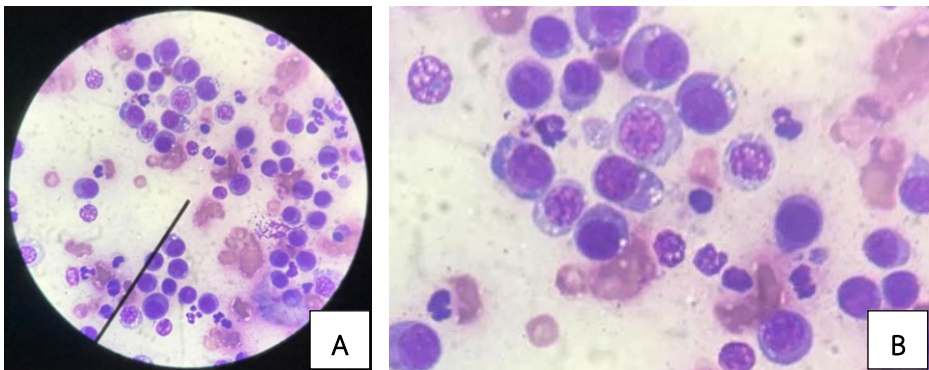
ปัจจัย		ความชุก			
		TVT	%	Pyometra	%
อายุ	<1 ปี (ตัว)	0	0.00	0	0.00
	>1 ปี (ตัว)	16	100.00	81	100.00
เพศ	ผู้	1	6.25	0	0.00
	เมีย	15	93.75	81	100.00
สายพันธุ์	พันธุ์ผสม	16	100.00	79	97.53
	พันธุ์แท้	0	0.00	2	2.47

ผลการตรวจลักษณะรอยโรคทางพยาธิวิทยาที่เป็นโรคมะเร็งบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์ของสุนัขจรจัด พบมีก้อนเนื้ออกรูปร่างคล้ายดอกกระหล่ำที่บริเวณอวัยวะเพศของสุนัขทั้งเพศผู้ และเพศเมีย มีของเหลวหรือเลือดไหลออกจากหนังหุ้มปลายลึงค์ หรือช่องคลอด มีกลิ่นไม่พึงประสงค์ พบลักษณะก้อนเนื้ออกไหลยื่นออกมาภายนอกอย่างชัดเจน เนื้อค่อนข้างแน่น ผิวหน้าตัดมีสีชมพูคล้ายเนื้อสด (ดังรูปที่ 1)



รูปที่ 1 ลักษณะรอยโรคทางพยาธิวิทยาของโรคมะเร็งบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์ในสุนัขเพศผู้ (A)
และในสุนัขเพศเมีย (B)

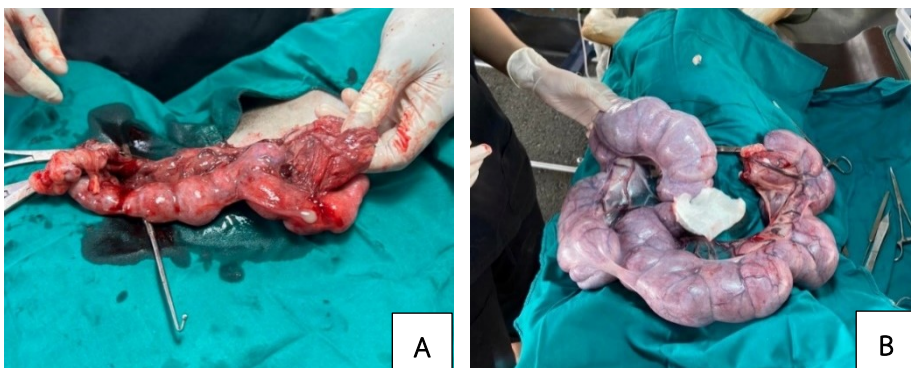
ผลการตรวจวินิจฉัยทางห้องปฏิบัติการจุลพยาธิวิทยาที่เป็นโรคมะเร็งบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์ พบลักษณะทางจุลพยาธิวิทยาของเนื้อเยื่อจากการทำ Impression smear และย้อมสี Modified Wright's stain (Dip Quick) พบกลุ่มเซลล์ขนาดใหญ่ รูปร่างกลมจำนวนมาก ปนอยู่กับเม็ดเลือดแดง และลักษณะของเซลล์มีไซโทพลาซึมติดสีม่วงจาง พบช่องว่างขนาดเล็ก อยู่ภายในไซโทพลาซึม นิวเคลียสของเซลล์มีรูปร่างกลมขนาดใหญ่ มีเฮทเทอโรโครมาตินชนิดหยาบจำนวนมาก และมีนิวคลีโอลัสขนาดใหญ่เห็นได้ชัดเจนอยู่กลางนิวเคลียส (ดังรูปที่ 2)



รูปที่ 2 ลักษณะทางจุลพยาธิวิทยาของโรคมะเร็งบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์ในสุนัข

ผลจากการตรวจการคัดกรองโรคเบื้องต้นจากการตรวจร่างกายทางคลินิก และการตรวจวินิจฉัยโรคโดยการผ่าตัดทำหมันในสุนัข พบว่าสุนัขที่เป็นโรคมะเร็งอวัยวะสืบพันธุ์มีช่องท้องขยายใหญ่ และมีหนองไหลออกมาทางช่องคลอด จากการตรวจความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดในสุนัขจรจัดที่ติดเชื้อแบคทีเรีย จากการศึกษาพบว่าส่วนใหญ่มีค่าจำนวนเม็ดเลือดขาวเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในช่วงประมาณ $25.4 - 46.3 \times 10^3 \text{ cell/mm}^3$ (ค่าปกติ $6 - 17 \times 10^3 \text{ cell/mm}^3$) ซึ่งเม็ดเลือดขาวชนิด band Neutrophil, Neutrophil และ Monocyte มีจำนวนเพิ่มขึ้น ส่วนค่าเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (PCV) มีค่าอยู่ระหว่าง 19-52 % (ค่าปกติ 37 - 55%) ค่า BUN มีค่าอยู่ระหว่าง 17 - 35 mg/dl (ค่าปกติ 10 - 26 mg/dl) และค่าครีเอตินิน (Creatinine) ในเลือดมีค่าอยู่ระหว่าง 0.60 - 7.068 mg/dl (ค่าปกติ 0.6 - 1.8 mg/dl) ตามลำดับ (นิธิวดี เพ็ชรชู และคณะ, 2551)

การอัลตราซาวด์ช่องท้องเพื่อดูการขยายใหญ่ของมดลูก พบของเหลวที่เป็นหนอง เมื่อเปิดผ่าช่องท้องเพื่อทำหมันพบมดลูก และปีกมดลูกขยายใหญ่ขึ้น ภายในมีของเหลวที่เป็นหนองปนเลือด (ดังรูปที่ 3)



รูปที่ 3 ลักษณะมดลูกมีการขยายใหญ่ในสุนัขที่เป็นมดลูกอักเสบเป็นหนอง

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการเก็บข้อมูลจำนวนสุนัขจรจัดทั้งหมดที่เข้ามาทำหมัน ณ มูลนิธิเพื่อสุนัขในซอยกรุงเทพมหานคร ระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2563 ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ. 2564 แบ่งตาม อายุ เพศ และสายพันธุ์ พบว่าสุนัขที่มีช่วงอายุ >1 ปี เพศเมีย และสายพันธุ์ผสม มีจำนวนร้อยละของสุนัขที่มารับบริการผ่าตัดทำหมันในช่วงเวลาดังกล่าวมากกว่าช่วงอายุ <1 ปี เพศผู้ และสายพันธุ์แท้ เนื่องจากสุนัขจรจัดส่วนใหญ่ที่เข้ามาใช้บริการจะเป็นสุนัขจรจัดที่เจ้าหน้าที่จากทางมูลนิธิออกสำรวจ นำมาฉีดยัดวัคซีน และทำหมันเพื่อควบคุมจำนวนประชากรจึงพบสายพันธุ์ผสมมากกว่าพันธุ์แท้ อีกทั้งการทำหมันในสุนัขจะเริ่มทำในสุนัขที่มีอายุตั้งแต่ 8-10 เดือน เป็นต้นไป ดังนั้นจึงพบจำนวนสุนัขมีช่วงอายุ >1 ปี มีจำนวนมากกว่า ส่วนการควบคุมประชากรและการลดการกระจายของโรคสุนัขจรจัดให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด จะทำในสุนัขเพศเมียมากกว่าเพศผู้

จากผลการตรวจวินิจฉัยแยกโรคทางระบบสืบพันธุ์ พบความชุกของโรคทางระบบสืบพันธุ์ จำนวน 97 ตัว คิดเป็น 6.55% จากจำนวนสุนัขจรจัดที่เข้ามาทำหมันทั้งหมด เมื่อแยกตามชนิดของโรคทางระบบสืบพันธุ์ พบร้อยละของโรคมะเร็งบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์ จำนวน 16 ตัว คิดเป็น 16.49% ซึ่งในเดือนมีนาคมสูงที่สุด จำนวน 6 ตัว คิดเป็น 37.50% รองลงมา

คือ เดือนพฤษภาคม จำนวน 4 ตัว คิดเป็น 17.39% และพบร้อยละของโรคมดลูกอักเสบแบบมีหนอง จำนวน 81 ตัว คิดเป็น 83.51% ซึ่งในเดือนธันวาคมสูงที่สุด จำนวน 21 ตัว คิดเป็น 100.00% รองลงมา คือ เดือนพฤษภาคม จำนวน 19 ตัว คิดเป็น 82.61%

จากผลการศึกษาพบร้อยละของโรคมะเร็งบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์ในช่วงอายุ >1 ปี ขึ้นไป (100.00%) ในสุนัขเพศเมียเป็นส่วนใหญ่ (93.75%) และสายพันธุ์ที่พบ คือ พันธุ์ผสม (100.00%) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการติดและแพร่กระจายของโรคพบได้ทั่วไปในสุนัขช่วงวัยเจริญพันธุ์ที่มีอายุเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2 - 5 ปี โดยพบอัตราการเกิดโรคสูงสุดในกลุ่ม สุนัขจรจัด และสุนัขเลี้ยงที่ไม่ได้รับการดูแลเอาใจใส่อย่างเพียงพอ (Das & Das, 2000; Mukaratirwa & Gruys, 2003) เกิดได้ทั้งในสุนัขเพศผู้ และเพศเมีย (Brown et al., 1980; Cohen, 1985; Goldschmidt & Hendrick, 2002; Richardson, 1981) ติดต่อกันได้โดยการผสมพันธุ์ การเลีย การดม หรือแม้แต่การกัดกัน (Karlson & Mann, 1952)

โรคมดลูกอักเสบพบในช่วงอายุ >1 ปี ขึ้นไป (100.00%) และพบในสุนัขเพศเมียเท่านั้น (100.00%) และสายพันธุ์หลักที่พบ คือ พันธุ์ผสม (97.53%) เนื่องจากการเกิดมดลูกอักเสบจะพบได้ก็ต่อเมื่อสุนัขเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ และเป็นสัตว์แล้วเท่านั้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Jitpean et al. (2012) พบว่าอายุของสุนัขที่มักพบว่าเกิดโรคมดลูกอักเสบ ในสุนัขจะอยู่ในช่วงกลางวัย (Middle-aged) ขึ้นไป โดยพบในสุนัขที่อายุเฉลี่ย 7 ปี และมีอุบัติการณ์ของการเกิดโรคสูงขึ้นเมื่อสัตว์มีอายุมากขึ้น โดยทำการศึกษาที่ประเทศสวีเดนพบว่าสุนัขเพศเมียหนึ่งในห้าตัวที่ไม่ได้ทำหมันนั้นเป็นมดลูกอักเสบก่อนอายุ 10 ปี นอกจากนี้ยังมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการติดเชื้อแบคทีเรียเข้าไปในมดลูก หรือได้รับการฉีดยาคูมก่าเนด ทำให้สัตว์ได้รับฮอร์โมน เช่น ฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน หรือฮอร์โมนเอสโตรเจน ซึ่งมีฤทธิ์ในการเพิ่มการตอบสนองต่อฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน มีผลทำให้เกิดมดลูกอักเสบได้มากขึ้น (Von Berky & Townsend, 1993) และจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าสุนัขส่วนใหญ่เป็นสายพันธุ์ผสม แต่ก็ยังพบว่าสุนัขพันธุ์แท้บางสายพันธุ์ เช่น สุนัขสายพันธุ์โกลเด้น รีทรีฟเวอร์ (Golden retriever) พบว่ามีโอกาสเกิดได้โรคมามากกว่าสายพันธุ์อื่น ในขณะที่รายงานของ Jitpean et al. (2012) ที่พบว่าสุนัขสายพันธุ์โกลเด้น รีทรีฟเวอร์ ประมาณ 32% มีภาวะมดลูกอักเสบก่อนอายุ 10 ปี

จากผลการตรวจรอยโรคทางพยาธิวิทยาของโรคมะเร็งบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์ของสุนัขพบรอยโรคมีก่อนเนื้องอกรูปร่างคล้ายดอกกระหล่ำที่บริเวณอวัยวะเพศของสุนัขทั้งเพศผู้และเพศเมีย โดยพบการเกิดโรคในเพศเมียมากกว่าเพศผู้ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ

Sudjaidee et al. (2012) โดยลักษณะรอยโรคที่พบในสุนัขจรจัดส่วนใหญ่จะพบที่อวัยวะสืบพันธุ์ ในเพศเมียจะสังเกตเห็นรอยโรคได้ชัดเจน ส่วนในเพศผู้ต้องเปิดหนังหุ้มลิ้นค้อออกจึงจะเห็นรอยโรค

ลักษณะทางจุลพยาธิวิทยาของเนื้อเยื่อจากการทำ Impression smear จะสอดคล้องกับการรายงานของ Kunakornsawat et al. (2010) พบกลุ่มเซลล์ที่มีรูปร่างกลมจำนวนมากปนอยู่กับเม็ดเลือดแดง และลักษณะของเซลล์มีไซโทพลาซึมติดสีม่วงจาง พบช่องว่างขนาดเล็กอยู่ภายในเซลล์ นิวเคลียสมีรูปร่างกลมขนาดใหญ่ มีเฮทเทอโรโครมาตินชนิดหยาบจำนวนมาก และมีนิวคลีโอลัสขนาดใหญ่เห็นได้ชัดเจนอยู่กึ่งกลางนิวเคลียส นอกจากนี้การพบเนื้องอกชนิดTVT ที่เกิดที่อวัยวะอื่นที่ไม่ใช่อวัยวะเพศภายนอกนั้นทำให้ปัญหาในการวินิจฉัยโรค และอาจทำให้เกิดความสับสนกับการเกิดเนื้องอกชนิดอื่นได้ เช่น เนื้องอกชนิด Mastocytoma, Histiocytomas, Lymphosarcomas, Neuroblastomas และ Reticulum cell Sarcomas (เปรม ชุนถนอม และ จรรยา พุกกะเวส, 2524 และจากการศึกษาของ Oduye et al., 1973) พบว่ามีรายงานที่พบเนื้องอกชนิด TVT ที่อวัยวะอื่นๆ ที่ไม่ใช่อวัยวะเพศภายนอกนั้นมีรายงานน้อยมาก ในกรณีสัตว์ป่วยรายที่พบการเกิด TVT ขึ้นที่หนังตาที่สาม (Third eyelid) นั้นอาจเกิดจากการถูกสุนัขตัวอื่นที่ไปเลียก่อนเนื้องอก TVT แล้วมาเลียตามหน้า ตามตา จึงทำให้เกิดการถ่ายทอดเซลล์ที่ผิดปกติ (Abnormal cell) และเกิดเป็นเนื้องอก TVT ขึ้นที่หนังตาที่สามได้

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาค้นนี้มีจำนวนสุนัขจรจัดทั้งหมดที่มาทำหมัน ณ มูลนิธิเพื่อสุนัขในซอย กรุงเทพมหานคร ระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2563 ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ. 2564 จำนวน 1,482 ตัว พบความชุกของโรคทางระบบสืบพันธุ์ จำนวน 97 ตัว (6.55%) แยกเป็นโรคมะเร็งบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์ จำนวน 16 ตัว (16.49%) ที่อยู่เฉพาะช่วงอายุ >1 ปี ที่เป็นสุนัขพันธุ์ผสม ทั้งสุนัขเพศผู้และเพศเมีย และพบโรคมดลูกอักเสบแบบมีหนอง จำนวน 81 ตัว (83.51%) ในช่วงอายุ >1 ปี ที่เป็นเพศเมีย จำนวน 81 ตัว (100.00%) ของทั้งพันธุ์ผสมและพันธุ์แท้

จากการศึกษาค้นนี้สรุปว่าโรคทางระบบสืบพันธุ์ที่เป็นปัญหาสำคัญในสุนัขจรจัดที่มาทำหมัน ณ มูลนิธิเพื่อสุนัขในซอยกรุงเทพมหานคร คือ โรคมดลูกอักเสบแบบมีหนอง ซึ่งพบร้อยละของโรคมะเร็งถึง 83.51% ของการพบโรคทางระบบสืบพันธุ์ ซึ่งความชุกของการ

เกิดโรคทางระบบสืบพันธุ์ครั้งนี้สามารถเป็นประโยชน์ในการรายงานโรคทางระบบสืบพันธุ์วิทยา รวมทั้งยังเป็นข้อมูลที่ทำให้เจ้าของสุนัขหรือผู้ที่เกี่ยวข้องได้ตระหนักถึงอันตรายและความสำคัญที่เกิดขึ้นกับสัตว์เลี้ยง ซึ่งในประเทศไทยยังนิยมการคุมกำเนิดในสุนัขโดยการฉีดยาคุม จึงทำให้ปัญหานี้ยังพบมาก ดังนั้นการให้คำแนะนำที่ถูกต้อง การรักษาหรือได้รับการผ่าตัด ทำหมันอย่างถูกต้อง จะช่วยลดอัตราการเกิดโรคมดลูกอักเสบ และสาเหตุที่ทำให้สัตว์ สุนัขเสียชีวิต รวมทั้งยังสามารถป้องกันไม่เกิดเนื้องอกหรือมะเร็งเต้านม และโรคระบบสืบพันธุ์ อื่นๆ ได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมูลนิธิเพื่อสุนัขในซอยกรุงเทพมหานคร สัตวแพทย์ และเจ้าหน้าที่ประจำ มูลนิธิทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์และอนุญาตให้ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูล อีกทั้งยังช่วย อำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- นางเยาว์ สุวรรณธาดา. (2544). *โรคในระบบสืบพันธุ์เพศเมียสุนัขและแมว*. คณะสัตวแพทย ศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- เปรม ชุนถนอม และ จรรยา พุกกะเวส. (2524). ทบทวนบทความทางวิชาการและรายงานโรค TRANSMISSIBLE VENEREAL TUMOR ที่เกิดที่อวัยวะอื่นโดยไม่พบที่อวัยวะเพศ ภายนอกของสุนัข. *วารสารสัตวแพทย์*, 1(2), 41-47.
- สุพรรณิการ์ หาญตระกูล. (2557). *การศึกษาคุณสมบัติทางเภสัชจลนศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ ทางคลินิกของยาเคมีบำบัดวินคริสตินในการ รักษาเนื้องอกระบบสืบพันธุ์ชนิด transmissible venereal tumor (TVT) ในสุนัข*. (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)
- นิธิตี เพ็ชรชู, เฉลิมขวัญ นนทะโคตร, นิตยา บุญบาล, อังคณา คนพุดเพระ, สุปรานี จิตรเพียร, พิชัย กาญจนบุตร, นิรพรรณ วงษาไฮ, สุธิดา จันทร์สุน, สุทธิศักดิ์ นพวิญญวงค์ และ นฤพนธ์ คำพา. (2551). *การศึกษาย้อนหลัง: อายุ อาการทางคลินิกและค่าโลหิต วิทยาของสุนัขโรคมดลูกอักเสบแบบมีหนอง*. น. 241-245. ใน: ประชุมวิชาการ

สัตวแพทยศาสตร์ มข. ครั้งที่ 9. วันที่ 11-12 มิถุนายน 2551. คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

- Brown, N. O., Calvert, C., & MacEwen, E. G. (1980). Chemotherapeutic management of transmissible venereal tumors in 30 dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 176, 983-986.
- Cohen, D. (1985). The canine transmissible venereal tumor: a unique result of tumor progression. *Advances in Cancer Research*, 43, 75-112.
- Das, U., & Das, A. K. (2000). Review of canine transmissible venereal sarcoma. *Veterinary Research Communications*, 24(8), 545-556.
- Esmon, C. T., Fukudome, K., Mather, T., Bode, W., Regan, L. M., Stearns-Kurosawa, D. J., & Kurosawa, S. (1999). Inflammation, sepsis, and coagulation. *Haematologica*, 84(3), 254-259.
- Goldschmidt, M. H. & Hendrick, M. J. (2002). Tumors of the Skin and Soft Tissues. In D. J. Meuten (Ed.), *Tumors in Domestic Animals* (4th Ed., pp. 47 - 50) Ames: Iowa State Press.
- Hagman, R. (2022). Pyometra in Small Animals 2.0. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 52(3), 631-657.
- Jitpean, S., Hagman, R., Ström Holst, B., Höglund, O. V., Pettersson, A., & Egenvall, A. (2012). Breed variations in the incidence of pyometra and mammary tumours in Swedish dogs. *Reproduction in Domestic Animals*, 47(6), 347-350.
- Johnson, C. A. (1998). Cystic endometrial hyperplasia and pyometra. In R. W. Nelson, & C. G. Cuouto (Ed.), *Small animal internal medicine* (2nd ed., pp. 870-873) Mosby: St. Louis.
- Karlson, A. G., & Mann, F. C. (1952). The transmissible venereal tumor of dogs. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 54, 1197-1213.

- Kunakornsawat, S. Imsilp, K. Yatbantoong, N. Ratanapob, N. Supsavhad, W. Sreesampanand, S., & Nunklang, G. (2010). Vincristine Chemotherapeutic treatment for Transmissible Venereal Tumor in dogs. *Kamphaengsaen Academic Journal*, 8(2), 103-115.
- Mukaratirwa, S., & Gruys, E. (2003). Canine transmissible venereal tumour: cytogenetic origin, immunophenotype, and immunobiology. A review. *Veterinary Quarterly*, 25, 101-111.
- Oduye, O. O., Ihede, B. O., Esumose, G. E., & Akpokodge, J. U. (1973). Metastatic transmissible venereal tumor in dogs. *Journal of Small Animal Practice*, 14, 625-637.
- Otomo, K., Koike, T., Kudo, T., & Sakai, T. (1981). Histological and Ultrastructural Findings of Regressing Canine Transmissible Venereal Tumor after Repeated Transplantation. *Nihon Juigaku Zasshi*, 43(6), 823-832.
- Prier, J. E., & Johnson, J. H. (1964). Malignancy in canine transmissible venereal tumor. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 145, 1092-1094.
- Richardson, R. C. (1981). Canine transmissible venereal tumor. *Compendium on Continuing Education for the Practising Veterinarian*, 3, 951-959.
- Stockmann, D., Ferrari, H. F., Andrade, A. L., Lopes, R. A., Cardoso, T. C., & Luvizotto, M. C. R. (2011). Canine Transmissible Venereal Tumors: Aspects Related to Programmed Cell Death. *Brazilian Journal of Veterinary Pathology*, 4(1), 67-75.
- Sudjaidee, P., Theewasutrakul, P., Techarungchaikul, S., Ponglowhapan, S., & Chatdarong, K. (2012). Vincristine sulfate combined with L-Asparaginase in clinical vincristine-resistant cases: A case report. *The Thai Journal of Veterinary Medicine*, 42(1), 117-122.

- Tella, M. A., Ajala, O. O., & Taiwo, V. O. (2004). Complete regression of transmissible venereal tumor (TVT) in Nigerian mongrel dogs with vincristine sulphate chemotherapy. *African Journal of Biomedical Research*, 7(3), 133-138.
- Von Berky, A. G., & Townsend, W. L. (1993). The relationship between the prevalence of uterine lesions and the use of medroxyprogesterone acetate for canine population control. *Australian Veterinary Journal*, 70(7), 249-250.

การวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบและลักษณะสัณฐานของรอยเปื้อนแป้งผัดหน้าบนผ้า
ที่แตกต่างกันโดย SEM/EDS สำหรับงานด้านนิติวิทยาศาสตร์
ANALYSIS OF ELEMENT COMPOSITION AND MORPHOLOGICAL
CHARACTERISTICS OF FACE POWDER STAIN ON DIFFERENT
FABRICS USING SEM/EDS FOR FORENSIC APPLICATION

ศุภิสรา นรนิ่ม และ ปริญญา สีลานันท์*

Supisara Norranim and Parinya Seelanan*

คณะนิติวิทยาศาสตร์ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ

Faculty of Forensic Science, Royal Police Cadet Academy

Received: 7 March 2024

Revised: 29 April 2024

Accepted: 30 April 2024

บทคัดย่อ

ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ วัตถุสิ่งของที่สัมผัสแลกเปลี่ยนกันบริเวณหนึ่งสามารถนำมาตรวจเปรียบเทียบและเชื่อมโยงกับพฤติการณ์ที่เกิดขึ้นได้ โดยเฉพาะระหว่างผู้เสียหายกับผู้กระทำผิด เครื่องสำอางเป็นวัตถุที่แลกเปลี่ยนระหว่างบุคคลได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเครื่องสำอางประเภทแป้งผัดหน้าที่ทำการจำลองเป็นรอยเปื้อนบนพื้นผิวผ้าฝ้ายและโพลีเอสเตอร์ วิเคราะห์ลักษณะและธาตุองค์ประกอบด้วย Scanning Electron Microscope ร่วม Energy Dispersive Spectroscopy (SEM/EDS) ผลการวิจัย พบว่า ลักษณะและธาตุองค์ประกอบของผงแป้งจะแตกต่างกันตามชนิดและส่วนผสมของแต่ละผลิตภัณฑ์ แป้งกลุ่มทาลค์มทั้ง 3 ตัวอย่าง มีลักษณะเป็นแผ่นเหลี่ยมขนาดจากเล็กไปใหญ่เป็น $38.6 \pm 4.5 \mu\text{m}$ $42.2 \pm 3.5 \mu\text{m}$ และ $44.3 \pm 8.9 \mu\text{m}$ ผงแป้งกลุ่มซิลิกามีลักษณะทรงกลมขนาด $8.2 \pm 1.2 \mu\text{m}$ ส่วนแป้งกลุ่มไมกาพบเป็นแผ่นทรงเหลี่ยมมีขนาด $12.5 \pm 1.1 \mu\text{m}$ และพบอนุภาคทรงกลมขนาด $13.5 \pm 2.2 \mu\text{m}$ ผสมอยู่ ปริมาณธาตุองค์ประกอบแป้งแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน แป้งกลุ่มทาลค์มมีธาตุหลัก C, O, Mg, และ Si และพบธาตุ Zn ในตัวอย่างที่ตรงกับส่วนผสม

* Corresponding author: ปริญญา สีลานันท์

E-mail: parinya.se@rpca.ac.th

ในผลิตภัณฑ์ แป้งชนิดซิลิกาจะพบธาตุหลัก C, O, และ Si ส่วนแป้งชนิดไมกาจะพบธาตุ C, O, Si และ Mg เป็นหลัก มีธาตุ Al และ K ที่เป็นองค์ประกอบเฉพาะจากแร่ไมกา จากผลการวิจัย รอยเปื้อนแป้งผัดหน้าบนพื้นผิวผ้ามีลักษณะสัญญาณและธาตุองค์ประกอบที่สอดคล้องกับผงแป้งแต่ละชนิด สามารถใช้ตรวจเปรียบเทียบชนิดของแป้งผัดหน้าจากรอยเปื้อนแป้งได้อีกทั้งมีประโยชน์ในการตรวจพิสูจน์และเป็นฐานข้อมูลสนับสนุนงานด้านนิติวิทยาศาสตร์

คำสำคัญ: แป้งผัดหน้า, ธาตุองค์ประกอบ, ลักษณะสัญญาณ, นิติวิทยาศาสตร์

Abstract

In forensic application, the objects that are exchanged in one area can be examined, compared, and linked to the incident, especially between the victim and the offender. Cosmetics are objects that can be exchanged between people. The objective of this research was to study cosmetic face powders that were simulated as stains on cotton and polyester fabric surfaces. Morphological characteristics and element compositions were analyzed by Scanning Electron Microscope combined with Energy Dispersive Spectroscopy (SEM/EDS). The results showed that the characteristics and composition of commercial face powders differed according to the type and ingredients of each product. All 3 samples of talc powder were with square shapes with various sizes of $38.6 \pm 4.5 \mu\text{m}$, $42.2 \pm 3.5 \mu\text{m}$, and $44.3 \pm 8.9 \mu\text{m}$. The silica type powder was in spherical shape of $8.2 \pm 1.2 \mu\text{m}$. The mica type powder was found to be square-shaped pieces with the size of $12.5 \pm 1.1 \mu\text{m}$ containing spherical particles of $13.5 \pm 2.2 \mu\text{m}$ in the powder. The element compositions of selected face powders were different. Talcum based powders contain the main elements of C, O, Mg, and Si while Zn was found in specific sample matched to the product report ingredients. The elements in Silica type powder were found with C, O, and Si. For Mica based powder, main element compositions were C, O, Si, and Mg whereas Al and K which are specifically from Mica minerals were observed. In summary, morphology, and composition of powder stains on fabric surfaces

were consistent with each type of face powder. Hence, it can be used to perform comparison tests for types of face powder from the stain. This can be useful for the examination and as a database to support forensic application.

Keywords: Face Powder, Element Composition, Morphological Characteristics, Forensic Science

บทนำ

ในการตรวจหาพยานหลักฐานและใช้พยานหลักฐานในการยืนยันการกระทำความผิด วัตถุพยานที่มีการแลกเปลี่ยนกันเป็นหนึ่งในปัจจัยที่ทำให้เชื่อมโยงพฤติการณ์ที่เกิดขึ้นได้ (Richard, 2009) โดยเหตุการณ์และการกระทำความผิดส่วนใหญ่จะมีการตรวจพบร่องรอยหลักฐานและตรวจเก็บในสถานที่เกิดเหตุ (Thongpagde & Saksiri, 2022) ในการสืบสวนคดีอาชญากรรมโดยเฉพาะเหตุที่เกี่ยวข้องกับผู้หญิง เครื่องสำอางมีแนวโน้มและสามารถพบเป็นร่องรอยหลักฐาน เนื่องจากผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางเหล่านี้ถูกใช้ในชีวิตประจำวัน สามารถถ่ายโอนจากบุคคลไปสู่พื้นผิวอื่นโดยง่าย เช่น เสื้อผ้า แก้วน้ำ กระดาษเช็ดหน้า และบนพื้นผิวต่างๆ รวมทั้งบุคคลที่อยู่ในสถานที่เกิดเหตุ (Chophi et al., 2019) มีรายงานอ้างถึงว่าเครื่องสำอางได้ถูกตรวจเก็บและนำมาเพื่อช่วยในการสืบสวนคดีฆาตกรรม (Gardner et al., 2013) จากหลักการแลกเปลี่ยนวัตถุพยานประกอบกับรายงานการสืบสวนและตรวจหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ของ เอ็ดมอนด์ โลคาร์ด หรือ Edmond Locard ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1912 ได้มีการศึกษาและพบว่าหลักฐานประเภทผงที่เก็บได้จากบริเวณใต้เล็บของผู้ต้องสงสัยในคดีฆาตกรรมเป็นสารเคมีที่ตรงกับแป้งฝุ่นในห้องนอนของเหยื่อ (Nickell & Fischer, 2014) นักวิทยาศาสตร์จึงได้ศึกษาองค์ประกอบของเครื่องสำอางและประโยชน์ในการใช้เครื่องสำอางเพื่อช่วยสืบสวนและแก้ไขคดีอาชญากรรม (Ezegbogbu et al., 2019)

แป้ง เป็นเครื่องสำอางที่ถูกนำมาใช้สำหรับการแต่งหน้ามาตั้งแต่สมัยโบราณ โดยทั่วไปแป้งนั้นจะมีทั้งแบบผงฝุ่น (loose powder) และแบบอัดแข็ง (compact powder) ตามลักษณะทางภาพภาพและส่วนผสมในเนื้อแป้ง (Steiling et al., 2018) มีรายงานการวิเคราะห์ที่เกี่ยวกับลักษณะและองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางหลายวิธี งานวิจัยที่ผ่านมาพบการตรวจวิเคราะห์ร่องรอยเปื้อนของรองพื้นด้วยวิธีการทางสเปกโตรสโคปี การแยกด้วยโครมาโทกราฟี และเทคนิค SEM-EDX (Gordon & Coulson, 2004) รวมไปถึงการนำ

วิธีทาง Microscopy FTIR Raman XRD และ SEM/EDS ในการวิเคราะห์อนุภาคของ ซิมเมอร์หรือสารตกค้างในเครื่องสำอาง (Najjar et al., 2022) นอกจากนี้ได้มีการศึกษา เครื่องสำอางประเภทแป้งผัดหน้าเพื่อใช้เป็นกรณีศึกษาทางนิติวิทยาศาสตร์ โดยวิเคราะห์ ผลิตภัณฑ์ของแป้งผัดหน้าจำนวน 20 ยี่ห้อ ด้วยเทคนิค Gas Chromatography-Flame Ionization Detector และเทคนิค XRD (ศิริณญา อยู่สุข, 2557) อย่างไรก็ตาม ยังไม่พบ รายงานวิจัยทำการวิเคราะห์แป้งผัดหน้าจากการตรวจเก็บบนพื้นผิวเสื้อผ้าซึ่งคล้ายกับที่ต้อง พบในสถานการณ์จริง ในงานวิจัยนี้ จึงสนใจศึกษาวิเคราะห์เปรียบเทียบลักษณะทางสัณฐาน และปริมาณธาตุองค์ประกอบของรอยเปื้อนแป้งผัดหน้าบนพื้นผิวที่แตกต่างกัน โดยเทคนิค Scanning Electron Microscope ร่วม Energy Dispersive Spectroscopy (SEM/EDS) สำหรับการประยุกต์ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะเหตุการณ์ที่พบร่องรอยหลักฐาน ของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางเป็นวัตถุพยาน เพื่อนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในการสืบสวนโดยใช้ นิติวิทยาศาสตร์ได้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาในงานวิจัยนี้

ตัวอย่างในการวิจัยนี้ได้แก่ ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางแป้งผัดหน้าชนิดฝุ่น (Loose Face Powder) โดยเลือกกลุ่มที่มีส่วนผสมหลักเป็นทัลคัมซึ่งเป็นสารที่ทำให้ลื่น (Slip Effect) กลุ่มที่มีซิลิกาซึ่งเป็นสารดูดซับ (Absorbency) และกลุ่มที่มีส่วนผสมเป็นไมกาซึ่งเป็นสาร ให้ความเงา (Transparency) รวมจำนวน 5 ผลิตภัณฑ์ สุ่มจากผลิตภัณฑ์แป้งผัดหน้าที่นิยม ใช้และมีจำหน่ายในท้องตลาด กำหนดอักษรย่อแทนแป้งผัดหน้าแต่ละยี่ห้อโดยแบ่งกลุ่มทัลคัม (Talcum) ซึ่งมีสูตรทางเคมี คือ $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ เป็นชนิด T แป้งผัดหน้าที่มีซิลิกา (Silica) ซึ่งมีสูตรทางเคมี คือ SiO_2 เป็น S และแป้งผัดหน้าที่มีไมกา (Mica) ซึ่งมีสูตรทางเคมี คือ $KAl_2Si_3AlO_{10}(OH)_2$ เป็น M สำหรับตัวอย่างพื้นผิวที่ประทับรอยเปื้อนแป้งผัดหน้าจะเลือกใช้ ผ้าซึ่งผลิตจากเส้นใยธรรมชาติ คือ ผ้าฝ้าย (cotton) กับผ้าเส้นใยสังเคราะห์ คือ ผ้าโพลี เอสเทอร์ (polyester)

2. วิธีการเตรียมตัวอย่าง

นำแป้งผัดหน้าแต่ละชนิดมาแบ่งจากบรรจุภัณฑ์เพื่อไปวิเคราะห์โดยตรงในการศึกษา ลักษณะทางสัณฐานและธาตุองค์ประกอบของแป้ง ในการวิเคราะห์ลักษณะทางสัณฐานและ

ธาตุองค์ประกอบของรอยเปื้อนแป้ง จะเตรียมตัวอย่างผ้าให้มีขนาดกว้าง x ยาว ประมาณ 3.0×3.0 เซนติเมตร จำนวน 11 แผ่น สำหรับผ้าแต่ละชนิด โดยทำความสะอาดพื้นผิว โดยการเป่าลมเพื่อขจัดฝุ่นละอองที่อาจติดอยู่บนผ้าออกไป และแยกไว้วิเคราะห์ลักษณะทาง สัณฐานและธาตุองค์ประกอบของผ้าแต่ละชนิดอย่างละ 1 แผ่น จากนั้นชั่งแบ่งแป้งผัดหน้า 1 กรัม โรยลงบนชิ้นส่วนของผ้าฝ้ายและผ้าโพลีเอสเตอร์ที่จัดเตรียมวางอยู่บนเครื่องชั่งน้ำหนัก ใช้กระดาษสะอาดปิดลงบนผงแป้งผัดหน้าและนำภาชนะบรรจุน้ำที่มีน้ำหนัก 1 กิโลกรัม วางทับลงไปบนกระดาษเป็นเวลา 3 วินาที จากนั้นนำตัวอย่างรอยเปื้อนที่ได้ไปวิเคราะห์ทันที และแบ่งเก็บตัวอย่างรอยเปื้อนอีกชุด ไปเก็บรักษาในห้องปิดควบคุมอุณหภูมิที่ 25°C เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปวิเคราะห์

3. วิธีการวิเคราะห์

ในการวิเคราะห์แบ่งเป็น 3 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 คือ ลักษณะทางสัณฐานและปริมาณ ธาตุองค์ประกอบของแป้งผัดหน้าจำนวน 5 ผลัดกัน ส่วนที่ 2 คือ ลักษณะทางสัณฐาน และปริมาณธาตุองค์ประกอบของตัวอย่างผ้า และส่วนที่ 3 คือ ลักษณะทางสัณฐานของ รอยเปื้อนแป้งผัดหน้าบนพื้นผิวของผ้าแต่ละชนิด และผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณธาตุ องค์ประกอบของรอยเปื้อนแป้งผัดหน้าที่อยู่บนพื้นผิวของผ้าที่ระยะเวลาต่างกัน นำตัวอย่าง ที่เตรียมไว้มาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM/EDS (Hitachi รุ่น SU1000) โดยใช้ Backscattered- Electron mode ศักย์ไฟฟ้า 15 กิโลโวลต์ (kV) และตรวจเก็บภาพที่กำลังขยาย 500 เท่า วิเคราะห์บริเวณผงแป้งผัดหน้าตัวอย่างจำนวน 3 ตำแหน่ง นำผลการทดลองที่ได้ไปวิเคราะห์ โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistic) ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.) เพื่อเปรียบเทียบชนิดและปริมาณของธาตุองค์ประกอบของรอยเปื้อนแป้ง ผัดหน้าที่อยู่บนพื้นผิว

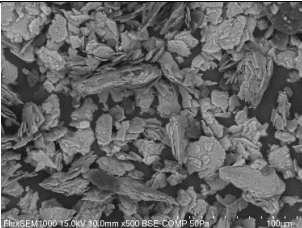
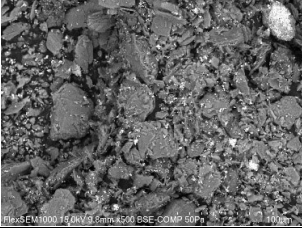
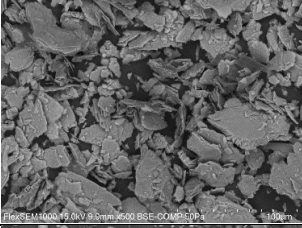
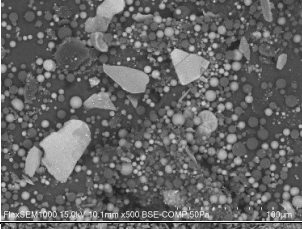
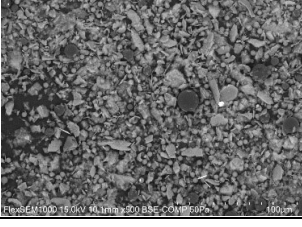
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การวิเคราะห์เปรียบเทียบธาตุองค์ประกอบและลักษณะทางสัณฐานของรอยเปื้อน แป้งผัดหน้าโดย SEM/EDS จากการนำรอยเปื้อนแป้งผัดหน้าจำนวน 5 ผลัดกัน ที่เตรียม บนพื้นผิวของผ้าฝ้ายและผ้าโพลีเอสเตอร์ โดยการประทับเป็นรอยเปื้อนลงบนผ้า มีรายละเอียด ของผลการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1. แบ่งผัดหน้า

ลักษณะทางสัณฐานของตัวอย่างแบ่งผัดหน้าจำนวน 5 ชนิด ทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM แสดงดัง ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ภาพ SEM ของตัวอย่างผงแบ่งผัดหน้า

Powder Type	Symbol	SEM	Powder Size
Talcum	T1		$42.2 \pm 3.5 \mu\text{m}$
	T2		$38.6 \pm 4.5 \mu\text{m}$
	T3		$44.3 \pm 8.9 \mu\text{m}$
Silica	S		$8.2 \pm 1.2 \mu\text{m}$
Mica	M		$12.5 \pm 1.1 \mu\text{m}$

จากการวิเคราะห์ SEM แสดงให้เห็นถึงลักษณะทางสัณฐานของผลิตภัณฑ์แป้งแต่ละชนิด โดยพบลักษณะที่ต่างกัน ตัวอย่างอนุภาคผงแป้งที่มีทัลคัม (Talcum) เป็นส่วนผสมหลักทั้งในยี่ห้อ T1 T2 และ T3 นั้น จะมีลักษณะผลึกเป็นแผ่นหนา รูปทรงเหลี่ยมที่มีขนาดใกล้เคียงกัน โดยพบขนาดของผงแป้งเฉลี่ยในแป้งยี่ห้อ T1 T2 และ T3 เป็น $42.2 \pm 3.5 \mu\text{m}$ $38.6 \pm 4.5 \mu\text{m}$ และ $44.3 \pm 8.9 \mu\text{m}$ ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับลักษณะพื้นผิวของทัลคัมที่เป็นส่วนผสมหลักในสูตรของแป้งทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์นี้ จะพบลักษณะรูปร่างที่คล้ายกัน เมื่อพิจารณาองค์ประกอบอื่นๆ จะสังเกตเห็นว่าตัวอย่างแป้ง T2 จะแตกต่างกับผลิตภัณฑ์ T1 และ T3 โดยพบผงขนาดเล็กกระจายอยู่รอบๆ ซึ่งเป็นสารซิงค์ออกไซด์ (zinc oxide) ที่อยู่ในส่วนผสมของแป้ง สำหรับตัวอย่างแป้งผัดหน้าชนิด S จะพบเป็นผงที่มีรูปร่างเป็นทรงกลม มีขนาดเฉลี่ย $8.2 \pm 1.2 \mu\text{m}$ สอดคล้องกับลักษณะของซิลิกา (Silica) ที่เป็นส่วนผสมหลักในสูตร จากการวิเคราะห์จะพบซิลิกาเป็นทรงกลมสีสว่าง และตรวจพบสารกลุ่มซิลิโคนที่มีรูปร่างทรงกลมสีดำขนาดใหญ่กว่าซิลิกาผสมอยู่ด้วย สำหรับแป้งชนิด M ที่มีส่วนผสมหลักเป็นไมกา (Mica) ผงแป้งจะมีรูปร่างส่วนใหญ่เป็นแผ่นเหลี่ยมขนาดเล็ก โดยพบขนาดเฉลี่ยประมาณ $12.5 \pm 1.1 \mu\text{m}$ สอดคล้องกับส่วนผสมหลักในสูตร และยังพบซิลิโคนที่เป็นลักษณะกลมขนาดประมาณ $13.5 \pm 2.2 \mu\text{m}$ คล้ายกับซิลิโคนที่พบในตัวอย่างแป้งชนิด S ผสมอยู่ด้วย จะเห็นได้ว่าลักษณะทางสัณฐานของแป้งแต่ละชนิด แสดงลักษณะเฉพาะที่ต่างกันในแต่ละแป้งกลุ่ม สามารถจำแนกรูปร่างของอนุภาคผงแป้งได้จากรูปทรงและขนาด หากพบผงแป้งที่เป็นรูปทรงเหลี่ยมหรือทรงกลม และดูรูปร่างของสารที่เป็นส่วนผสมเพิ่มเติม ก็สามารถทำนายและระบุชนิดของแป้งผัดหน้าได้ เมื่อทราบลักษณะทางสัณฐานของผงแป้งแต่ละชนิดแล้ว ได้ทำการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณธาตุองค์ประกอบของแป้งผัดหน้าด้วยเทคนิค EDS เพื่อศึกษาองค์ประกอบที่สำคัญและปริมาณของธาตุที่เป็นองค์ประกอบผลิตภัณฑ์แป้งผัดหน้าที่จำหน่ายในท้องตลาดส่วนมากจะไม่รายงานปริมาณของสารผสมที่ใช้และผลิตเนื่องจากเป็นสูตรทางการค้า การศึกษาธาตุองค์ประกอบจึงมีความสำคัญและสามารถใช้เป็นคุณสมบัติเฉพาะที่ระบุชนิดของแป้งได้ ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณธาตุองค์ประกอบของแป้งผัดหน้าด้วยเทคนิค EDS แสดงดัง ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ธาตุองค์ประกอบของตัวอย่างแป้งผัดหน้าวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM/EDS

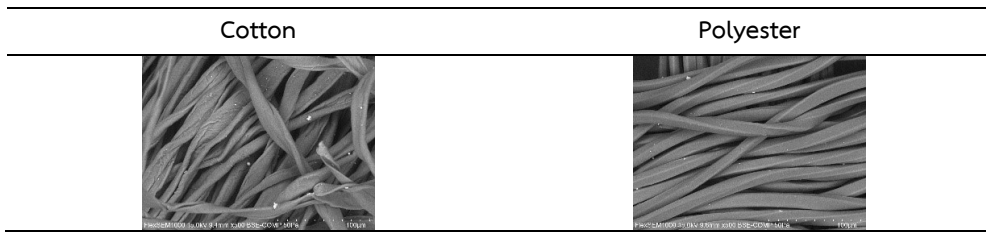
Sample		Element composition (% Weight)							
		C	O	Mg	Al	Si	K	Ti	Zn
T1	Mean	12.66	43.79	16.86	0.58	25.45	-	-	-
	S.D.	6.43	7.88	0.91	0.17	3.03	-	-	-
T2	Mean	13.46	44.53	15.27	0.39	16.73	-	1.28	12.51
	S.D.	6.40	6.74	1.99	0.01	5.54	-	0.62	6.20
T3	Mean	8.63	46.49	17.63	0.28	26.02	-	-	-
	S.D.	1.10	3.33	1.09	0.20	3.46	-	-	-
S	Mean	33.88	42.62	-	0.79	21.25	0.24	0.92	-
	S.D.	10.20	3.05	-	0.11	8.31	0.14	0.46	-
M	Mean	33.58	41.07	6.22	3.71	13.05	2.08	-	-
	S.D.	19.60	4.21	2.55	3.55	7.15	1.68	-	-

จากตารางที่ 2 พบว่าแป้งกลุ่มทลคัม T1, T2 และ T3 มีธาตุองค์ประกอบหลัก C, O, Mg, Al, และ Si คล้ายกัน ยกเว้น T2 ที่พบธาตุ Zn เป็นองค์ประกอบสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ลักษณะสีฐานที่พบเป็นผงขนาดเล็กกระจายอยู่ และเป็นทลคัมชนิดเดียวที่พบธาตุ Ti เป็นองค์ประกอบซึ่งมีลักษณะอนุภาคจำนวนหนึ่งที่คล้ายกันกับแป้งชนิดซิลิกา เมื่อพิจารณาสัดส่วนระหว่างธาตุ C กับ O พบว่าไม่ต่างกันใน แป้ง T1 และ T2 แต่พบว่า แป้ง T3 มีสัดส่วนระหว่างธาตุ C กับ O ต่างกับแป้ง T1 และ T2 อย่างเห็นได้ชัด ส่วนแป้งชนิด S พบธาตุองค์ประกอบหลัก คือ C, O, Al, Si, K และ Ti โดยพบสัดส่วนปริมาณธาตุ C สูงกว่าแป้งในกลุ่มทลคัม สำหรับแป้งชนิด M พบธาตุองค์ประกอบ คือ C, O, Mg, Al, Si และ K ซึ่งแป้งชนิด M มีปริมาณของธาตุ C ใกล้เคียงกับแป้งชนิด S และลักษณะคล้ายกับกลุ่ม T แต่จะตรวจพบธาตุ Al และ K ที่เป็นองค์ประกอบหลักและใช้จำแนกแป้งที่มีแร่ไมกาได้

2. ผ้า

วิเคราะห์ลักษณะทางสีฐานของผ้าฝ้าย (เส้นใยธรรมชาติ) และผ้าโพลีเอสเตอร์ (เส้นใยสังเคราะห์) ด้วยเทคนิค SEM ผลการทดลองแสดงดัง ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณธาตุองค์ประกอบด้วยเทคนิค EDS ของตัวอย่างผ้าที่ใช้เป็นพื้นผิวในการประทับรอยแป้งผัดหน้าในการทดลองแสดงดัง ตารางที่ 4

ตารางที่ 3 SEM ของเส้นใยผ้าฝ้าย (Cotton) และเส้นใยผ้าโพลีเอสเตอร์ (Polyester)



จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นลักษณะพื้นผิวของผ้าแต่ละชนิด ซึ่งพบว่ามีลักษณะเป็นมัดของเส้นใยที่ไม่แตกต่างกัน ผ้าโพลีเอสเตอร์จะมีลักษณะของเส้นใยที่ดูเรียบกว่ามัดเส้นใยมีขนาดประมาณ 20 μm โดยระหว่างมัดผ้าจะยังคงพบเป็นช่องว่างโดยมากตามสภาพการจัดเรียงเส้นใย และจากตารางที่ 4 พบว่ามีธาตุองค์ประกอบ ได้แก่ C, O, Ca ในผ้าฝ้าย และธาตุ C, O, Al, Cl ในผ้าโพลีเอสเตอร์ ซึ่งพบสัดส่วนปริมาณธาตุ C ในผ้าโพลีเอสเตอร์มากกว่าผ้าฝ้าย

ตารางที่ 4 แสดงธาตุองค์ประกอบของผ้าฝ้าย (Cotton) และผ้าโพลีเอสเตอร์ (Polyester)

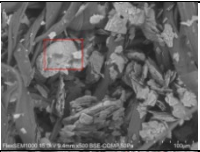
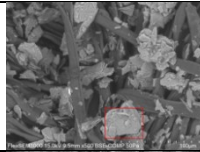
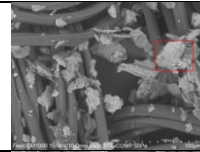
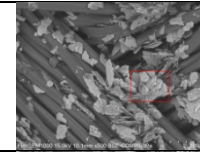
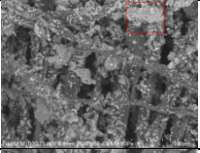
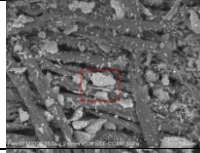
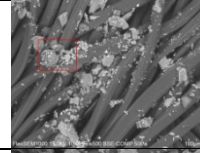
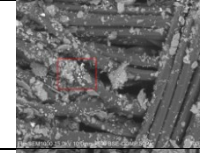
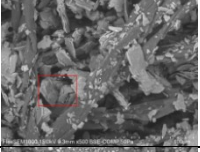
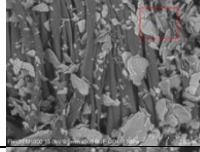
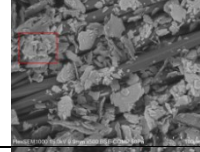
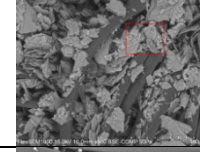
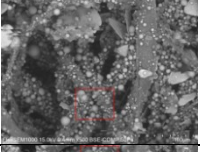
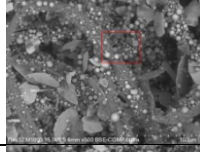
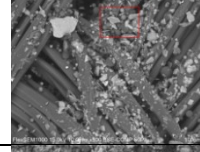
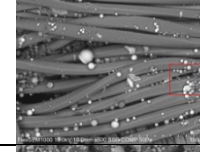
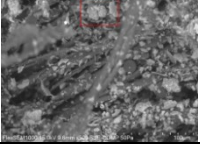
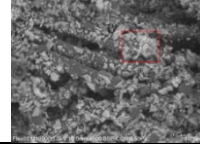
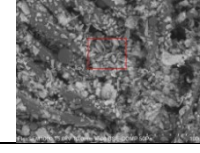
Type		Element composition (%Weight)				
		C	O	Al	Cl	Ca
Cotton	Mean	38.83	57.06	-	-	4.10
	S.D.	4.44	2.25	-	-	2.32
Polyester	Mean	57.87	41.90	0.23	0.46	-
	S.D.	1.12	1.35	0.13	0.27	-

3. รอยเปื้อนแบ่งผัดหน้า

ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางสัณฐานของรอยเปื้อนแบ่งผัดหน้าบนพื้นผิวของผ้าหลังประทับรอยทันทีและเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 5 โดยพบลักษณะสัณฐานของรอยเปื้อนของแบ่งผัดหน้าตัวอย่างบนพื้นผิวของผ้าฝ้ายและโพลีเอสเตอร์ที่ถูกประทับและตรวจเก็บที่ระยะเวลาแตกต่างกัน รอยเปื้อนแบ่งที่มีทึบคมเป็นส่วนผสมหลัก ทั้ง T1, T2 และ T3 มีลักษณะผลึกเป็นแผ่นหนา รูปทรงเหลี่ยมที่มีขนาดเล็กและใหญ่ผสมกัน โดย T2 ยังพบเป็นลักษณะผงขนาดเล็กกระจายอยู่รอบๆ ส่วนรอยเปื้อนของแบ่ง S มีลักษณะทรงกลม รอยเปื้อนแบ่ง M มีลักษณะเป็นแผ่นทรงเหลี่ยมละเอียดเล็กๆ และยังพบรูปร่างทรงกลมของซิลิโคนด้วยเช่นกัน ซึ่งลักษณะสัณฐานของรอยเปื้อนแบ่ง

ผัดหน้าทั้ง 5 ตัวอย่าง สอดคล้องกับลักษณะทางสัณฐานของผ่งแบ่งผัดหน้าจากการวิเคราะห์อนุภาคของแบ่งโดยตรงเมื่อแบ่งออกจากบรรจุภัณฑ์ โดยตรวจเก็บรอยเปื้อนของผ่งแบ่งบนผิวผ้าที่ระยะเวลาหลังประทับรอยทันทีและที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากประทับรอย โดยพบว่าลักษณะทางสัณฐานของรอยเปื้อนแบ่งตัวอย่างทุกชนิดไม่แตกต่างกันทั้ง 2 สภาวะทำการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณธาตุองค์ประกอบของรอยเปื้อนแบ่งผัดหน้าแต่ละชนิดบนผ้าฝ้ายด้วย SEM/EDS ที่ตำแหน่งของอนุภาคผ่งแบ่งที่พบ (กรอบสีแดง) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 6 และได้ทำการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณธาตุองค์ประกอบของรอยเปื้อนแบ่งผัดหน้าแต่ละตัวอย่างบนผ้าโพลีเอสเตอร์ด้วย SEM/EDS ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 5 ภาพ SEM ของรอยเปื้อนแบ่งผัดหน้าบนพื้นผิวผ้าฝ้ายและผ้าโพลีเอสเตอร์ที่ประทับรอยลงบนพื้นผิวทันที (0 hr.) และหลังจากเก็บไว้เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง (24 hr.) และวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบบริเวณที่พบอนุภาคของแบ่งโดยใช้ EDS

ample	Cotton		Polyester	
	0 hr.	24 hr.	0 hr.	24 hr.
T1				
T2				
T3				
S				
M				

ตารางที่ 6 แสดงธาตุองค์ประกอบของรอยเปื้อนแป้งผัดหน้าบนผ้าฝ้ายที่สภาวะหลังประทับรอยทันที (0 hr.) และหลังจาก 24 ชั่วโมง (24 hr.) ด้วย SEM/EDS

Sample		Element composition on cotton surface (%Weight)								
		C	O	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Zn
T1	0 hr.	Mean	27.48	47.92	9.12	0.57	14.18	-	1.09	-
		S.D.	13.52	1.59	5.43	0.26	7.11	-	0.14	-
	24 hr.	Mean	31.26	43.40	9.60	0.31	15.53	-	-	-
		S.D.	8.84	5.24	5.09	0.11	8.44	-	-	-
T2	0 hr.	Mean	26.10	36.06	15.16	0.56	18.78	-	-	2.16
		S.D.	9.97	7.82	0.93	0.29	2.34	-	-	1.24
	24 hr.	Mean	30.81	50.70	7.13	0.34	10.67	-	-	-
		S.D.	8.90	0.84	1.99	0.12	5.86	-	-	-
T3	0 hr.	Mean	26.01	46.37	9.71	1.53	15.90	-	-	-
		S.D.	7.99	3.95	3.19	1.44	8.11	-	-	-
	24 hr.	Mean	29.14	50.84	8.21	-	11.41	-	-	-
		S.D.	12.46	3.43	2.12	-	6.03	-	-	-
S	0 hr.	Mean	20.82	47.20	-	4.34	21.55	3.45	1.10	2.27
		S.D.	9.08	2.16	-	1.96	9.79	1.24	0.64	1.08
	24 hr.	Mean	33.47	42.39	-	1.19	16.35	3.76	-	4.29
		S.D.	2.99	5.02	-	0.81	3.35	1.97	-	2.14
M	0 hr.	Mean	33.18	50.72	3.80	1.71	8.47	1.45	1.01	-
		S.D.	4.03	2.98	1.79	0.74	3.30	0.77	0.25	-
	24 hr.	Mean	30.28	44.21	5.26	2.75	13.59	2.90	1.59	-
		S.D.	2.36	1.83	2.18	1.29	2.41	0.57	0.76	-

จากตารางที่ 6 พบว่ารอยเปื้อนแป้งที่มีທັດคัมเป็นส่วนผสมหลัก T1, T2 และ T3 มีปริมาณของธาตุ C สูงกว่าการวิเคราะห์ตัวอย่างของผงแป้ง (ตารางที่ 2) อาจเป็นเพราะตรวจวัดปริมาณ C จากเส้นใยผ้ารวมอยู่ด้วย เนื่องจากอนุภาคผงแป้งค่อนข้างยึดจับติดบนเส้นใย สำหรับแป้งชนิด S และแป้งชนิด M ยังพบปริมาณธาตุ C ใกล้เคียงกับตัวอย่างผงแป้ง นอกจากนี้ ยังคงพบธาตุที่แสดงถึงส่วนผสมหลักและร่องรอยในผลิตภัณฑ์ของแป้งแต่ละกลุ่มสอดคล้องกับผงแป้งโดยพบ Zn ในแป้ง T2 และพบปริมาณ Al และ K สูงในแป้งชนิดไมกา

ตารางที่ 7 แสดงธาตุองค์ประกอบของรอยเปื้อนแป้งผัดหน้าบนผ้าโพลีเอสเตอร์ที่สภาวะหลังประทับรอยทันที (0 hr.) และหลังจาก 24 ชั่วโมง (24 hr.) ด้วย SEM/EDS

Sample		Element composition on polyester surface (%Weight)							
		C	O	Mg	Al	Si	K	Ti	Zn
T1	0 hr.	Mean	25.85	37.58	13.29	0.37	22.11	-	-
		S.D.	2.16	3.52	2.22	0.21	3.14	-	-
	24 hr.	Mean	34.37	40.29	10.06	0.30	14.97	-	-
		S.D.	11.77	2.61	4.49	0.04	7.21	-	-
T2	0 hr.	Mean	21.00	35.99	11.68	0.62	13.95	-	1.92
		S.D.	7.44	4.15	4.33	0.27	8.32	-	0.81
	24 hr.	Mean	26.65	42.56	11.60	2.19	11.80	-	-
		S.D.	18.78	6.81	6.27	1.76	4.84	-	-
T3	0 hr.	Mean	28.59	46.04	10.82	0.26	14.29	-	-
		S.D.	19.78	3.31	6.92	0.09	9.95	-	-
	24 hr.	Mean	30.86	44.99	9.91	0.20	13.22	-	-
		S.D.	21.54	5.01	7.08	0.12	9.04	-	-
S	0 hr.	Mean	40.61	38.79	1.94	1.37	13.83	3.45	-
		S.D.	4.11	3.90	0.35	0.97	7.95	1.24	-
	24 hr.	Mean	54.11	36.06	-	0.73	4.20	-	-
		S.D.	4.38	6.02	-	0.42	1.29	-	-
M	0 hr.	Mean	22.28	43.10	6.46	6.53	17.51	3.35	-
		S.D.	20.05	6.90	1.59	2.45	8.26	1.97	-
	24 hr.	Mean	33.30	43.64	5.35	2.61	13.04	1.71	-
		S.D.	15.78	3.22	3.15	1.16	6.54	0.86	-

จากตารางที่ 7 พบว่ากลุ่มรอยเปื้อนแป้งที่มีทาลค์เป็นส่วนผสม T1, T2 และ T3 มีปริมาณของธาตุ C สูงกว่าปริมาณธาตุที่วิเคราะห์ได้จากผงแป้งในตารางที่ 2 และสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุจากรอยเปื้อนแป้งผัดหน้าบนพื้นผิวชนิดอื่นดังในตารางที่ 6 เนื่องจากอาจได้รับผลกระทบของ C จากเส้นใยผ้า ในส่วนของแป้งชนิด S ที่มีซิลิกาและแป้งชนิด M ที่มีไมกา ยังตรวจพบปริมาณธาตุ C ใกล้เคียงกับในตัวอย่างผงแป้ง ยังคงตรวจพบธาตุองค์ประกอบสำคัญในองค์ประกอบของแป้งแต่ละชนิดเช่นเดียวกันกับรอยเปื้อนแป้งบนผ้าฝ้าย โดยรอยเปื้อนแป้ง T2 ยังคงพบธาตุ Zn ส่วนในรอยเปื้อนแป้งชนิด M ซึ่งมีลักษณะ

คล้ายกับกลุ่มทัลคัม ยังสามารถตรวจพบธาตุ K และ Al ที่อยู่ในแร่ไมกาทั้งในสภาวะหลังจากการประทับรอยทันทีและหลังจาก 24 ชั่วโมง จึงสามารถจำแนกออกจากกลุ่มทัลคัมได้

จากการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์แบ่งที่ประทับรอยทันทีในบางตัวอย่างยังพบว่ามีความแตกต่างของปริมาณธาตุองค์ประกอบในตัวอย่างที่วิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างที่ตรวจเก็บทันทีกับหลังจาก 24 ชั่วโมง แต่ผลการวิเคราะห์พื้นฐานโดยเฉพาะการวิเคราะห์บนพื้นผิวผ้านั้นไม่พบความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการระบุตำแหน่งของพื้นที่หรืออนุภาคที่จะวิเคราะห์ ด้วยบางบริเวณมีการผสมหรือปนเปื้อนของอนุภาคที่อยู่ในองค์ประกอบผลิตภัณฑ์แบ่งผัดหน้าอย่างไม่เป็นเนื้อเดียวกันเพื่อความถูกต้องและแม่นยำในการวิเคราะห์ผล ต้องคำนึงถึงปัจจัยแทรกซ้อนที่เกี่ยวข้องร่วมกับการวิเคราะห์สัดส่วนปริมาณของธาตุองค์ประกอบร่วมด้วย เมื่อพิจารณาผลการทดลองในภาพรวม แม้ปริมาณของธาตุองค์ประกอบจะมีส่วนเบี่ยงเบนและความแตกต่างระหว่างปริมาณธาตุที่พบในรอยเปื้อนแบ่งและตัวอย่างผงบ่ง อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ลักษณะทางสัญญาณของผลิตภัณฑ์แบ่งผัดหน้าแต่ละชนิดในแต่ละสภาวะ ให้ผลที่มีรูปแบบสอดคล้องตรงกัน เป็นข้อมูลประกอบที่สามารถใช้ระบุผลิตภัณฑ์แบ่งผัดหน้าบนผิวดูตัวอย่างได้

สรุปผลการวิจัย

ในการศึกษารอยเปื้อนแบ่งผัดหน้าจากการตรวจเปรียบเทียบธาตุองค์ประกอบและลักษณะทางสัญญาณของแบ่งผัดหน้าแต่ละชนิดโดยใช้ SEM/EDS พบว่าแบ่งผัดหน้าจากผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมีลักษณะรูปร่าง ขนาด และองค์ประกอบทางกายภาพแตกต่างกัน โดยมีปริมาณธาตุองค์ประกอบหลักที่สอดคล้องกับส่วนผสมตามสูตรหลักของแบ่งแต่ละกลุ่ม นอกจากนี้ รอยเปื้อนแบ่งผัดหน้าที่อยู่บนพื้นผิวผ้าที่แตกต่างกัน มีลักษณะทางสัญญาณของแบ่งผัดหน้าที่ตรงกับลักษณะของผงบ่งผัดหน้าแต่ละชนิด ปริมาณธาตุองค์ประกอบของรอยเปื้อนแบ่งผัดหน้าชนิดซิลิกาและไมกาทั้งก่อนและหลังระยะเวลาที่รอยเปื้อนแบ่งสัมผัสบนผิวดำทั้งเส้นใยผ้าธรรมชาติและเส้นใยสังเคราะห์ไม่แตกต่างกัน แต่พบปริมาณธาตุ C ที่สูงกว่าในผงบ่งชนิดทัลคัม อย่างไรก็ตาม ลักษณะทางสัญญาณของรอยเปื้อนแบ่งที่พบไม่แตกต่างจากผงบ่ง พบว่าลักษณะทางสัญญาณของแบ่งผัดหน้าไม่ขึ้นกับระยะเวลาและพื้นผิวผ้าที่สัมผัส จึงสามารถใช้เป็นข้อมูลในการตรวจเปรียบเทียบชนิดของแบ่งผัดหน้าได้ สามารถนำไปเชื่อมโยงกับพฤติกรรมที่มีการตรวจพบวัตถุพยานชนิดรอยเปื้อนแบ่งบนเครื่องแต่งกาย

ที่ตรวจเก็บมาโดยไม่ทำลายตัวอย่าง ตลอดจนเก็บเป็นฐานข้อมูลลักษณะทางสัณฐานของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่เป็นประโยชน์ในการสืบสวนทางนิติวิทยาศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนอุปกรณ์ เครื่องมือ สิ่งสนับสนุนการเรียนรู้และห้องปฏิบัติการ ตลอดจนข้อมูลความรู้ที่เป็นประโยชน์จาก คณะนิติวิทยาศาสตร์ โรงเรียนนายร้อย ตำรวจ

เอกสารอ้างอิง

ศิริณญา อยู่สุข. (2557). การวิเคราะห์แบ่งผัดหน้าโดยเทคนิค Gas Chromatography (GC) และ X-Ray Diffraction (XRD) สำหรับประยุกต์ใช้ทางนิติวิทยาศาสตร์. *รายงานการประชุมวิชาการและนำเสนอผลการวิจัยระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 5 กลุ่มระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์ วันที่ 25-26 มีนาคม 2557*, 5(1), 181-189. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

Chophi, R., Sharma, S., Sharma, S., & Singh, R. (2019). Trends in the forensic analysis of cosmetic evidence. *Forensic Chemistry*, 14, 100165.

Ezegbogbu, O. M., & Osadolor, B. H. (2019). Comparative Forensic Analysis of Lipsticks Using Thin Layer Chromatography and Gas Chromatography. *International Scholarly and Scientific Research & Innovation*, 13(5), 231-235.

Gardner, P., Bertino, F. M., & Hazelrigg, E. (2013). Analysis of lipsticks using Raman spectroscopy. *Forensic Science International*, 232(1), 67-72.

Gordon, A., & Coulson, S. (2004). The Evidential Value of Cosmetic Foundation Smears in Forensic Casework. *Journal of Forensic Science*, 49(6), 1244-1252.

Najjar, K., Blackledge, D. R., & Bridge, C. (2022). *Leading Edge Techniques in Forensic Trace Evidence Analysis*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

- Nickell, J., & Fischer, J. F. (2014). *Crime science: methods of forensic detection*. University of Kentucky: University Press of Kentucky.
- Richard, S. (2009). *Forensic Science: From the Crime Scene to the Crime Lab*. New Jersey: Pearson: Prentice Hall.
- Steiling, W., Almeida, J. F., Assaf Vandecasteele, H., Gilpin, S., Kawamoto, T., O’Keeffe, L., Pappa, G., Rettinger, K., Rothe, H., & Bowden, M. A. (2018). Principles for the safety evaluation of cosmetic powders. *Toxicology Letters*, 297, 8-18.
- Thongpagde, W., & Saksiri, N. (2022). Developing the Forensic Evidence and Problem in Murder Prosecution. *Journal of Criminology and Forensic Science*, 8(2), 186-203.

Udon Thani Rajabhat University
Journal of Science and Technology

Vol.12 Issue.1 (2024)

ISSN 2287-0083

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

64 ถ.ทหาร ตำบลหมากแข้ง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000
โทรศัพท์: 042-211040 ต่อ 1702 เว็บไซต์: <http://rdi.udru.ac.th>
เว็บไซต์: <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/scudru>
อีเมล: scjournal@udru.ac.th

