



วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร

สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ปีที่ 18 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2566

ISSN : 1905-4963 (Print) ISSN : 2672-9296 (Online)

**PHRANAKHON RAJABHAT
RESEARCH JOURNAL**
(Science and Technology)



วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

Phranakhon Rajabhat Research Journal (Science and Technology)

ปีที่ 18 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2566

Vol. 18 No. 1 January – June 2023

เจ้าของ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

ISSN : 1905-4963 (Print)

ISSN : 2672-9296 (Online)

วัตถุประสงค์

เพื่อเป็นสื่อกลางในการเผยแพร่ผลงานวิชาการและงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ สาขาคณิตศาสตร์ สถิติ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา ชีวเคมี จุลชีววิทยา เทคโนโลยีชีวภาพ เกษตรศาสตร์ วิทยาศาสตร์การอาหาร คหกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ทางทะเล วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิทยาศาสตร์สุขภาพ การพยาบาล การสาธารณสุข คอมพิวเตอร์ วัสดุศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และอุตสาหกรรม สถาปัตยกรรม หรือวิทยาศาสตร์ประยุกต์

ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.เป็รื่อง กิจรัตน์ภร

อธิการบดี

รองศาสตราจารย์ประกาศิต ไสไกร

รองอธิการบดี

ดร.วฤชา ประจักษ์ศักดิ์

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

อาจารย์วราวุธ ยอดจันทร์

คณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนันตกุล อินทรผดุง

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประกายดาว ยิ่งสง่า

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ศาสตราจารย์ ดร.เรณูมาศ มาอ่อน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศาสตราจารย์ ดร.สัลยุทธ์ สว่างวรรณ

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ศาสตราจารย์ ดร.พวงเพ็ญ ศิริรักษ์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ศาสตราจารย์ ดร.ชิตชนก เหลือสินทรัพย์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศาสตราจารย์ ดร.พิเชษฐ ลิ้มสุวรรณ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

รองศาสตราจารย์ ดร.โองการ วนิชชีวะ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

รองศาสตราจารย์ ดร.มนทลี ศาสนันนันทน์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

รองศาสตราจารย์ ดร.ชาลีตา บรมพิชัยชาติกุล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รองศาสตราจารย์ ดร.พีรพล เวทีกุล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รองศาสตราจารย์ ดร.ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

รองศาสตราจารย์ ดร.วสิน เลิศวัฒนารักษ์

มหาวิทยาลัยศิลปากร

รองศาสตราจารย์ ดร.สุพัตรา โพธิ์เอี่ยม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รองศาสตราจารย์ ดร.มนตรี ทองคำ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รองศาสตราจารย์ ดร.อรธพล แก้ววิสัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

รองศาสตราจารย์ ดร.อะเคื้อ กุลประสูติติก

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ลดา มัทธูรศ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรลีน สุภาวาลย์

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนภูมิ ศิริงาม	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภินันท์ สุทธิธารวัช	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวดี ลีมีงสวัสดิ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมฤดี ลักการเวช	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ กำแพงฤทธิ์รงค์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาสุระ อังกุลานนท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ลักขณา ฤกษ์เกษม	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฬาลักษณ์ ขาญกุล	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรวิทย์ สุขัยยะ	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อธิยา รัตนพิทยาภรณ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัยยานันท์ จิตรโรจนรักษ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
อาจารย์ ดร.กิตติพงษ์ เยาวจา	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อาจารย์ ดร.เมธิณี รัตติสาร	กรมสอบสวนคดีพิเศษ
อาจารย์ ดร.ภาคภูมิ บวบทอง	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
อาจารย์ ดร.ภัสสร แสงคล้าย	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

เลขานุการ

อาจารย์ ดร.รัศมี แสงศิริมงคลยิ่ง	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
----------------------------------	-------------------------

ผู้ช่วยเลขานุการ

นางสาวสุปราณี ชมจุมจัง	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
------------------------	---

ผู้ช่วยกองบรรณาธิการ

นางเดือนเพ็ญ สุขทอง	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
นางสาวมัทนา เกตุโพธิ์ทอง	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
นางสาวฐาณวลวรรณ หินกล้า	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
นางสาวศุภราพร เกตุกลม	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
นางสาวทัศนีย์ ปิ่นทอง	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
นายรัชตะ อนุวัชกุล	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
นายจักรพันธ์ ก้อนมณี	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
นางสาววรารัตน์ แสงสุริศรี	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
นางบุษราคกรณ์ บุตรีอุ้นส์	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
นางสาวธนพร ขนาธิปภรณ์	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
นายวิวิธ หล่อศรีจันทร์	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

ติดต่อกองบรรณาธิการ

สถาบันวิจัยและพัฒนา ชั้น 4 อาคารเบญจมาภักดิ์ (อาคาร 13) มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร 9 ถนนแจ้งวัฒนะ แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร 10220 โทรศัพท์ / โทรสาร 0-2544-8629 Email: PRRJ_Scitech@pnru.ac.th

กำหนดตีพิมพ์

2 ฉบับ ต่อปี (มกราคม-มิถุนายน และกรกฎาคม-ธันวาคม)

การเผยแพร่

ผู้ที่สนใจสามารถค้นหาที่ http://PRRJ_Scitech@pnru.ac.th/ และ https://www.tci-thaijo.org/index.php/PRRJ_Scitech/user

พิมพ์ที่

ทจก. ประยูรสาส์นไทย การพิมพ์ : เลขที่ 44/132 ถ.ก้านน้มน้ำแขวงบางขุนเทียน เขตจอมทอง กทม. 10150
โทรศัพท์ : 0 - 2802 - 0377, 0 - 2802 - 0379, 08 - 1566 - 2540

บทบรรณาธิการ

วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ปีที่ 18 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2566 ได้รวบรวมบทความ เพื่อเผยแพร่และแลกเปลี่ยนความรู้ทางวิชาการ และการวิจัยของคณาจารย์ นักศึกษา และผู้ทรงคุณวุฒิทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย

เนื้อหาสาระในวารสารฉบับนี้มีบทความเกี่ยวกับศาสตร์ทางด้าน วิทยาศาสตร์สุขภาพ และ วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร วัสดุศาสตร์ และวิทยาศาสตร์เครื่องสำอางค์ ทุกเรื่องมีความน่าสนใจและเป็นประโยชน์เหมาะสมกับผู้อ่านหลากหลายสาขาอย่างมาก ซึ่งบทความทุกบทความ ยังได้ผ่านการกลั่นกรองอย่างเข้มข้นจากผู้ทรงคุณวุฒิทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยที่มีความเชี่ยวชาญ ในเรื่องนั้น ๆ เป็นที่เรียบร้อยแล้ว กองบรรณาธิการหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวารสารฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ทางวิชาการ สำหรับนักวิชาการ นักวิจัย คณาจารย์ นักศึกษา และผู้ที่สนใจต่อไป

การจัดทำวารสารฉบับนี้ สำเร็จได้ด้วยความร่วมมืออย่างดียิ่งจากผู้เขียนบทความ ผู้ทรงคุณวุฒิ กองบรรณาธิการ ตลอดจนบุคคลท่านอื่น ๆ ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประกายดาว ยิ่งสง่า
บรรณาธิการวารสารวิจัยราชภัฏพระนคร
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ (Readers)

ประจำวารสารวิจัยราชภัฏพระนคร (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)

รองศาสตราจารย์ ดร.ศศมล ผาสุข	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หทัยทิพย์ นิมิตรเกียรติไกล	มหาวิทยาลัยพะเยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นงนุช นวพันธุ์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พินดา เรณูมัลย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษ สุจริตตั้งธรรม	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ละอองทิพย์ มัทธูรศ	มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
ดร.จุฑาสิริ โรหิตรัตนนะ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ดร.คันสนีย์ อุดมระติ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.จิตติโสภา เฉลียวศักดิ์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ดร.ศิริลักษณ์ สุรินทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.พีรพงศ์ งามนิคม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.พิชิตชัย บุตรน้อย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ดร.อำนาจ เจริรัตน์	มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี
ดร.อมร ฤกษ์พนันธุ์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ดร.ปัญจพร สันทัดเลขา	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
ดร.อโณทัย ผาสุข	โรงพยาบาลบางละมุง
ดร.อัญญา พลดเปลื้อง	วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี จักรีรัช
ดร.วรเดช ช้างแก้ว	นักวิชาการอิสระ

สารบัญ

หน้า

บทบรรณาธิการ	ก
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ	ข
สารบัญ	ค

บทความวิจัย

- การพัฒนาคุกกี้โดยใช้แป้งเมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลีบางส่วน
จุฑามาศ มุลวงศ์ อธิรินทร์ ฉายศิริโชติ และ ธนิดา ฉั่วเจริญ..... 1
- การศึกษาเปรียบเทียบผลการไหลและปริมาณของน้ำมันในมารดาหลังคลอดที่รับการนวด
และประคบด้วยลูกประคบสมุนไพรกับมารดาหลังคลอดที่รับประทานยาสมุนไพรกระตุ้นน้ำมัน
สูตรโรงพยาบาลสิงหนคร เสริมจากการนวดและประคบด้วยลูกประคบสมุนไพร
โรงพยาบาลสิงหนคร อำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา
เนรัญชรา แสงทักษิณ และ ธวัชชัย กมลธรรม..... 15
- การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำดอกโสนพร้อมดื่มโดยใช้สารให้ความหวานซูคราโลส
เบญจางค์ อัจฉริยะโพธา และ สรณะ จันทร์วิบูล..... 32
- การสำรวจสภาพแสงสว่างและความรู้สึกลดภัยจากอาชญากรรมบนทางเท้าสาธารณะ
ของคนไทยกรณีศึกษาพื้นที่ในเขตพระนคร
พรรณวดี โรจนศิริ และ นวพลวรรณ ทวยเจริญ..... 45
- การผลิตเซรามิกรูปทรงจากแก้วโซดาไลน์เพื่อเป็นวัสดุตกแต่งและปลดปล่อยน้ำมันหอมระเหย
สุทธาทิพย์ ทองเล่ม เปมิกา ขำวีระ และ ณรงค์ฤทธิ์ หล้าพันธ์..... 55
- ผลของผงดักแด้ใหม่อี่รู่ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์บราวนี่
อินทิรา ลิจินทร์พร นันทชนก นันทะไชย และ ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์..... 69
- การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์แชมพูและโลชั่นที่มีส่วนผสมของน้ำมันเมล็ดเงาะ
พนิดา แสนประกอบ ฉัตรทริกา เวียงแก้ว และ เปรมฤดี อินทนะ..... 84

ภาคผนวก

รายละเอียดการเตรียมบทความ.....	96
ขั้นตอนการพิจารณาบทความ.....	100
รูปแบบบทความเพื่อส่งตีพิมพ์.....	101
จริยธรรมในการตีพิมพ์.....	106

การพัฒนาคุกกี้โดยใช้แป้งเมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลีบางส่วน

DEVELOPMENT OF COOKIES USING PARTIAL SUBSTITUTION OF WHEAT FLOUR WITH JACKFRUIT (*ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS*) SEED FLOUR

จุฑามาศ มุลวงศ์^{1*}, อีรินทร์ ฉายศิริโชติ² และ ธนิดา ชั่วเจริญ¹

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา กรุงเทพมหานคร 10300

²คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

Jutamas Moolwong^{1*}, Teerin Chysirichote² and Thanida Chuacharoen¹

¹Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University, Bangkok 10300

²Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute
of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

*E-mail: jutamas.mo@ssru.ac.th

Received: 08-09-2022

Revised: 13-02-2023

Accepted: 13-02-2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาขนาดอนุภาคของแป้งเมล็ดขนุนต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของคุกกี้โดยใช้แป้งเมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 20 40 และ 60 โดยศึกษาคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมเปรียบเทียบกับคุกกี้เนยสดสูตรมาตรฐาน ผลการทดลองพบว่าคุกกี้สูตรทดแทนร้อยละ 20 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมและลักษณะปรากฏสูงที่สุด รองลงมาคือ สี กลิ่น รสชาติ โดยลักษณะเนื้อสัมผัสได้คะแนนต่ำสุด จากนั้นศึกษาอิทธิพลของขนาดอนุภาคแป้งเมล็ดขนุน 3 ระดับ คือ <0.3 มิลลิเมตร 0.3-0.5 มิลลิเมตร และ 0.5-0.8 มิลลิเมตร ต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของคุกกี้ พบว่าคุกกี้สูตรแป้งเมล็ดขนุนขนาดอนุภาค 0.5-0.8 มิลลิเมตร ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด รองลงมาคือ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่น สี ตามลำดับ จากนั้นนำคุกกี้สูตรที่ได้มาวิเคราะห์ค่าสี เนื้อสัมผัส และอัตราการแผ่ขยาย พบว่าคุกกี้มีสีน้ำตาลเข้มขึ้น เนื้อสัมผัสกรอบเพิ่มขึ้น และอัตราการแผ่ขยายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับคุกกี้สูตรมาตรฐาน ผลการทดสอบทางด้านเคมีพบว่า การเติมแป้งเมล็ดขนุนเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการทางด้านโปรตีน เส้นใย และไขมันมากขึ้น ส่วนผลการทดสอบทางจุลินทรีย์พบว่าจุลินทรีย์ทั้งหมด <1x10⁴ CFU/g ยีสต์และรา <100 CFU/g และ *E.coli* <3 MPN/g ซึ่งไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์คุกกี้ ดังนั้นการใช้ประโยชน์จากแป้งเมล็ดขนุนเพื่อทดแทนแป้งสาลีสามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการสำหรับผลิตภัณฑ์เบเกอรี่โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุกกี้เนยได้

คำสำคัญ: แป้งเมล็ดขนุน คุกกี้ ขนาดอนุภาคแป้ง การทดแทนแป้งสาลีบางส่วน

ABSTRACT

The objective of this research was to study the effect of the particle size of jackfruit seed flour on cookie texture that was partially substituted with wheat flour at ratios of 20%, 40%, and 60%. The study used sensory evaluation in terms of appearance, color, taste, texture, and overall liking attributes compared with a standard butter cookie. The results showed the formulation of the cookie substituted with 20% of jackfruit seed flour received the most scores of overall liking and appearance, followed by color and taste attributes and texture received the least, respectively. Subsequently, the effect of jackfruit seed flour particle size defined as <0.3 mm, 0.3-0.5 mm and 0.5-0.8 mm on the texture of the cookies were studied. The results showed the cookie substituted with 0.5-0.8 mm particle size of the flour received mostly accept scores of overall liking, appearance, texture, taste, and color, respectively. Then, the most accepted cookie was evaluated physically in terms of color, texture, and spread ratio. The cookies had darker brown, crispier, and significantly smaller than the control cookies. For chemical analysis, it was obviously seen that the substitution of wheat flour with jackfruit seed flour increased protein, fiber, and ash including moisture contents in the cookie. The microbiological qualities found in the total plate counts of the cookies were $<1 \times 10^4$ CFU/g, yeast and mold counts were <100 CFU/g and *E.coli* was also <3 MPN/g, which were acceptable according to the national regulations of cookie products. Thus, using jackfruit seed waste as flour to partially substitute wheat flour is a promising way to enhance nutritional value of bakery products especially butter cookies.

Keywords: Jackfruit seed flour, Cookies, Flour particle size, Wheat flour partial substitution

บทนำ

คูกี้เป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบที่คนไทยนิยมบริโภคกันอย่างกว้างขวาง โดยมีลักษณะกรอบ ร่วน รสหวาน ขนาด รูปร่าง กลิ่นรส แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของคูกี้ วัตถุดิบหลักคือแป้งสาลีซึ่งมีกลูเตนเป็นส่วนประกอบสำคัญ ทำหน้าที่ให้โครงสร้างแก่ผลิตภัณฑ์ (Tanasombun et al., 2014) เมื่อร่างกายได้รับกลูเตนจะผลิตสารแอนติบอดีออกมาทำลายเนื้อเยื่อของลำไส้เล็กเกิดอาการอักเสบ ทำให้ระบบภูมิคุ้มกันทำงานผิดปกติ หรือที่เรียกว่า โรคภูมิแพ้กลูเตน (Coeliac disease) ซึ่งสามารถทำให้บรรเทาได้โดยลดการรับประทานอาหารที่มีส่วนประกอบของกลูเตน (Murray, 1999) ขนุนเป็นผลไม้ทางเศรษฐกิจเพื่อการบริโภคส่งออกทั้งในประเทศและต่างประเทศที่สำคัญของประเทศไทย รัฐบาลมีการส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการแปรรูปในระดับอุตสาหกรรม เช่น ขนุนทอด ขนุนอบแห้ง ขนุนในน้ำเชื่อม ขนุนบรรจุกระป๋อง เป็นต้น (Subanmanee, 2021) จากภาคอุตสาหกรรมการแปรรูปขนุนมีเมล็ดขนุนที่เป็นของเหลือทิ้งปริมาณร้อยละ 10-15 โดยน้ำหนักของขนุนทั้งหมด เมล็ดของขนุนสุกเป็นอาหารที่มีประโยชน์ให้พลังงานและโปรตีนสูง รวมทั้งมีเกลือแร่และวิตามิน คาร์โบไฮเดรตในเมล็ดขนุนเป็นประเภท polysaccharides เชิงเส้น ประกอบด้วยอะมิโลสและอะมิโลเพกตินที่เป็นคุณสมบัติของแป้งและยังช่วยบำรุงสมอง ลดความเครียด ช่วยลดความดัน เพราะมีโพแทสเซียมสูง ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคหัวใจ เมล็ดขนุนยังมีสารฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) ซึ่งเป็นสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระประเภทสารพอลิฟีนอล (Polyphenol)

(Wongarun, 2019) งานวิจัยของ Wongarun (2019) แสดงคุณค่าทางโภชนาการของเมล็ดขนุนต้มสุก 100 กรัม ให้พลังงาน 140-185 แคลอรี เป็นคาร์โบไฮเดรต 38 กรัม โปรตีน 7 กรัม ไขมันน้อยกว่า 1 กรัม และไฟเบอร์ 1.5 กรัม

การใช้ประโยชน์จากเมล็ดขนุน เช่น ต้มรับประทาน ใส่ในอาหารประเภทแกงกะทิ แกงไตปลา หรือทำเป็น ไล้ขนมต่าง ๆ แทนการใช้ถั่วหรือเผือก (Chuamsomphong et al. 2014) เมื่อเทียบกับปริมาณผลผลิตแล้วจะเห็น ได้ว่ามีการนำมาใช้ประโยชน์ค่อนข้างน้อย งานวิจัยของ Nutalai et al. (2014) ศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วย แป้งเมล็ดขนุนต่อคุณภาพคุกกี้ พบว่าที่ระดับการทดแทนร้อยละ 0 ถึง 20 ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวม ไม่แตกต่างกับคุกกี้แป้งสาลีล้วน และเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุนทำให้คุกกี้มีความแข็งลดลง ขนาดอนุภาค ของแป้งสาลีมีความสำคัญต่อคุณภาพของคุกกี้ โดยแป้งที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นส่งผลให้คุกกี้มีความแข็ง ลดลง (Belorio et al., 2019) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Barak et al., (2014) ทำการศึกษาขนาดอนุภาคของแป้ง โดยทำการบดเชิงกลให้มีขนาดอนุภาคเล็กลงและแยกขนาดด้วยตะแกรงร่อน พบว่าการบดเชิงกลเป็นสาเหตุทำให้เกิด การแตกหักเพิ่มขึ้นของเม็ดแป้งซึ่งส่งผลต่อการนำไปใช้ทำคุกกี้

ดังนั้นการนำเมล็ดขนุนไปแปรรูปเป็นแป้งเพื่อใช้กับผลิตภัณฑ์เบเกอรี่จะช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับเมล็ดขนุนได้ เนื่องจากแป้งเมล็ดขนุนมีคุณสมบัติทางเคมีคล้ายคลึงกับแป้งที่ได้จากธัญชาติ (Rengsutthi & Charoenrein, 2011) การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุนที่ระดับสูงกว่าร้อยละ 20 จะช่วยลดสัดส่วนสารกลูเตนที่พบในผลิตภัณฑ์ เบเกอรี่ได้อีกด้วย

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุนบางส่วน ขั้นตอนแรกทำการศึกษาอัตราส่วนของแป้งเมล็ดขนุนที่ระดับร้อยละ 20 40 และ 60 ด้วยวิธีการทดสอบทางประสาท สัมผัสเพื่อหาอัตราส่วนการทดแทนที่ดีที่สุด จากนั้นศึกษาขนาดอนุภาคของแป้งเมล็ดขนุนโดยการบดเชิงกลและแยก ขนาดอนุภาคด้วยตะแกรงร่อนที่ระดับเล็กลง 0.3 มิลลิเมตร ขนาด 0.3 ถึง 0.5 มิลลิเมตร และขนาด 0.5 ถึง 0.8 มิลลิเมตร เพื่อลักษณะทางกายภาพของคุกกี้ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ตรงต่อความต้องการของผู้บริโภคและยังเป็นผลิตภัณฑ์ ทางเลือกให้ผู้บริโภคที่ใส่ใจในสุขภาพ นำไปสู่การเพิ่มมูลค่าให้กับเมล็ดขนุนและลดการสูญเสียผลผลิตทางการเกษตรได้ อีกทั้งยังเป็นการพัฒนาศักยภาพการผลิตผลิตภัณฑ์แปรรูปจากวัตถุดิบทางเกษตรให้กับเกษตรกรผู้ปลูกขนุน สร้างรายได้ สร้างอาชีพและสามารถนำผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาไปต่อยอดเชิงพาณิชย์ได้อีกด้วย

วิธีการ

วัตถุดิบและอุปกรณ์

เมล็ดขนุน ตู้อบลมร้อน (Tray dryer) เครื่องวัดสี (Spectrophotometer รุ่น Color Quest XE) เครื่องบดละเอียด (รุ่น CT 293 Cyclotec) เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge รุ่น SUPRA 22K High-Speed Refrigerate Centrifuge) เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-Visible spectrophotometer รุ่น Evolution 201) เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer TA.XT Plus, Texture Technologies Corporation, Scarsdale, NY, USA) และเครื่องวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ (Aqualab 4TE)

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมแป้งเมล็ดขนุน

นำเมล็ดขนุนต้มมาปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้นบางขนาดประมาณ 1.5 เซนติเมตร นำเข้าตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง นำมาบดด้วยเครื่องบดละเอียด จากนั้นนำไปแยกขนาดด้วยตะแกรงร่อน

3 ขนาด คือ เล็กกว่า 0.3 มิลลิเมตร ขนาด 0.3 ถึง 0.5 มิลลิเมตร และขนาด 0.5 ถึง 0.8 มิลลิเมตร เพื่อให้ได้ แป้งเมล็ดขนุนที่มีขนาดอนุภาคแตกต่างกันอย่างชัดเจน

2. การเตรียมคุกกี้

ซึ่งส่วนผสมตามสูตรต่าง ๆ (ตารางที่ 1) วิธีทำเริ่มจากร่อนแป้งสาลีกับผงฟูเตรียมไว้ จากนั้นตีเนยกับน้ำตาลให้ขึ้นฟู ใส่ไข่ไก่ กลิ่นวานิลลา เกลือ ลงไปตีผสมให้เข้ากัน ใส่แป้งสาลีและแป้งเมล็ดขนุนลงในส่วนผสมตีให้ส่วนผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกันอีกครั้ง นำส่วนผสมที่ได้มาชั่งน้ำหนักขึ้นละ 10 กรัมแล้วนำไปกดให้ขึ้นรูป นำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15-20 นาที พักให้เย็นและเก็บตัวอย่างคุกกี้เพื่อใช้ทดสอบต่อไป

3. การหาสูตรมาตรฐานคุกกี้เนย

ขั้นตอนการเตรียมคุกกี้ดัดแปลงสูตรจาก Seniwong Na Ayutthaya (1998), Keeariyo (2019) และ Wilamas et al. (2008) โดยทำการปรับน้ำหนักส่วนผสมเป็นร้อยละ ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ซึ่งเป็นบุคคลทุกกลุ่มวัย จากนั้นศึกษาหาอัตราส่วนแป้งเมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลีในคุกกี้ที่ได้รับคะแนนความชอบจากผู้ทดสอบมากที่สุด

ตารางที่ 1 สูตรพื้นฐานคุกกี้ 3 สูตร

ส่วนผสม	น้ำหนักส่วนผสม (ร้อยละ)		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
แป้งสาลีเอนกประสงค์	37.07	36.99	33.58
เนยสด	27.80	32.89	35.98
น้ำตาลทราย	21.62	17.27	19.19
ผงฟู	0.77	1.37	1.20
ไข่ไก่	12.36	10.96	9.60
กลิ่นวนิลลา	0.39	0.34	0.29
เกลือ	-	0.17	0.15

หมายเหตุ : สูตรที่ 1 ดัดแปลงจาก Seniwong Na Ayutthaya (1998); สูตรที่ 2 ดัดแปลงจาก Keeariyo (2019); สูตรที่ 3 ดัดแปลงจาก Wilamas et al. (2008) น้ำหนักส่วนผสมคิดเป็นร้อยละทั้งหมด

4. การหาอัตราส่วนแบ่งเมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลี

นำสูตรคุกกี้ที่ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดมาทำการศึกษาหาอัตราส่วนของแบ่งเมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลี โดยมีอัตราส่วนการทดแทนแป้งสาลีด้วยแบ่งเมล็ดขนุน 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 20 40 และ 60 ของน้ำหนักแป้งสาลี (ตารางที่ 2) จากนั้นนำคุกกี้ที่ได้ไปทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ จากผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ซึ่งเป็นบุคคลทุกกลุ่มวัย เพื่อนำสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดไปศึกษาขนาดอนุภาคของแบ่งเมล็ดขนุนในคุกกี้ต่อไป

ตารางที่ 2 อัตราส่วนของแบ่งเมล็ดขนุนที่ใช้ทดแทนแป้งสาลี

ส่วนผสม	น้ำหนักส่วนผสม (ร้อยละ)			
	สูตรควบคุม	สูตรที่ 1 (ร้อยละ 20)	สูตรที่ 2 (ร้อยละ 40)	สูตรที่ 3 (ร้อยละ 60)
แบ่งเมล็ดขนุน	-	7.41	14.83	22.24
แป้งสาลีอเนกประสงค์	37.07	29.71	22.24	14.83
เนยจืด	27.80	27.80	27.80	27.80
น้ำตาลทราย	21.62	21.62	21.62	21.62
ผงฟู	0.77	0.77	0.77	0.77
ไข่ไก่	12.36	12.36	12.36	12.36
กลิ่นวนิลา	0.39	0.39	0.39	0.39

หมายเหตุ : น้ำหนักส่วนผสมคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักทั้งหมด; สูตรที่ 1 หมายถึงทดแทนแป้งสาลีด้วยแบ่งเมล็ดขนุนร้อยละ 20, สูตรที่ 2 หมายถึงทดแทนแป้งสาลีด้วยแบ่งเมล็ดขนุนร้อยละ 40 และสูตรที่ 3 หมายถึงทดแทนแป้งสาลีด้วยแบ่งเมล็ดขนุนร้อยละ 60 ตามลำดับ

5. ศึกษาผลของขนาดอนุภาคของแบ่งเมล็ดขนุนต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของคุกกี้

นำสูตรคุกกี้ที่มีอัตราส่วนของแบ่งเมล็ดขนุนที่ระดับความชอบมากที่สุดมาทำการศึกษาขนาดอนุภาคของเมล็ดแบ่งขนุนในคุกกี้ โดยมีอนุภาคขนาดเมล็ดแบ่ง 3 ขนาด ได้แก่ เล็กกว่า 0.3 มิลลิเมตร ขนาด 0.3 ถึง 0.5 มิลลิเมตร และขนาด 0.5 ถึง 0.8 มิลลิเมตร วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทำการผลิตแบ่งเมล็ดขนุนทั้งหมด 3 ครั้ง และนำไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ซึ่งเป็นบุคคลทุกกลุ่มวัย เพื่อศึกษาอิทธิพลของอนุภาคขนาดของเมล็ดแบ่งที่แตกต่างกันต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของคุกกี้

6. ศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของคุกกี้แบ่งเมล็ดขนุน

ทำการวิเคราะห์ค่าสี ด้วยเครื่อง Colorimeter รุ่น Chroma meter CR-400 โดยนำตัวอย่างคุกกี้ใส่ในถุง พลาสติก วัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสีส่องไปบนตัวอย่าง รายงานผลเป็นค่า L^* a^* และ b^* โดยค่า L^* หมายถึง

ค่าความสว่าง (Lightness) มีค่าอยู่ระหว่าง 0 -100, ค่า a^* หมายถึง อยู่ในทิศของสีแดงและ $-a^*$ หมายถึง อยู่ในทิศของสีเขียว ส่วนค่า b^* หมายถึง อยู่ในทิศของสีเหลืองและ $-b^*$ หมายถึง อยู่ในทิศของสีน้ำเงิน นอกจากนี้ยังทำการวัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง โดยใช้หัวทดสอบแบบหัวตัด เพื่อวัดความแข็งและความกรอบของคุกกี้ ความเร็วที่ใช้ทดสอบคือ 2.5 มิลลิเมตรต่อวินาที โดยตัวอย่างที่ใช้ในการวัดต้องมีขนาดที่เท่ากัน จากนั้นทำการวัดค่าอัตราการแผ่ตัว (Spread ratio) โดยใช้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์วัดขนาดคุกกี้หลังจากการอบ (AACC, 2000)

7. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของคุกกี้แบ่งเมล็ดขนุน

ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณไขมัน โปรตีน โยอาหาร เถ้า คาร์โบไฮเดรต และความชื้น (AOAC, 2000)

8. ศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ของคุกกี้แบ่งเมล็ดขนุน

ทำการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate counts) และปริมาณยีสต์ และรา (Yeast and mold counts) และ *E. coli* ตามวิธี FDA (2001)

9. ศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของคุกกี้แบ่งเมล็ดขนุน

ประเมินผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD แล้วนำผลที่ได้ไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยวิธีการให้คะแนนความชอบมี 9 ระดับ (9-point hedonic scale) โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนทุกกลุ่มวัย จำนวน 30 คน

10. การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS version 26 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาสูตรมาตรฐานของคุกกี้จำนวน 3 สูตร (ตารางที่ 3) พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบ สูตรที่ 1 มากที่สุด โดยพบว่าคะแนนความชอบจากการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสทางด้านลักษณะปรากฏ (คะแนน 7.4) และสี (คะแนน 7.5) ในระดับปานกลาง และความชอบด้านกลิ่น (คะแนน 6.9) รสชาติ (คะแนน 6.9) และเนื้อสัมผัส (คะแนน 6.9) ในระดับชอบเล็กน้อย ส่วนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง (คะแนน 7.3) เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังนั้นจึงเลือกสูตรที่ 1 เพื่อนำมาศึกษาการปรับปรุงสูตรผสมแบ่งเมล็ดขนุนในคุกกี้

ตารางที่ 3 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คุกกี้สูตรพื้นฐาน 3 สูตร

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	คะแนนประเมินทางประสาทสัมผัส		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ลักษณะปรากฏ	7.4 ± 1.1 ^a	7.0 ± 1.2 ^a	6.1 ± 1.5 ^b
สี	7.5 ± 1.1 ^a	6.9 ± 1.3 ^b	5.9 ± 1.7 ^c
กลิ่น ^{ns}	6.9 ± 1.4	6.9 ± 1.3	6.7 ± 1.7
รสชาติ ^{ns}	6.9 ± 1.5	6.9 ± 1.3	6.7 ± 1.7
เนื้อสัมผัส ^{ns}	6.9 ± 1.4	6.6 ± 1.4	6.3 ± 1.5
ความชอบโดยรวม	7.3 ± 1.1 ^a	7.2 ± 1.1 ^a	6.5 ± 1.4 ^b

หมายเหตุ : ^{a, b, c} ตัวอักษรต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95; ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 4 พบว่าสูตรที่ได้รับการชอบจากผู้ทดสอบมากที่สุดคือ สูตรที่ 1 ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุนที่ร้อยละ 20 ต่อน้ำหนักแป้งสาลี อย่างมีนัยสำคัญระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งจะเห็นได้ว่าสูตรที่ผสมแป้งเมล็ดขนุนได้คะแนนความชอบมากกว่าสูตรควบคุม (ไม่มีแป้งเมล็ดขนุน) โดยพบว่าการใช้แป้งเมล็ดขนุนที่ ร้อยละ 20 ทำให้เนื้อสัมผัสกรอบกว่าคุกกี้สูตรควบคุม ดังนั้นจึงเลือกสูตรที่ 1 เพื่อนำไปศึกษาผลของอนุภาคของแป้งเมล็ดขนุนต่อคุณลักษณะทางกายภาพของคุกกี้ งานวิจัย Nutalai et al. (2014) ศึกษาการทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 0 ถึง 20 ด้วยแป้งเมล็ดขนุน พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกับคุกกี้แป้งสาลีล้วน ซึ่งสอดคล้องกับผลที่ได้จากงานวิจัยนี้

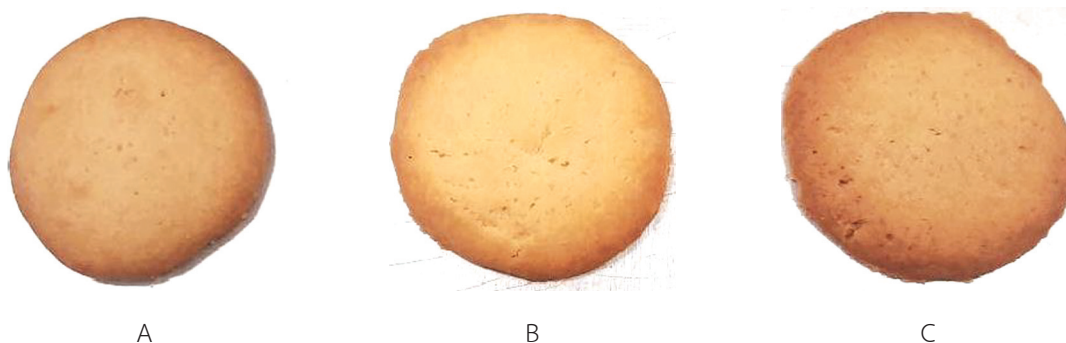
ตารางที่ 4 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของคุกกี้แป้งเมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลี 3 ระดับ

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	คะแนนประเมินทางประสาทสัมผัส			
	สูตรควบคุม	สูตรที่ 1 (ร้อยละ 20)	สูตรที่ 2 (ร้อยละ 40)	สูตรที่ 3 (ร้อยละ 60)
ลักษณะปรากฏ	5.9 ± 1.4 ^b	7.4 ± 1.2 ^a	6.0 ± 1.9 ^b	5.5 ± 1.8 ^b
สี	5.8 ± 1.3 ^b	7.3 ± 1.2 ^a	5.6 ± 2.0 ^{bc}	5.0 ± 1.8 ^c
กลิ่น	6.7 ± 1.4 ^a	6.8 ± 1.3 ^a	5.8 ± 1.3 ^b	5.3 ± 1.4 ^b
รสชาติ	5.7 ± 1.4 ^b	6.4 ± 1.3 ^a	5.7 ± 1.9 ^b	5.6 ± 1.6 ^b
เนื้อสัมผัส	5.6 ± 1.5 ^{ab}	6.3 ± 1.5 ^a	5.3 ± 2.0 ^b	5.6 ± 1.9 ^{ab}
ความชอบโดยรวม	5.8 ± 1.2 ^b	7.3 ± 1.2 ^a	5.4 ± 1.7 ^b	5.3 ± 1.7 ^b

หมายเหตุ : ^{a, b, c} ตัวอักษรต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95; สูตรควบคุม (แป้งสาลี 37.07 กรัม); สูตรที่ 1 ร้อยละ 20 (แป้งเมล็ดขนุน 7.41 กรัม : แป้งสาลี 29.66 กรัม) สูตรที่ 2 ร้อยละ 40 (แป้งเมล็ดขนุน 14.83 กรัม : แป้งสาลี 22.24 กรัม) สูตรที่ 3 ร้อยละ 60 (แป้งเมล็ดขนุน 22.24 กรัม : แป้งสาลี 14.83 กรัม)



ภาพที่ 1 แป้งเมล็ดขนุน (A) เล็กกว่า 0.3 มิลลิเมตร (B) ขนาด 0.3 ถึง 0.5 มิลลิเมตร
(C) ขนาด 0.5 ถึง 0.8 มิลลิเมตร



ภาพที่ 2 ลูกกั๊กแป้งเมล็ดขนุนที่มีขนาดอนุภาคต่างกัน (A) เล็กกว่า 0.3 มิลลิเมตร (B) ขนาด 0.3 ถึง 0.5 มิลลิเมตร
(C) ขนาด 0.5 ถึง 0.8 มิลลิเมตร ทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 20

จากภาพที่ 1 แป้งเมล็ดขนุนที่ผ่านการบดเชิงกลและแยกขนาดอนุภาค 3 ระดับ เพื่อนำไปใช้ศึกษาขนาดอนุภาคของแป้งเมล็ดขนุนต่อคุณภาพของคุกกี้ จากภาพที่ 1A แป้งเมล็ดขนุนมีลักษณะเป็นผงสีอ่อนและลักษณะละเอียดมาก เมื่อมีขนาดเพิ่มขึ้นพบว่าผงมีความหยาบเพิ่มมากขึ้นและมีสีเข้มขึ้น (ภาพที่ 1B และ 1C) ตามลำดับ โดยแป้งเมล็ดขนุนทั้ง 3 ขนาดสามารถแยกแยะความแตกต่างได้ด้วยการมองด้วยตาเปล่าซึ่งมีความแตกต่างเพียงพอที่จะนำไปใช้ศึกษาต่อไป และภาพที่ 2 คุกกี้แป้งเมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 20 โดยใช้แป้งเมล็ดขนุนที่มีขนาดอนุภาคต่างกัน คุกกี้ที่ใช้แป้งเมล็ดขนุนที่มีขนาดเพิ่มขึ้นมีลักษณะเป็นโพรงอากาศและร่วนมากขึ้น

การศึกษาขนาดอนุภาคของแป้งเมล็ดขนุน (ตารางที่ 5) พบว่าแป้งเมล็ดขนุนขนาดอนุภาค 0.5 ถึง 0.8 มิลลิเมตร ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด โดยมีความชอบปานกลางทั้งในลักษณะปรากฏ (คะแนน 7.8) สี (คะแนน 7.1) กลิ่น (คะแนน 7.2) รสชาติ (คะแนน 7.6) เนื้อสัมผัส (คะแนน 7.6) และความชอบโดยรวม (คะแนน 7.9) การทดลองจะเห็นได้ว่าคะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมจากทั้ง 3 ขนาดอนุภาคของแป้งเมล็ดขนุนไม่มีความแตกต่างกัน แต่ลักษณะเนื้อสัมผัสมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งสูตรที่ 2 มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย พบว่าขนาดของเม็ดแป้งมีความสำคัญต่อความชอบด้านเนื้อสัมผัสในคุกกี้อย่างมาก เช่น แป้งเมล็ดขนุนขนาดเล็กกว่า 0.3 มิลลิเมตร มีลักษณะเนื้อแป้งเมล็ดขนุนที่ละเอียดมากส่งผลให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของคุกกี้แน่นและแข็ง ส่วนแป้งเมล็ดขนุนขนาด 0.3 ถึง 0.5 มิลลิเมตร และขนาด 0.5 ถึง 0.8 มิลลิเมตร มีความละเอียดเล็กกว่าจึงทำให้มีพื้นที่ในการขยายตัวและพองในระหว่างการอบมากกว่าทำให้เนื้อสัมผัสของคุกกี้มีร่วนและ

กรอบร่วนพอดี เนื่องจากขนาดอนุภาคของแป้งเล็กน้อยทำให้การยึดเกาะกันของอนุภาคขณะที่ทำการผสมโดลดลง และยังลดความคงรูปของโดอีกด้วย (Boz, 2019; Belorio et al., 2019)

ตารางที่ 5 ขนาดอนุภาคแป้งเมล็ดขนุนต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของคุกกี้

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	คะแนนประเมินทางประสาทสัมผัส		
	(<0.3 มิลลิเมตร)	(0.3-0.5 มิลลิเมตร)	(0.5-0.8 มิลลิเมตร)
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	7.4 ± 1.1	7.6 ± 1.1	7.8 ± 1.1
สี	7.2 ± 1.1 ^b	7.9 ± 0.9 ^a	7.1 ± 1.2 ^b
กลิ่น ^{ns}	7.6 ± 1.3	7.4 ± 1.1	7.2 ± 1.3
รสชาติ ^{ns}	7.4 ± 1.3	7.7 ± 1.1	7.6 ± 0.9
เนื้อสัมผัส	6.8 ± 1.2 ^b	7.3 ± 1.5 ^{ab}	7.6 ± 1.2 ^a
ความชอบโดยรวม ^{ns}	7.6 ± 0.9	7.9 ± 0.9	7.9 ± 1.0

หมายเหตุ : ^{a, b, c} ตัวอักษรต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95; ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านสีของคุกกี้ (ตารางที่ 6) พบว่าคุกกี้สูตรแป้งเมล็ดขนุนที่มีขนาดอนุภาค 0.5 ถึง 0.8 มิลลิเมตร มีค่าความสว่างเท่ากับ 71.90 ค่าความเป็นสีแดงเท่ากับ 6.71 และค่าความเป็นสีเหลืองเท่ากับ 26.03 ซึ่งต่ำกว่าคุกกี้จากแป้งสาลีทั่วไป เพราะก่อนอบแป้งเมล็ดขนุนมีสีเหลืองเข้มกว่าแป้งสาลีที่มีสีเหลืองอ่อน เมื่อผ่านการอบด้วยความร้อนทำให้เกิดปฏิกิริยา non-enzymatic browning ส่งผลให้สีของคุกกี้แป้งเมล็ดขนุนมีสีที่เข้มคล้ำกว่าคุกกี้ทั่วไป ซึ่งส่งผลให้ค่าสีเหลืองมีความแตกต่างกัน แต่ค่าความสว่างและค่าสีแดงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 งานวิจัยของ Hasan et al. (2010) ศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุน พบว่าการเพิ่มอัตราส่วนของแป้งเมล็ดขนุนมีผลต่อสีของคุกกี้โดยยิ่งเพิ่มปริมาณแป้งเมล็ดขนุนทำให้สีของคุกกี้มีสีน้ำตาลเข้มเพิ่มขึ้น (Hasan et al., 2010) การเปลี่ยนแปลงสีของแป้งเมล็ดขนุนเมื่อผ่านความร้อนเกิดจากปฏิกิริยา non-enzymatic browning โดยอุณหภูมิและปริมาณน้ำอิสระ (a_w) เป็นปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยานี้ (Azeez et al., 2015) ดังนั้นการใช้แป้งเมล็ดขนุนในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่จึงต้องคำนึงถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงค่าสีของผลิตภัณฑ์ด้วย

ตารางที่ 6 ค่าสีของแป้งเมล็ดขนุนและคุกกี้ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุนร้อยละ 20 ต่อน้ำหนักแป้งสาลี

ตัวอย่าง	ค่าสี		
	L*	a*	b*
แป้งเมล็ดขนุน	89.06 ± 0.11	0.69 ± 0.06	11.55 ± 0.02
คุกกี้แป้งสาลี	72.38 ± 0.75 ^a	7.88 ± 0.60 ^a	29.01 ± 0.45 ^a
คุกกี้ผสมแป้งเมล็ดขนุน	71.90 ± 2.79 ^a	6.71 ± 1.54 ^a	26.03 ± 0.94 ^b

หมายเหตุ : ^{a, b} ตัวอักษรต่างกันในแนวนอน หมายถึง คุกกี้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากการวิเคราะห์คุณลักษณะทางเนื้อสัมผัส (ตารางที่ 7) พบว่าคุกกี้แป้งสาลีมีค่าความแข็ง (Hardness) 17.97 นิวตัน และความกรอบ (Crispness) 36.16 นิวตัน ในขณะที่คุกกี้สูตรแป้งเมล็ดขนุนที่มีขนาดอนุภาค 0.5 ถึง 0.8 มิลลิเมตร มีค่าความแข็ง 17.35 นิวตัน, ความกรอบ 49.27 นิวตัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าความแข็งของคุกกี้ทั้งสองแบบไม่แตกต่างกัน แต่ความกรอบของคุกกี้ผสมแป้งเมล็ดขนุนนั้นมีความกรอบมากกว่าคุกกี้แป้งสาลี ดังนั้นการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุนส่งผลให้คุกกี้มีความกรอบเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากรูพรุนและช่องว่างในเนื้อคุกกี้

ตารางที่ 7 ลักษณะเนื้อสัมผัสของคุกกี้ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุนร้อยละ 20 ต่อน้ำหนักแป้งสาลี

ตัวอย่าง	ความแข็ง (นิวตัน) ^{ns}	ความกรอบ (นิวตัน)
คุกกี้แป้งสาลี	17.97 ± 2.05	36.16±3.04 ^b
คุกกี้ผสมแป้งเมล็ดขนุน	17.35 ± 2.17	49.27±3.89 ^a

หมายเหตุ : ^{a, b} ตัวอักษรต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95; ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากน้ำหนักและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของคุกกี้ (ตารางที่ 8) พบว่าคุกกี้แป้งสาลีมีน้ำหนัก 8.16 กรัม หรือลดลงร้อยละ 18.4 และมีอัตราการแผ่ขยายร้อยละ 33.1 เปรียบเทียบกับคุกกี้ผสมแป้งเมล็ดขนุนมีน้ำหนัก 8.62 กรัม หรือลดลงร้อยละ 13.8 และมีอัตราการแผ่ขยายร้อยละ 29.4 ซึ่งมีความแตกต่างกันทั้งในเรื่องของน้ำหนักและอัตราการแผ่ขยาย โดยคุกกี้ผสมแป้งเมล็ดขนุนมีน้ำหนักที่เยอะกว่าและมีอัตราการแผ่ขยายที่เล็กกว่าคุกกี้แป้งสาลี แสดงให้เห็นว่าการเติมแป้งเมล็ดขนุนส่งผลให้คุกกี้มีความหนาแน่นมากขึ้น เนื่องจากกลูเตนในแป้งสาลีสามารถสร้างโครงร่างกักเก็บอากาศและน้ำ เมื่อทำการอบจึงทำให้น้ำระเหยออกจากโครงร่างทำให้น้ำหนักของคุกกี้ลดลงมาก ซึ่งสอดคล้องกับผลของค่าน้ำอิสระ a_w ที่คุกกี้แป้งสาลีมีค่าต่ำกว่าคุกกี้ที่มีแป้งเมล็ดขนุนเป็นส่วนผสม และนอกจากการเติมแป้งเมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลีทำให้โครงร่างของกลูเตนน้อยลง ยังส่งผลให้คุกกี้สามารถอุ้มน้ำได้ดี เนื่องจากแป้งสามารถดูดซับน้ำอิสระไว้ได้ในบางส่วน ส่วนความแตกต่างของอัตราการแผ่ขยาย พบว่าแตกต่างกันเล็กน้อยเนื่องจากแป้งเมล็ดขนุนส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติการไหลของโดคุกกี้ (Wikström & Bohlin, 1999)

ตารางที่ 8 น้ำหนักและอัตราการแผ่ขยายของคูกี้ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุนร้อยละ 20 ต่อน้ำหนักแป้งสาลี (คูกี้ก่อนอบมีน้ำหนัก 10 กรัม และรัศมี 3.5 เซนติเมตร)

ตัวอย่าง	น้ำหนัก (กรัม)	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของคูกี้ที่หลังอบ (เซนติเมตร)
คูกี้แป้งสาลี	8.16 ± 0.13^b	4.66 ± 0.05^a
คูกี้ผสมแป้งเมล็ดขนุน	8.62 ± 0.05^a	4.53 ± 0.11^b

หมายเหตุ : ^{a, b, c} ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งเมล็ดขนุนและคูกี้ผสมแป้งเมล็ดขนุน (ตารางที่ 9 และ ตารางที่ 10) คือ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เส้นใย เถ้า และปริมาณน้ำอิสระ a เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคูกี้แป้งสาลีกับคูกี้แป้งเมล็ดขนุน พบว่าการเติมแป้งเมล็ดขนุนในส่วนผสมช่วยให้คูกี้มีคุณค่าทางโภชนาการอาหารมากขึ้น ได้แก่ โปรตีน ร้อยละ 5.34 เส้นใยอาหาร ร้อยละ 0.51 และเถ้า ร้อยละ 1.12 ส่วนค่าคาร์โบไฮเดรตคูกี้ผสมแป้งเมล็ดขนุนมีค่าต่ำกว่าคูกี้แป้งสาลี องค์ประกอบของแป้งสาลีจากงานวิจัยของ Kulkarni et al. (2012) รายงานว่าแป้งสาลีประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 10.55 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าโปรตีนที่มีอยู่ในแป้งเมล็ดขนุนตามตารางที่ 9 ร้อยละ 13.59 ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบแป้งเมล็ดขนุนกับแป้งสาลีในปริมาณที่เท่ากันและนำไปทดแทนในคูกี้จึงทำให้ค่าโปรตีนในคูกี้ผสมแป้งเมล็ดขนุนมีค่าสูงกว่าคูกี้แป้งสาลิล้วนนั่นเอง การเติมแป้งเมล็ดขนุนในคูกี้ส่งผลให้ความชื้นมีค่ามากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับคูกี้ตัวควบคุม การดูดน้ำกลับของวัตถุดิบที่มีส่วนประกอบหลักเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ผ่านการแปรรูปให้เป็นผงหรือแป้งจะดูดความชื้นง่ายขึ้น (Chuacharoen et al., 2021)

ตารางที่ 9 องค์ประกอบทางเคมีของตัวแป้งเมล็ดขนุน

องค์ประกอบทางเคมี	ร้อยละ
โปรตีน	13.59 ± 0.11
คาร์โบไฮเดรต	60.39 ± 0.00
ไขมัน	0.23 ± 0.03
เส้นใยอาหาร	19.25 ± 0.92
เถ้า	4.01 ± 0.01
ความชื้น	2.50 ± 0.00

ตารางที่ 10 องค์ประกอบทางเคมีของคุกกี้แบ่งเมล็ดขนุน

องค์ประกอบทางเคมี	คุกกี้แบ่งสาลิ	คุกกี้ผสมแบ่งเมล็ดขนุน
โปรตีน	4.58 ± 0.05^b	5.34 ± 0.00^a
คาร์โบไฮเดรต	65.11 ± 0.00^a	62.39 ± 0.00^b
ไขมัน	27.90 ± 1.91	28.13 ± 1.06
เส้นใยอาหาร	0.29 ± 0.05^b	0.51 ± 0.10^a
เถ้า	0.78 ± 0.05^b	1.12 ± 0.07^a
ความชื้น	1.33 ± 0.28^b	2.50 ± 0.50^a
น้ำอิสระ (a_w)	0.28 ± 0.06^b	0.47 ± 0.02^a

หมายเหตุ : ^{a, b} ตัวอักษรต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95; ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์คุกกี้ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคุกกี้แบ่งสาลิกับคุกกี้แบ่งเมล็ดขนุน พบว่าจุลินทรีย์ทั้งหมดเล็กกว่า 1×10^4 CFU/g ยีสต์และราเล็กกว่า 100 CFU/g และ *E.coli* เล็กกว่า 3 MPN/g ซึ่งไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของคุกกี้ TISI. 118/2555 (Thai industrial standards institute: TISI, 2012)

ตารางที่ 11 การวิเคราะห์จุลินทรีย์ของคุกกี้แบ่งสาลิกับคุกกี้แบ่งเมล็ดขนุน

ตัวอย่าง	จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	ยีสต์และรา (CFU/g)	<i>E.coli</i> (MPN/g)
คุกกี้แบ่งสาลิ	เล็กกว่า 1×10^4	เล็กกว่า 100	เล็กกว่า 3
คุกกี้ผสมแบ่งเมล็ดขนุน	เล็กกว่า 1×10^4	เล็กกว่า 100	เล็กกว่า 3

หมายเหตุ : มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของคุกกี้ (TISI.118/2555) กำหนดให้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^4 CFU/g ยีสต์และราต้องไม่เกิน 100 CFU/g และจำนวน *E.coli* เล็กกว่า 3 MPN/g

สรุป

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาคุกกี้แบ่งเมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลิบางส่วนร้อยละ 20 ได้รับคะแนนความชอบด้านประสาทสัมผัสมากที่สุด ส่วนการศึกษานาไดนาไมคของแป้งเมล็ดขนุนที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อสัมผัสของคุกกี้พบว่าขนาดอนุภาคของแป้งเมล็ดขนุนส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของคุกกี้ด้านความกรอบและความแข็ง แป้งเมล็ดขนุนที่มีอนุภาคเล็กทำให้เนื้อสัมผัสคุกกี้แน่นเนื้อ เพราะไม่มีโพรงอากาศ ทำให้ไม่กรอบ ส่วนขนาดอนุภาคแป้งเมล็ดขนุนที่ใหญ่ มีพื้นที่เป็นโพรงอากาศ ทำให้เนื้อสัมผัสคุกกี้กรอบกว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์คุกกี้ผสมแบ่งเมล็ดขนุน จะเห็นว่าคาร์โบไฮเดรตและไขมันลดลง ส่วนเส้นใยอาหาร โปรตีน และเถ้าของคุกกี้ที่ทดแทน

แป้งสาลีด้วยแป้งเมล็ดขนุนนั้นมีปริมาณสูงกว่าคุกกี้เนย ซึ่งเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับคุกกี้ จากผลงานวิจัยนี้สามารถนำไปต่อยอดโดยใช้แป้งเมล็ดขนุนที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ขึ้น เพื่อเพิ่มปริมาณแป้งเมล็ดขนุนทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละมากกว่า 20 ได้ ซึ่งจะเป็นการใช้ประโยชน์จากเมล็ดขนุนเหลือทิ้งได้เพิ่มขึ้นอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา งบรายได้ประจำปีงบประมาณ 2564 สัญญาทุนเลขที่ 9633/2564

เอกสารอ้างอิง

- AACC. (2000). **American Association of Cereal Chemists** (10th ed.). Saint Paul, MN: Approved Methods of the American Association of Cereal Chemist.
- AOAC. (2000). **Official methods of analysis** (17th ed.). Gaithersburg, MD: Association of Official Analytical Chemists.
- Azeez, S., Lasekan, O., Jinap, S., & Sulaiman, R. (2015). Effect of roasting conditions on the browning intensity and structural changes in jackfruit (*Artocarpus hetrophyllus*) seeds. **Journal of food science and technology**, 52(12), 8050-8058.
- Barak, S., Mudgil, D., & Khatkar, B. S. (2014). Effect of flour particle size and damaged starch on the quality of cookies. **Journal of Food Science and Technology** 51(7):1342–1348
- Belorio, M., Sahagún, M., & Gómez, M. (2019). Influence of flour particle size distribution on the quality of maize gluten-free cookies, **Foods**, 8(83).
- Boz H. (2019). Effect of flour and sugar particle size on the properties of cookie dough and cookie. **Czech Journal of Food Science**, 37, 120-127.
- Chuacharoen, T., Moolwong, J., & Chysirichote, T. (2021). Effects of maltodextrin on physicochemical properties of freeze-dried avocado powder. **Food Research**, 5(6), 178-186. (In Thai)
- Chuamsomphong, B., Kajornsaksirikul, P., Rosemode, W., & Khumkhom, S. (2014). Development of standard recipe for jujube tartetatin. **SDU Research Journal Sciences and Technology**, 7(2), 57-65. (In Thai)
- FDA. (2001). **Bacteriological analytical manual** (8th ed.). Retrieved from <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-07/documents/fda-bam-chap17.pdf> [2022, 7 Jul.]
- Hasan, S. M. K., Hossain, M. A., Hossain, M. J., Roy, J., & Sarker, M. S. H. (2010). Preparation of biscuit from jackfruit (*Artocarpus hetephyllus*) seed flour blended with wheat flour. **The Agriculturists**, 8(1), 10-18.
- Keeariyo, C. (2019) **Teaching material for bakery** (copy version). Bangkok: Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. (In Thai)

- Kulkarni S. S., Desai A. D., Ranveer R. C., & Sahoo A. K. (2012). Development of nutrient rich noodles by supplementation with malted ragi flour. **International Food Research Journal**, 19(1), 309-313.
- Murray, J. A. (1999). The widening spectrum of celiac disease. **American Journal of Clinical Nutrition**, 69, 354–365.
- Nutalai, P., Kaewsritong, J., & Sirianganakul, S. (2014). **Effect of wheat flour substitution with jackfruit seed flour on qualities of cookies**. In Proceedings of 1st National Conference on Science Education to Inspire Innovation (pp. 225-227). Nakhon Pathom: Mahidol University. (In Thai)
- Rengsutthi, K. & Charoenrein, S. (2011). Physico-chemical properties of jackfruit seed starch (*Artocarpus heterophyllus*) and its application as a thickener and stabilizer in chilli sauce. **LWT – Food Science and Technology**, 44(5), 1309-1313.
- Seniwong Na Ayutthaya, K. (1998). **100 kinds of dessert recipes**. Bangkok: Pailin Publishing. (In Thai)
- Subanmanee, N. (2021). Properties of Pre-Gelatinize Jackfruit Seed Flour in Thai Glutinous Rice Balls (Bua loi). **Ubon Ratchathani University: Journal of Science and Technology**, 23(1), 61-70. (In Thai)
- Tanasombun, P., Siripanwattana, C., Prasengchom, S., & Ngamsangiam, N. (2014). Replacement of palmyra palm powder in fresh noodle. **SDU Research Journal Sciences and Technology**, 7(1), 105-123. (In Thai)
- Thai Industrial Standards Institute. (2012). **Thai community product standard on Cookies (TISI.118/2555)**. Retrieved from <https://www.tisi.go.th> [2022, 8 Aug.] (In Thai)
- Wilamas, T., Boonchuay, N., & Mongkolprasert, N. (2008). Substitution of wheat flour by oat flour in butter cookies to reduce rancidity. **Rajabhat Agricultural Journal**, 7(2) 39-48. (In Thai)
- Wikström, K., & Bohlin, L. (1999). Extensional flow studies of wheat flour dough. I. Experimental method for measurements in contraction flow geometry and application to flours varying in breadmaking performance. **Journal of Cereal Science**, 29(3), 217-226.
- Wongarun, W. (2019). Food Product Processing from Household Waste of Jackfruit Seeds in Nhong Plai Tang Community, Rai Kao District, Sam Roi Yod, Prachuap Khiri Khan. **EAU Heritage Journal Science and Technology**, 13(2), 132–144. (In Thai)



บทความวิจัย

การศึกษาเปรียบเทียบผลการไหลและปริมาณของน้ำนมในมารดาหลังคลอดที่รับการนวด
และประคบด้วยลูกประคบสมุนไพรกับมารดาหลังคลอด
ที่รับประทานยาสมุนไพรกระตุ้นน้ำนม สูตรโรงพยาบาลสิงหนคร
เสริมจากการนวดและประคบด้วยลูกประคบสมุนไพร โรงพยาบาลสิงหนคร
อำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา

A COMPARATIVE STUDY ON THE EFFECT OF FLOW AND MILK VOLUME
IN POSTPARTUM MOTHERS WHO RECEIVE A MASSAGE AND COMPRESS
WITH A HERBAL COMPRESS AND A POSTPARTUM MOTHER
WHO TAKES A HERBAL MEDICINE TO STIMULATE MILK FORMULA
OF SINGHANAKHON HOSPITAL, SUPPLEMENTED BY A MASSAGE
AND COMPRESS WITH A HERBAL COMPRESS, IN SINGHANAKORN HOSPITAL,
SINGHANAKORN DISTRICTS, SONGKHLA

เนรุณชรา แสงทักษิณ* และ ธวัชชัย กมลธรรม
สาขาวิชาการแพทย์แผนไทยประยุกต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา สมุทรสงคราม 75000

Narunchara Sangtuksin* and Thavatchai Kamoltham
Applied Thai Traditional Medicine, Suan Sunandha Rajabhat University Samut Songkhram 75000

*E-mail: Violet.mountain@hotmail.com

Received: 16-10-2022

Revised: 24-05-2023

Accepted: 26-05-2023

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง เพื่อศึกษา 1) เปรียบเทียบระดับการไหลและปริมาณน้ำนมในมารดาหลังคลอดที่ได้รับการกระตุ้นน้ำนมด้วยการนวดและประคบด้วยลูกประคบสมุนไพร 2) เปรียบเทียบระดับการไหลและปริมาณน้ำนมในมารดาหลังคลอดที่ได้รับการกระตุ้นน้ำนมด้วยการนวด และประคบด้วยลูกประคบสมุนไพร ร่วมกับการรับประทานยาสมุนไพรกระตุ้นน้ำนมสูตรโรงพยาบาลสิงหนคร จังหวัดสงขลา และ 3) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยแฝงกับระดับการไหลและปริมาณน้ำนมในมารดาหลังคลอด โดยกำหนดกลุ่มทดลอง คือ กลุ่มมารดาหลังคลอดที่นวด และประคบด้วยลูกประคบสมุนไพร ร่วมด้วยการรับประทานยาสมุนไพรกระตุ้นน้ำนม จำนวน 20 คน และกลุ่มควบคุม คือ กลุ่มมารดาหลังคลอดที่ได้รับการการนวด และประคบด้วย ลูกประคบสมุนไพร จำนวน 20 คน ผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยระดับการไหลและปริมาณน้ำนมของมารดากลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง ก่อนและหลังการวิจัย มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ส่วนผลการเปรียบเทียบระดับการไหลและปริมาณน้ำนมของมารดา

ทั้งสองกลุ่ม พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับจำนวนครั้งในการตั้งครภ์มีความสัมพันธ์กับระดับการไหล ($r = 0.354$) และปริมาณน้ำนม ($r = 0.544$) ของมารดาหลังคลอด ไปในทิศทางเดียวกัน จึงสรุปได้ว่า ทั้ง 2 วิธีช่วยเพิ่มระดับการไหลและปริมาณน้ำนมในมารดาหลังคลอดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ยาสมุนไพรกระตุ้นน้ำนม ลูกประคบสมุนไพร มารดาหลังคลอด ปริมาณน้ำนม การนวด

ABSTRACT

This research was a quasi-experimental research with the following objectives 1) compare the level of milk flow and volume in postpartum mothers who were stimulated by massage and a herbal compress, 2) compare the level of milk volume in postpartum mothers who received massage and herbal compress in conjunction with taking milk-stimulating herbal medicines formulated by SinghaNakhon Hospital, Songkhla Province, and 3) to study the relationship between latent factors and the level of milk flow and volume in postpartum mothers. The experimental group was defined as a group of 20 postpartum mothers who massaged and compressed with herbal compresses together with taking boosting breast-feeding herbal medicine. The control group consisted of 20 postpartum mothers receiving massage and compression with herbal compression. The results showed that there was a significant difference before and after the trial ($P < 0.05$) in the milk flow and volume for both the experimental and control groups. When milk flow and volume were assessed, there was no significant between two groups. There is evidence that the mother's parity effects milk flow ($r = 0.354$) and volume ($r = 0.544$) with increasing flow and volume in multiparous women. It was concluded that both methods were effective in increasing the milk flow and volume in the postpartum mothers.

Keywords: Boosting breast-feeding, Herbal medicine, Herbal compresses, Postpartum mothers, Milk flow and volume, Massage, multiparous, mother's parity.

บทนำ

นมแม่เป็นสุดยอดสารอาหารของทารก โดยเฉพาะน้ำนมเหลือง (colostrum) เป็นน้ำนมที่หลังในระยะ 2-3 วันแรกอุดมไปด้วยเม็ดเลือดขาว โปรตีนและแร่ธาตุหลายชนิด ในปริมาณที่มากกว่าระยะอื่น ๆ นมแม่มีสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของร่างกายครบถ้วน โดยนมแม่สามารถเพิ่มไอคิวของทารกได้ 1-2 จุด โอกาสเป็นโรคเบาหวาน ชนิดที่ 2 และโรคอ้วนน้อยลงเนื่องจากนมแม่มีปริมาณโปรตีนน้อยเหมาะสมกับความต้องการของทารก ทารกสามารถดูดนมแม่ได้ทันทีโดยไม่ต้องเสียเวลาเตรียมเนื่องจากมีอุณหภูมิที่พอเหมาะ (Foundation of the Breastfeeding Center of Thailand, 2017) Juan Santander ผู้แทนองค์การยูนิเซฟและองค์การทุนเพื่อเด็กแห่งสหประชาชาติ ประจำประเทศไทย กล่าวว่า การเลี้ยงลูกด้วยนมแม่เป็นวิธีการลงทุนที่ดีที่สุดเป็นวิธีที่ฉลาดและประหยัด การกินนมแม่ มีผลอย่างมากต่อการเจริญเติบโต ทารกที่ไม่ได้รับนมแม่เมื่อโตขึ้น จะมีภาวะเสี่ยงต่อโรคเรื้อรังต่าง ๆ เช่น โรคอ้วน ภาวะไขมันในเส้นเลือดสูง ความดันโลหิตสูง เบาหวาน หอบหืดในเด็ก และโรคมะเร็ง

เมื่อดเล็ดขาว (Chutrakul, 2018) นอกจากนึ่งค์การอนามัยโลก (WHO) องค์การยูนิเซฟ (UNICEF) และองค์การพันธมิตรนมแม่โลก (WABA) ได้กำหนดนโยบายที่สำคัญในการสนับสนุนแม่หลังคลอดทั่วโลกเลี้ยงลูกด้วยนมแม่อย่างเดียวนานถึง 6 เดือน โดยใช้หลักบันได 10 ขั้น เป็นยุทธวิธีสำคัญในการปฏิบัติ โดยองค์การอนามัยโลกและองค์การยูนิเซฟแนะนำว่า ทารกควรได้รับนมแม่อย่างเดียว 6 เดือน และได้รับนมแม่ต่อเนื่องควบคู่กับอาหารตามวัย ที่ปลอดภัยและเหมาะสมจนอายุ 2 ปี หรือนานกว่านั้น สมาชิกองค์การอนามัยโลก ได้รับรองเป้าหมายด้านโภชนาการว่าจะต้องเพิ่มอัตราการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่อย่างเดียว 6 เดือน ให้ได้ถึงร้อยละ 50 ภายในปี พ.ศ. 2568 องค์การพันธมิตรนมแม่โลก (World Alliance for Breastfeeding Action หรือ WABA) กำหนดให้ทุกวันที่ 1-7 สิงหาคมของทุกปี เป็น “สัปดาห์นมแม่โลก” เพื่อให้นานาชาติประเทศเห็นความสำคัญของการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ในประเทศไทยเริ่มนำไปใช้เมื่อปี พ.ศ. 2547 กระทรวงสาธารณสุขได้ประกาศนโยบายแนะนำให้แม่หลังคลอดเลี้ยงลูกด้วยนมแม่อย่างเดียวอย่างน้อย 6 เดือน และตั้งเป้าหมายไว้ว่า เมื่อสิ้นแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2550-2554) แม่ทุกคนเลี้ยงลูกด้วยนมแม่อย่างเดียว 6 เดือน ร้อยละ 30 แต่จากผลการสำรวจอนามัยเจริญพันธุ์ของสำนักงานสถิติแห่งชาติ ในปี พ.ศ. 2552 พบว่าอัตราการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่อย่างเดียวในช่วง 6 เดือนแรกหลังคลอดของประเทศไทยมีเพียงร้อยละ 15.1 ซึ่งเป็นอัตราต่ำที่สุดของประเทศในแถบเอเชีย ต่อมาแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 (2555-2559) ได้กำหนดเป้าหมายให้สอดคล้องกับเป้าหมายขององค์การอนามัยโลก โดยองค์การอนามัยโลกแนะนำให้ทารกกินนมแม่ตามสูตร 1-6-2 คือ กินนมแม่ตั้งแต่ 1 ชั่วโมงแรกหลังคลอด และกินนมแม่อย่างเดียวในช่วง 6 เดือนแรกของชีวิต และกินนมแม่ต่อเนื่องควบคู่อาหารตามวัยจนถึงอายุ 2 ปี หรือนานกว่านั้น แต่ในปี พ.ศ. 2559 จากการสำรวจสถานการณ์เด็กและสตรีในประเทศไทยที่จัดทำโดยสำนักงานสถิติแห่งชาติร่วมกับองค์การทุน เพื่อเด็กแห่งสหประชาชาติ พบว่า ทารกไทยเพียงร้อยละ 40 ได้กินนมแม่ภายใน 1 ชั่วโมงหลังคลอด ร้อยละ 23 ได้กินนมแม่อย่างเดียวในช่วง 6 เดือนแรกของชีวิต และยิ่งไปกว่านั้นมิตารกเพียงร้อยละ 13 ที่ได้กินนมแม่ต่อเนื่องถึง 2 ปี กรมอนามัยจึงรณรงค์การเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ในเดือนวันแม่แห่งชาติและสัปดาห์นมแม่โลก ตั้งเป้าในปี พ.ศ. 2568 เด็กไทยกว่าร้อยละ 50 กินนมแม่อย่างเดียวนานถึง 6 เดือน สอดคล้องกับเป้าหมายทุกประเทศทั่วโลกโดยมีการดำเนินงาน 3 ด้าน คือ 1. การปกป้อง คือ การบังคับใช้ พรบ. ควบคุมการส่งเสริมอาหารสำหรับทารกและเด็กเล็ก พ.ศ. 2560 หรือ พ.ร.บ. นมผง ผ่านการควบคุมการโฆษณาและส่งเสริมการตลาดอาหารทารกและเด็กเล็ก 2. การส่งเสริม คือ การจัดระบบสุขภาพสร้างความรอบรู้เกี่ยวกับการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่แก่หญิงตั้งครรภ์และครอบครัวและการดูแลหลังคลอดที่ช่วยให้แม่เริ่มให้นมได้เร็ว 3. ส่วนการสนับสนุน คือ การจัดสิ่งแวดล้อมที่เอื้ออำนวยช่วยเหลือให้แม่เลี้ยงลูกด้วยนมแม่ อาทิ การสนับสนุนให้มีนมแม่ในสถานประกอบการเพื่อเป็นสวัสดิการ แก่ลูกจ้างและครอบครัว (Wichitsukon, 2014) มารดาหลังคลอดบุตรหลายท่านพบอุปสรรคในการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ อาทิเช่น 1) ปังจ้ยด้านมารดา เนื่องจากการคัดเต้านมของมารดาหลังคลอด ส่งผลให้เกิดการเจ็บปวดไม่สบายตัวจนทำให้มารดาไม่อยากให้นมบุตร หากปล่อยทิ้งไว้โดยไม่ได้รับการแก้ไขอาจทำให้หัวนมแตก เต้านมอักเสบ เสี่ยงต่อภาวะแทรกซ้อน และการติดเชื้อ หรือเกิดปัญหาน้ำนมไม่ไหลหรือไหลน้อย เป็นต้น 2) ปังจ้ยด้านสุขภาพบุตร ภาวะความผิดปกติทางร่างกาย ไม่สามารถดูดนมด้วยตัวเองได้ 3) ปังจ้ยด้านเจ้าหน้าที่หรือบุคลากรสุขภาพที่เกี่ยวข้องที่มีความรู้และทัศนคติที่ต่อการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ 4) ปังจ้ยด้านการสนับสนุนทางสังคม นโยบายภาครัฐ สื่อและการสนับสนุนจากครอบครัว ปังจ้ยข้างต้นอาจเป็นหนึ่ง ในสาเหตุสำคัญที่มารดาต้องให้นมผสมเสริมหรือเปลี่ยนไปเลี้ยงลูกด้วยนมผสมแทนการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ (Lertsakornsiri, 2018) โดยปัญหาน้ำนมไม่ไหลหรือไหลน้อยสามารถแก้ไขได้ด้วยการกระตุ้นการไหลของน้ำนม สามารถทำได้หลายวิธี อาทิ Nipple stimulation การใช้ความร้อนประคบเต้านม เช่น การประคบร้อนโดยใช้ถุงถั่วเขียวรวมกับการนวดเต้านม

และให้บุตรดูนม อย่างถูกวิธีพบว่า มีค่าเฉลี่ยเวลาของการหลั่งน้ำมน้อยกว่า กลุ่มควบคุมที่ให้นมบุตรอย่างถูกวิธีทุก ๆ 3 ชั่วโมง (Techamuanwaiwit et al., 2021) เนื่องจากการประคบร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ผิวหนังเฉพาะที่ทำให้เกิดการขยายตัวของหลอดเลือดส่งผลให้การไหลเวียนโลหิตเพิ่มขึ้น ส่วนการนวดเต้านมเป็นการกระตุ้นการไหลเวียนของโลหิตภายในเต้านม กระตุ้นการทำงานของต่อมน้ำนมตลอดจนป้องกันการอุดตันของท่อน้ำนม

หน่วยงานแพทย์แผนไทย โรงพยาบาลสิงหนครเป็นหน่วยงานหนึ่งที่ตระหนักถึงความสำคัญในการให้การรักษาด้วยวิธีการแพทย์แผนไทย และให้ความสำคัญกับเรื่อง “นมแม่” โดยให้บริการนวดกระตุ้น และประคบด้วยลูกประคบสมุนไพรเพื่อกระตุ้นการไหลของน้ำนมในมารดาหลังคลอดที่มีปัญหาน้ำนมไม่ไหลหรือไหลช้าใน พ.ศ. 2554 ต่อมาในปี พ.ศ. 2557 สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ (สปสช.) ได้จัดให้มีมาตรการสนับสนุนยาต้มเฉพาะรายในเขตสุขภาพที่ 12 ดังนั้นโรงพยาบาลสิงหนครจึงมีการเสนอสูตรยาต้มสมุนไพรกระตุ้นน้ำนม ซึ่งมีสรรพคุณช่วยเพิ่มน้ำนมสำหรับมารดาหลังคลอดและได้รับเลือกให้ใช้ในบัญชีกลางของเขตสุขภาพที่ 12 โดยมารดาหลังคลอดที่มีสิทธิบัตรทองสามารถรับยาต้มสมุนไพรกระตุ้นน้ำนมได้ฟรี ซึ่งมีตัวยาสุมไพรสำคัญที่สอดคล้องกับรายงานวิจัยจากโรงพยาบาลวังน้ำเย็น จังหวัดสระแก้ว ที่มีการใช้ชาสมุนไพรบำรุงน้ำนม ประกอบด้วย มะตูม ฝรั่ง ชะเอมเทศ เถาวัลย์เปรียง และชิงในสัดส่วนที่เท่ากัน ซึ่งผลการวิจัยพบว่ามีผลในการกระตุ้นการไหลเวียนของเลือดบริเวณเต้านม มีฤทธิ์ลดความเครียดและการเจ็บปวดหลังคลอด ซึ่งสูตรยากระตุ้นน้ำนมของโรงพยาบาลสิงหนครมีการเพิ่มตัวยาสุมไพร คือน้ำนมราชสีห์ ซึ่งเป็นสมุนไพรที่นิยมและพบมากในท้องถิ่น จากการดำเนินงานที่ผ่านมา พบว่า มารดาหลังคลอดที่มีสิทธิบัตรทองและปัญหาน้ำนมไม่ไหลหรือไหลช้าที่คลอดโรงพยาบาลสิงหนครเท่านั้นจึงมีสิทธิที่ได้รับยาต้มสมุนไพรกระตุ้นน้ำนมเสริมฟรี มารดาหลังคลอดที่ใช้สิทธิในการคลอดอื่น ๆ ต้องเสียค่ายาเองในราคาชุดละ 240 บาท จากการสอบถามข้อมูลเบื้องต้นพบว่า อัตราส่วนมารดาที่มีปัญหาน้ำนมไม่ไหลหรือไหลน้อยต่อจำนวนมารดาที่คลอดที่โรงพยาบาลสิงหนคร ในปี พ.ศ. 2561 มีถึงร้อยละ 39.84 ซึ่งน้อยรายจะรับยากระตุ้นน้ำนม เพราะอาจเนื่องจากค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นรวมถึงยังขาดความเชื่อมั่นในประสิทธิภาพของตัวยาเมื่อเทียบกับค่าใช้จ่าย เนื่องจากยังไม่มีผลงานการศึกษาประสิทธิภาพของยาอย่างชัดเจน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ตระหนักถึงความสำคัญในการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ มีความต้องการช่วยแก้ไขปัญหาน้ำนมไม่ไหล หรือไหลน้อยให้แก่มารดาหลังคลอด ซึ่งส่วนใหญ่มักเกิดขึ้นภายใน 24 ชั่วโมงแรกหลังคลอด เพื่อลดความวิตกกังวลเรื่องน้ำนมไม่ไหลหรือไหลน้อย และเพิ่มความเชื่อมั่น ในการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ อีกทั้งผลงานวิจัยนี้ยังสามารถเป็นข้อมูลประกอบการบริการของคลินิกแพทย์แผนไทย โรงพยาบาลสิงหนคร และยังสอดคล้องกับกิจกรรมด้านการส่งเสริมการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ของกรมอนามัยอีกช่องทางหนึ่ง โดยทำวิจัยเรื่อง “การศึกษาเปรียบเทียบผลการไหลของน้ำนมในมารดาหลังคลอดที่รับประทานยาสมุนไพรกระตุ้นน้ำนมสูตร โรงพยาบาลสิงหนครเสริมจากการนวด และประคบด้วยลูกประคบสมุนไพร” เพื่อยืนยันประสิทธิภาพการกระตุ้นการไหลของน้ำนม

วัตถุประสงค์งานวิจัย

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบระดับการไหลและปริมาณของน้ำนมในมารดาหลังคลอด ด้วยการนวดและประคบด้วยลูกประคบสมุนไพร
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบระดับการไหลและปริมาณของน้ำนม ในมารดาหลังคลอดด้วยการนวดและประคบด้วยลูกประคบสมุนไพร ร่วมกับการรับประทานยาสมุนไพรกระตุ้นน้ำนม
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยแฝงกับระดับการไหลและปริมาณน้ำนมในมารดาหลังคลอด

วิธีการ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการศึกษาครั้งนี้ คือ มารดาหลังคลอดที่มาคลอด ณ โรงพยาบาลสิงหนคร ตั้งแต่วันที่ 27 มกราคม พ.ศ. 2563 ถึงวันที่ 8 มกราคม พ.ศ. 2564 โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยวิธีจับสลากจำนวน 40 ราย เพื่อคัดแยก 2 กลุ่ม กลุ่มละ 20 ราย

เกณฑ์การคัดกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย (Inclusion Criteria) ประกอบด้วย 1) มารดาหลังคลอดที่มาคลอดที่โรงพยาบาลสิงหนคร 2) คลอดทารกเดี่ยว 3) ครบกำหนดครรภ์คลอด 4) ทารกมีลักษณะปกติ 5) สื่อสารด้วยภาษาไทย 6) ไม่มีโรคประจำตัว เช่น โรคไทรอยด์ โรค HIV โรคเบาหวาน 7) ไม่มีภาวะตกเลือดหลังคลอด 8) ไม่เคยแพ้หรือมีข้อห้ามในการใช้สมุนไพรซึ่งเป็นองค์ประกอบของลูกประคบและยากระตุ้นน้ำนม 9) สุขภาพดีไม่มีภาวะแทรกซ้อนที่กระทบต่อการเลี้ยงบุตรด้วยนมมารดา 10) ตั้งใจเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ และ 11) ยินดีเข้าร่วมการวิจัย

เกณฑ์การคัดกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย (Exclusion Criteria) คือ มารดาหลังคลอดและ/หรือทารกที่มีภาวะแทรกซ้อนต้องเข้ารับการรักษาหรือพยาบาลพิเศษ มารดาหลังคลอดที่มีอาการเต้านมอักเสบระหว่างเข้าร่วมวิจัย และ/หรือมารดาหลังคลอดที่ขอยกจากการวิจัย (อาสาสมัครผู้เข้าร่วมการวิจัยประสงค์ที่จะถอนตัวออกจากการวิจัยได้ทุกเมื่อ โดยไม่จำเป็นต้องบอกเหตุผลต่อคณะผู้วิจัย และการถอนตัวออกจากโครงการจะไม่กระทบต่อการรักษาระดับพื้นฐานที่พึงได้รับปกติ)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย การนวดเต้านม (แบบไม่ใช่เครื่องมือ) ลูกประคบสมุนไพรที่ทำจากสมุนไพรแห้ง ยาสมุนไพรกระตุ้นน้ำนมสูตรโรงพยาบาลสิงหนคร และเครื่องปัมน้ำนม ยี่ห้อ Spectra รุ่น S1

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

- 2.1 แบบบันทึกข้อมูลทั่วไปและข้อมูลสถิติศาสตร์ของมารดาหลังคลอด

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของมารดาและบุตรหลังคลอด ประกอบด้วยข้อความถาม 13 ข้อ ได้แก่ อายุ มารดา ระดับการศึกษา โรคประจำตัว สถานภาพการสมรส จำนวนครั้งในการตั้งครรภ์ อาชีพ ประสบการณ์การเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ ความตั้งใจในการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ในครรภ์ปัจจุบัน ระดับการไหลของน้ำนม เพศของทารก วัน เวลาคลอด น้ำหนักแรกคลอด ลำดับการคลอดของบุตรคนปัจจุบัน และ APGAR Score แรกเกิด

- 2.2 แบบบันทึกการไหลของน้ำนม (Trainapakul et al., 2010)

ระดับการไหลของน้ำนม 5 ระดับด้วยวิธีการบีบ ประกอบด้วย

ระดับ 0 = น้ำนมไม่ไหล

ระดับ 1 = ไหลปุด มีน้ำนมไหลซึมออกมาแต่ไม่เป็นหยด

ระดับ 2 = น้ำนมเริ่มไหลเป็นหยด

ระดับ 3 = ไหลริน มีน้ำนมไหลมากกว่า 2 หยดขึ้นไป

ระดับ 4 = ไหลพุ่ง เมื่อบีบแล้วมีน้ำนมไหลพุ่ง

- 2.3 แบบบันทึกปริมาณน้ำนม โดยวัดด้วยเครื่องปัมน้ำนม (Thongsawang, 2020) ยี่ห้อ Spectra รุ่น S1

เครื่องมือทั้งหมดได้มีการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยผ่านผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับการดูแลมารดาและเด็กหลังคลอด และแพทย์แผนไทยผู้เชี่ยวชาญด้านการนวดประคบด้วย

ลูกประคบสมุนไพรเพื่อกระตุ้นการไหลของน้ำนมมารดา จำนวน 5 ท่าน ได้นำมาวิเคราะห์และคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์หรือเนื้อหา (IOC : Item Objective Congruence Index) โดยมีค่าเฉลี่ยของคะแนนในแต่ละข้ออยู่ที่ 0.6-1.00 ในภาพรวมของแบบสอบถามทั้งหมดมีค่า IOC เท่ากับ 0.861

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ขออนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
2. นำหนังสือขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย ราชภัฏสวนสุนันทา ถึงผู้อำนวยการโรงพยาบาลสิงหนครเพื่อขออนุญาตทำการวิจัย และเข้าพบหัวหน้าพยาบาลและพยาบาลที่หอผู้ป่วยสูตินรีเวชกรรม เพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์และรายละเอียดต่าง ๆ ของการทำการวิจัย
3. พยาบาลส่งข้อมูลมารดาหลังคลอดที่ต้องการเข้าร่วมรับรักษายังฝ่ายงานแพทย์แผนไทย
4. ผู้วิจัยพร้อมกับแพทย์แผนไทยวิชาชีพ เข้าพบมารดาหลังคลอด โดยคัดเลือกประชากรที่มีลักษณะตามเกณฑ์คัดเข้า-คัดออก โดยผู้วิจัยได้ขอจริยธรรมในการวิจัยจากคณะกรรมการกำกับด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จากมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา เลขที่ COA. 1-1041/2019 วันที่ให้การรับรอง 18 กันยายน 2562 และได้มีการชี้แจงวัตถุประสงค์ วิธีการดำเนินการวิจัยและสิทธิ ในการร่วมงานวิจัย พร้อมลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย
5. บันทึกข้อมูลทั่วไปและข้อมูลทางสูติศาสตร์ และประเมินระดับการไหลของน้ำนมแม่หลังคลอด
6. แบ่งกลุ่มตัวอย่างด้วยการลำดับการเข้ารับบริการ โดยแพทย์แผนไทยเพื่อกำหนดแนวทางการปฏิบัติ
ดังนี้

กลุ่มควบคุม : มารดาหลังคลอดที่ได้รับการนัด และประคบด้วยลูกประคบสมุนไพร

กลุ่มทดลอง : มารดาหลังคลอดที่ได้รับการนัด และประคบด้วยลูกประคบสมุนไพรกับการรับประทานยาสมุนไพรกระตุ้นน้ำนมสูตรโรงพยาบาลสิงหนคร

7. ทำการกระตุ้นน้ำนม 4 ระยะ และเก็บข้อมูลระดับการไหลและปริมาณของน้ำนม ทั้งสองกลุ่ม ในวันที่ 1, 2 และ 7 โดยทำการเก็บข้อมูลก่อนเริ่มการวิจัย และหลังการกระตุ้น ทั้ง 4 ระยะ วิเคราะห์ข้อมูล สรุปและอภิปรายผล

กลุ่มควบคุม : การนัด และประคบด้วยลูกประคบสมุนไพร

เป็นการนัด และประคบเต้านมด้วยลูกประคบสมุนไพรโดยแพทย์แผนไทยวิชาชีพ โดยเริ่มต้นจะตรวจลักษณะความปกติของหัวนม ลานนมก่อน แล้วจึงทำความสะอาดหัวนมด้วยการใช้สำลีชุบน้ำ ทำความสะอาดคราบโคลที่อุดตันรูเปิดของท่อน้ำนมประเมินการไหลของน้ำนมก่อนนัด ประคบด้วยการบีบน้ำนม 5 ครั้งที่เต้านมแต่ละข้างสังเกตลักษณะการไหลของน้ำนม บันทึกการไหลของน้ำนมแต่ละข้าง เริ่มการนวดเต้านมทีละข้าง โดยใช้นิ้วหัวแม่มือกดคลึงจุดระหว่างจุดตัดของใต้รักแร้และหัวนม โดยกดคลึงเข้าหาฐานนมในจังหวะ หนึ่ง เน้น นิ่ง เป็นเวลา 30-45 วินาที จากนั้นเลื่อนนิ้วหัวแม่มือมาคลึงจุดที่ 2 ของเต้านมในลักษณะเดียวกันโดยให้ห่างจากจุดเดิมไปทางหัวนมระยะห่าง 1 นิ้วมือ (ประมาณ 2 เซนติเมตร) เริ่มนวดคลึงรูปแบบกันหอยโดยรอบฐานราวนมไปยังหัวนมตามระยะเวลา 5 นาทีเมื่อนวดเต้านมทั้ง 2 ข้างเสร็จแล้ว นำลูกประคบสมุนไพร ที่นึ่งเป็นเวลา 15-20 นาที มาทดลองวางที่ต้นแขนของผู้นัดเพื่อทดสอบความร้อนที่เหมาะสม ก่อนจะเริ่มประคบให้ผู้เข้าร่วมวิจัย โดยวางผ้าขนหนูบนเต้านม เริ่มประคบเต้านมทีละข้าง โดยเริ่มจากฐานเต้านมวนโดยรอบฐานนมและออกแรงผลักลูกประคบเข้าหาจุดศูนย์กลางหัวนมวนจนครบรอบและประคบต่อเนื่องข้างละ 8 นาที หากอุณหภูมิลูกประคบลดลงให้เปลี่ยนลูกประคบอีกหนึ่งลูก รวมเป็นเวลา 35-40 นาที

กลุ่มทดลอง : การนวด และประคบด้วยลูกประคบสมุนไพร และรับประทานยาสมุนไพรกระตุ้นน้ำนม
สูตรโรงพยาบาลสิงหนคร

นวด และประคบด้วยลูกประคบสมุนไพรวิธีเดียวกันกับกลุ่มควบคุม พร้อมให้รับประทาน ยาสมุนไพร
กระตุ้นน้ำนม จำนวน 50 มิลลิตร วันละ 2 ครั้ง ก่อนอาหาร เช้าและเย็น รับประทานต่อเนื่องกันจนหมด

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติในงานวิจัยนี้สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ

1. สถิติเชิงพรรณนา ประกอบด้วย ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าร้อยละในการวิเคราะห์ข้อมูล
2. สถิติเชิงอนุมาน คือ การเปรียบเทียบความแตกต่างของระดับการไหล และปริมาณของน้ำนมระหว่าง
มารดาในกลุ่มควบคุม กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง โดยใช้การทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square) การทดสอบกลุ่มตัวอย่าง
2 กลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน (T-test Independent) และการทดสอบกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่สัมพันธ์กัน (Paired Sample
t-test) และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการศึกษา

1. ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ 1) ข้อมูลมารดาในกลุ่มควบคุม
และกลุ่มทดลอง ประกอบด้วย อายุ ระดับการศึกษา โรคประจำตัว สถานภาพ จำนวนครั้งในการตั้งครรภ์ อาชีพ
ประสบการณ์ในการเลี้ยงลูก ด้วยนมแม่อย่างเดียว ความตั้งใจในการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ในครรภ์ปัจจุบัน และระดับการไหล
ของน้ำนมมารดาหลังคลอด และ 2) ข้อมูลบุตรของกลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วย เพศทารก น้ำหนักทารกแรกคลอด
ลำดับการคลอดของบุตรคนปัจจุบัน และ Apgar Score แรกเกิด ดังรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง (ข้อมูลมารดาและบุตรของกลุ่มตัวอย่าง)

ข้อมูลทั่วไป	กลุ่มควบคุม (n = 20)		กลุ่มทดลอง (n = 20)		χ^2	P
	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน		
อายุ (ปี)					7.428	0.024
10 – 20 ปี	3	15.0	10	50.0		
21 – 30 ปี	9	45.0	8	40.0		
31 – 40 ปี	8	40.0	2	10.0		
ระดับการศึกษา					1.343	0.854
ประถมศึกษา	2	10.0	2	10.0		
มัธยมศึกษา	13	65.0	15	75.0		
ปริญญาตรีหรือเทียบเท่า	1	5.0	0	0.0		

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไป	กลุ่มควบคุม (n = 20)		กลุ่มทดลอง (n = 20)		χ^2	P
	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน		
ปริญญาโท	3	15.0	2	10.0		
อื่น ๆ	1	5.0	1	5.0		
โรคประจำตัว					2.105	0.147
มีโรคประจำตัว	2	10.0	0	0.0		
ไม่มีโรคประจำตัว	18	90.0	20	100.0		
สถานภาพ					3.000	0.223
คู่	17	85.0	17	85.0		
หม้าย	0	0.0	0	0.0		
หย่าร้าง/แยกกันอยู่	3	15.0	1	5.0		
อื่น ๆ	0	0.0	2	10.0		
จำนวนครั้งในการตั้งครรภ์					0.720	0.869
ครั้งแรก	6	30.0	7	35.0		
ครรภ์ที่ 2	6	30.0	6	30.0		
ครรภ์ที่ 3	5	25.0	3	15.0		
อื่น ๆ	3	15.0	4	20.0		
อาชีพ					7.368	0.195
แม่บ้าน	8	40.0	5	25.0		
รับราชการ/รัฐวิสาหกิจ	3	15.0	0	0.0		
ธุรกิจส่วนตัว	3	15.0	2	10.0		
ลูกจ้าง/พนักงานบริษัท	1	5.0	5	25.0		
รับจ้างทั่วไป	3	15.0	4	20.0		
อื่น ๆ	2	10.0	4	20.0		
ประสบการณ์การเลี้ยงลูกด้วยนมแม่อย่างเดียว					0.107	0.744
มีประสบการณ์	13	65.0	12	60.0		
ไม่มีประสบการณ์	7	35.0	8	40.0		
ความตั้งใจในการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ในครรภ์ปัจจุบัน					0.360	0.548
มี	19	95.5	18	90.0		
ไม่มี	1	5.0	2	10.0		

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไป	กลุ่มควบคุม (n = 20)		กลุ่มทดลอง (n = 20)		χ^2	P
	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน		
ระดับการไหลของน้ำนมมารดาหลังคลอด					2.311	0.679
น้ำนมไม่ไหล	2	10.0	3	15.0		
ไหลปุด	9	45.0	6	30.0		
ไหลเป็นหยด	4	20.0	6	30.0		
ไหลริน	5	25.0	4	20.0		
ไหลพุ่ง	0	0.0	1	5.0		
เพศทารก					0.147	0.705
ชาย	15	75.0	16	80.0		
หญิง	5	25.0	4	20.0		
น้ำหนักทารกแรกคลอด					0.444	0.801
1. น้อยกว่า 2500 กรัม	2	10.0	2	10.0		
2. 2500-3000 กรัม	8	40.0	10	50.0		
3. มากกว่า 3000 กรัม	10	50.0	8	40.0		
ลำดับการคลอดของบุตรคนปัจจุบัน					0.734	0.865
บุตรคนแรก	7	35.0	7	35.0		
บุตรคนที่ 2	5	25.0	6	30.0		
บุตรคนที่ 3	5	25.0	3	15.0		
อื่น ๆ	3	15.0	4	20.0		
Apgar Score แรกเกิด					2.111	0.348
ระดับคะแนน 8, 8, 9	19	95.0	17	85.0		
ระดับคะแนน 8, 9, 10	1	5.0	1	5.0		
ระดับคะแนน 8, 10, 10	0	0	2	10.0		

จากตารางที่ 1 ผลการทดสอบความแตกต่างของข้อมูลทั่วไปของมารดาระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง โดยใช้สถิติ Chi-Square (Pearson Chi-Square) พบว่า อายุของมารดาหลังคลอดของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < .05$) ส่วนระดับการศึกษา โรคประจำตัว สถานภาพ จำนวนครั้งในการตั้งครรภ์ อาชีพ ประสบการณ์การเลี้ยงลูกด้วยนมแม่อย่างเดียว ความตั้งใจในการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ในครรภ์ปัจจุบัน และระดับการไหลของน้ำนมมารดาหลังคลอดของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ส่วนผลการทดสอบความแตกต่างของข้อมูลบุตรของกลุ่มตัวอย่างระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง โดยใช้สถิติ Chi-Square (Pearson Chi-Square) พบว่าเพศทารก น้ำหนักทารกแรกคลอด ลำดับการคลอดของบุตร คนปัจจุบัน และ Apgar Score แรกเกิดของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < .05$)

2. ผลระดับการไหลของน้ำนมในมารดาหลังคลอด

ผลการเก็บข้อมูลระดับการไหลของน้ำนมในมารดาหลังคลอดของกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง โดยทำการจดบันทึกตั้งแต่ก่อนการวิจัย เริ่มการวิจัยในวันที่ 1 วันที่ 2 และวันที่ 7 ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2 และตารางที่ 3 ดังนี้

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับการไหลของน้ำนมในมารดาหลังคลอดด้วยการนวด และประคบ ด้วยลูกประคบลูกสมุนไพร (กลุ่มควบคุม)

ช่วงเวลา	วันที่ 1			วันที่ 2			วันที่ 7		
	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
ก่อนการวิจัย	1.60	0.995	น้อย	2.25	0.639	ปานกลาง	2.95	0.605	มาก
ทันที	1.80	0.894	ปานกลาง	2.40	0.598	ปานกลาง	3.15	0.671	มาก
1 ชั่วโมง	1.70	0.865	ปานกลาง	2.35	0.587	ปานกลาง	3.00	0.649	มาก
3 ชั่วโมง	1.75	0.910	ปานกลาง	2.15	0.813	ปานกลาง	3.15	0.587	มาก
5 ชั่วโมง	1.75	0.910	ปานกลาง	2.40	0.598	ปานกลาง	3.05	0.605	มาก
ภาพรวม	1.72	0.915	ปานกลาง	2.31	0.647	ปานกลาง	3.06	0.623	มาก

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับการไหลของน้ำในมารดาหลังคลอดด้วยการนวด และประคบด้วยลูกประคบสมุนไพรกับการรับประทานยาสมุนไพรกระตุ้นน้ำนมสูตรโรงพยาบาลสิงหนคร (กลุ่มทดลอง)

ช่วงเวลา	วันที่ 1			วันที่ 2			วันที่ 7		
	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
ก่อนการวิจัย	1.80	1.005	ปานกลาง	2.25	0.993	ปานกลาง	3.15	0.745	มาก
ทันที	1.85	0.988	ปานกลาง	2.40	1.005	ปานกลาง	3.10	0.788	มาก
1 ชั่วโมง	1.80	0.894	ปานกลาง	2.35	0.979	ปานกลาง	3.10	0.788	มาก
3 ชั่วโมง	1.80	0.834	ปานกลาง	2.15	0.894	ปานกลาง	3.00	0.858	มาก
5 ชั่วโมง	1.85	0.813	ปานกลาง	2.40	0.875	ปานกลาง	3.05	0.759	มาก
ภาพรวม	1.82	0.907	ปานกลาง	2.31	0.949	ปานกลาง	3.08	0.787	มาก

3. ผลปริมาณน้ำนมในมารดาหลังคลอด

ผลการบันทึกข้อมูลปริมาณน้ำนมในมารดาหลังคลอดตั้งแต่วันที่ 1 วันที่ 2 และวันที่ 7 ทำการจดบันทึกทันทีก่อนเริ่มการทดลอง หลังเริ่มการทดลองในชั่วโมงที่ 1 ชั่วโมงที่ 3 และชั่วโมงที่ 5 ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4 และตารางที่ 5 ดังนี้

ตารางที่ 4 ปริมาณน้ำนมในมารดาหลังคลอดด้วยการนวด และประคบด้วยลูกประคบสมุนไพร (กลุ่มควบคุม)

วันที่	ปริมาณน้ำนม	ปริมาณน้ำนมเฉลี่ยในมารดาหลังคลอด (กลุ่มควบคุม)							
	ก่อนการวิจัย (มิลลิลิตร)	ทันที	1 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	5 ชั่วโมง	รวม	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด
วันที่ 1	1.32	1.41	2.85	3.05	3.08	11.71	2.34	3.08	1.32
วันที่ 2	4.87	4.79	4.63	4.61	5.04	23.92	4.78	5.04	4.61
วันที่ 7	10.33	9.94	9.59	9.81	10.08	49.75	9.95	10.33	9.59

ตารางที่ 5 ปริมาณน้ำนมในมารดาหลังคลอดด้วยการนวด และประคบด้วยลูกประคบสมุนไพร กกับการรับประทานยาสมุนไพรกระตุ้นน้ำนมสูตรโรงพยาบาลสิงหนคร (กลุ่มทดลอง)

วันที่	ปริมาณน้ำนม ก่อนการวิจัย (มิลลิลิตร)	ปริมาณน้ำนมเฉลี่ยในมารดาหลังคลอด (กลุ่มควบคุม) (มิลลิลิตร)							
		ทันที	1 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	5 ชั่วโมง	รวม	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด
วันที่ 1	4.05	4.12	4.04	4.22	4.20	20.63	4.13	4.22	4.04
วันที่ 2	5.31	5.54	5.59	8.00	6.09	30.53	6.11	8.00	5.54
วันที่ 7	12.60	12.74	12.38	11.77	12.03	61.52	12.30	12.74	11.77

4. ผลการเปรียบเทียบระดับการไหลและปริมาณของน้ำนมในมารดาหลังคลอด

4.1 ผลการเปรียบเทียบระดับการไหลของน้ำนมและปริมาณน้ำนมของมารดากลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง ก่อนการวิจัยและหลังการวิจัย ดังรายละเอียดในตารางที่ 7 และ ตารางที่ 8

ตารางที่ 7 ผลการเปรียบเทียบระดับการไหลก่อนและหลังของมารดาหลังคลอดกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ช่วงเวลา	ผลการเปรียบเทียบระดับการไหลก่อนและหลัง (มิลลิลิตร)									
	กลุ่มควบคุม					กลุ่มทดลอง				
	$\bar{X}$	N	S.D.	t	p-value	$\bar{X}$	N	S.D.	t	p-value
ก่อน (วันที่ 1)	1.60	20	0.995			1.80	20	1.005		
หลังทันที (วันที่ 7)	3.15	20	0.671	-8.396	0.000	3.10	20	0.788	-6.296	0.000
หลัง 1 ชั่วโมง (วันที่ 7)	3.00	20	0.649	-9.200	0.000	3.10	20	0.788	-6.725	0.000
หลัง 3 ชั่วโมง (วันที่ 7)	3.15	20	0.587	-9.131	0.000	3.00	20	0.858	-5.640	0.000
หลัง 5 ชั่วโมง (วันที่ 7)	3.05	20	0.605	-7.855	0.000	3.05	20	0.759	-6.140	0.000
ภาพรวมหลังวิจัย	3.09	20	0.570	-8.718	0.000	3.06	20	0.765	-6.124	0.000

ผลการเปรียบเทียบระดับการไหลของน้ำนมมารดากลุ่มควบคุม ทั้งก่อนและหลังจากวิจัย พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < .05$) เช่นเดียวกับระดับการไหลของน้ำนมมารดากลุ่มทดลอง ทั้งก่อนและหลังจากวิจัย มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < .05$)

ตารางที่ 8 ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำนํก่อนและหลังของมารดาหลังคลอดกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ช่วงเวลา	ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำนํก่อนและหลัง (มิลลิลิตร)									
	กลุ่มควบคุม					กลุ่มทดลอง				
	$\bar{X}$	N	S.D.	t	p-value	$\bar{X}$	N	S.D.	t	p-value
ก่อน (วันที่ 1)	1.32	20	0.990			4.05	20	4.475		
หลังทันที (วันที่ 7)	9.84	20	5.300	-8.001	0.000	12.74	20	9.892	-5.580	0.000
หลัง 1 ชั่วโมง (วันที่ 7)	9.51	20	4.983	8.100	0.000	12.36	20	9.821	-5.237	0.000
หลัง 3 ชั่วโมง (วันที่ 7)	9.72	20	5.411	-7.585	0.000	11.77	20	8.693	-4.916	0.000
หลัง 5 ชั่วโมง (วันที่ 7)	9.98	20	5.392	-7.879	0.000	12.03	20	8.704	-5.238	0.000
ภาพรวมหลังวิจัย	9.76	20	5.238	-7.428	0.000	12.23	20	9.246	-5.986	0.000

ผลการเปรียบเทียบการปริมาณน้ำนํของมารดากลุ่มควบคุมทั้งก่อนและหลังจากวิจัย พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < .05$) เช่นเดียวกับปริมาณน้ำนํของมารดากลุ่มทดลอง ทั้งก่อนและหลังจากวิจัย มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < .05$)

4.2 ผลการเปรียบเทียบระดับการไหลของน้ำนํและปริมาณน้ำนํในมารดาหลังคลอดระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ดังรายละเอียดในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบผลระดับการไหลของน้ำนํและปริมาณน้ำนํในมารดาหลังคลอดระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ช่วงเวลา	มารดาหลังคลอด	เปรียบเทียบระดับการไหลของน้ำนํ				เปรียบเทียบปริมาณน้ำนํ			
		$\bar{X}$	S.D.	t	p-value	$\bar{X}$	S.D.	t	p-value
วันที่ 1	กลุ่มควบคุม	1.72	0.895	-0.361	0.72	11.7	6.397	-1.759	0.087
	กลุ่มทดลอง	1.82	0.856			20.61	21.74		
วันที่ 2	กลุ่มควบคุม	2.31	0.607	0.29	0.773	23.92	12.813	-1.076	0.289
	กลุ่มทดลอง	2.24	0.891			30.53	24.292		
วันที่ 7	กลุ่มควบคุม	3.06	0.559	-0.095	0.925	49.27	26.207	-1.024	0.312
	กลุ่มทดลอง	3.08	0.755			61.51	46.595		
รวม	กลุ่มควบคุม	2.36	0.63	-0.075	0.941	84.89	41.761	-1.286	0.206
	กลุ่มทดลอง	2.38	0.772			112.65	87.004		

จากตารางที่ 9 พบว่า การเปรียบเทียบความแตกต่างระดับการไหลของน้ำนมในมารดาก่อนและหลังการวิจัยของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง วันที่ 1 วันที่ 2 และวันที่ 7 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ทั้งก่อนและหลังการวิจัย ส่วนการเปรียบเทียบความแตกต่างปริมาณน้ำนมในมารดาก่อนและหลังการวิจัยของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง วันที่ 1 วันที่ 2 และวันที่ 7 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งก่อนและหลังการวิจัย

5. ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยแฝง ประกอบด้วย อายุของมารดา การศึกษาของมารดา อาชีพของมารดา และจำนวนครั้งในการตั้งครรภ์กับระดับการไหลและปริมาณของน้ำนมในมารดาหลังคลอด

ตารางที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของมารดา การศึกษาของมารดา อาชีพของมารดา และจำนวนครั้งในการตั้งครรภ์ กับระดับการไหลของน้ำนมและปริมาณของน้ำนมในมารดาหลังคลอด

ปัจจัย	ระดับการไหลของน้ำนม ในมารดาหลังคลอด			ปริมาณน้ำนม ในมารดาหลังคลอด		
	Pearson correlation (r)	p-value	ระดับ ความสัมพันธ์	Pearson correlation (r)	p-value	ระดับ ความสัมพันธ์
อายุของมารดา	0.238	0.139	-	0.218	0.178	-
การศึกษาของมารดา	0.111	0.496	-	0.019	0.908	-
อาชีพของมารดา	0.283	0.077	-	0.054*	0.742	-
จำนวนครั้งในการตั้งครรภ์	0.354*	0.025	ระดับต่ำ	0.544*	0	ระดับปานกลาง

จากตารางที่ 10 พบว่า จำนวนครั้งในการตั้งครรภ์มีความสัมพันธ์กับระดับการไหลของน้ำนมในมารดาหลังคลอดมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.354 เป็นความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน และระดับความสัมพันธ์อยู่ในระดับต่ำ ส่วนจำนวนครั้งในการตั้งครรภ์มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำนมในมารดาหลังคลอดมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.544 เป็นความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน และระดับความสัมพันธ์อยู่ในระดับปานกลาง

วิจารณ์ผลการศึกษา

1. ระดับการไหลของน้ำนมในมารดาหลังคลอดของทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ในวันที่ 1 กับวันที่ 7 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง มีระดับการไหลของน้ำนมเพิ่มขึ้นจากก่อนการวิจัยในวันที่ 1 อย่างเห็นได้ชัด โดยระดับการไหล ของน้ำนมในมารดาหลังคลอดในวันที่ 7 เพิ่มขึ้นทุกระยะเช่นเดียวกันทั้ง 2 กลุ่ม แสดงให้เห็นว่าการกระตุ้นน้ำนมในมารดากลุ่มควบคุมด้วยการนวด และประคบด้วยลูกประคบสมุนไพร (นวดและประคบ) และมารดากลุ่มทดลองด้วยการกระตุ้นน้ำนมเช่นเดียวกับกลุ่มควบคุม ร่วมกับการรับประทานยาสมุนไพรกระตุ้นน้ำนมสูตรโรงพยาบาลสิงหนคร (นวด ประคบ และรับประทานยา) ถึงแม้ว่ามารดาทั้ง 2 กลุ่มได้รับการกระตุ้นน้ำนมด้วยวิธีที่แตกต่างกัน แต่ทั้งสองวิธีก็ช่วยให้ระดับการไหลของน้ำนมมารดาเพิ่มขึ้นในภายหลังได้รับการกระตุ้นทุกระยะ ในวันที่ 7 สอดคล้องกับการศึกษาของ Masae (2018) ที่ผลการวิจัยพบว่ามารดาที่ได้รับโปรแกรมการนวดเต้านมด้วยตนเอง มีระดับคะแนนเฉลี่ยการไหลของน้ำนมหลังการทดลองมากกว่ากลุ่มที่ได้รับการพยาบาลตามปกติ จึงแสดงให้เห็นว่าโปรแกรมการนวดเต้านมด้วยตนเองมีผลต่อการไหลของน้ำนม

เนื่องจาก เมื่อประเมินการไหลของน้ำนมก่อนการทดลองใน 30 วินาทีแรกหลังคลอดของมารดาทั้งกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม มีคะแนนระดับการไหลของน้ำนมไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อได้รับการนวดเต้านมเป็นการกระตุ้น การไหลเวียนเลือด ทำให้เลือดมาเลี้ยงบริเวณเต้านมมากขึ้น และกระตุ้นให้มีการหลั่งฮอร์โมนออกซิโทซินเพิ่มขึ้น เพราะการนวดทำให้ต่อมน้ำนม ปลายประสาทที่หัวนม และลานนม ถูกกระตุ้นจึงส่งสัญญาณไปยังต่อมใต้สมอง ส่วนหลัง (Posterior pituitary) มีผลต่อการกระตุ้นการทำงานของฮอร์โมนออกซิโทซินทำให้น้ำนมไหล และกระตุ้น การทำงานของต่อมใต้สมองส่วนหน้า (Anterior pituitary) ทำให้ออร์โมนโปรแลคตินเพิ่มขึ้น กระตุ้นการสร้างน้ำนม ทำให้การสร้างและกระตุ้นน้ำนมเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับการนวดเต้านม และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Trainapakul et al. (2010) ที่ผลการศึกษา พบว่า ระดับคะแนนการไหลของน้ำนมก่อนและหลังนวด-ประคบแต่ละวิธีมีความแตกต่างกัน โดยกลุ่มที่ได้รับการนวดและประคบด้วยลูกประคบสมุนไพร มีระดับคะแนนการไหลของน้ำนมหลังการนวด-ประคบ มากกว่าระดับคะแนนการไหลของน้ำนม ในกลุ่มที่ได้รับการนวดและประคบด้วยกระเป๋าน้ำร้อน นอกจากนี้ผลการศึกษา ได้ระบุว่า กลุ่มมารดาที่ได้รับการนวด-ประคบเต้านมด้วยลูกประคบสมุนไพร ได้รับกลิ่นของน้ำนมหอมระเหยซึ่งมาจาก สมุนไพรที่เป็นส่วนผสมในลูกประคบ อาจเป็นผลให้ความเครียด และความวิตกกังวลลดน้อยลง ทำให้น้ำนมไหลมากกว่า กลุ่มที่ใช้กระเป๋าน้ำร้อนประคบ ดังนั้นการนวด-ประคบเต้านมด้วยลูกประคบสมุนไพรจึงเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับการ ให้บริการแก่มารดาหลังคลอดในการกระตุ้นน้ำนมเพื่อเอื้อให้มารดาสามารถเลี้ยงลูกด้วยนมแม่อย่างประสบความสำเร็จต่อไป

2. ปริมาณน้ำนมในมารดาของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ในวันที่ 1 กับวันที่ 7 มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีปริมาณน้ำนมเพิ่มขึ้นจากก่อนการวิจัย ในวันที่ 1 อย่างเห็นได้ชัด โดยปริมาณน้ำนมในมารดาหลังคลอดในวันที่ 7 เพิ่มขึ้นทุกระยะเช่นเดียวกันทั้ง 2 กลุ่ม แสดงให้เห็นว่าวิธีการกระตุ้นน้ำนมทั้ง 2 วิธีส่งผลต่อปริมาณน้ำนมของมารดา เนื่องจากการนวดบริเวณเต้านม เป็นการกระตุ้นระบบการไหลเวียนของเลือด ลดอาการตึงของเส้นเอ็นบริเวณนั้น ส่วนการประคบด้วยลูกประคบสมุนไพร เป็นการช่วยเพิ่มการผลักดันเลือดลมบริเวณเต้านมให้มีการไหลเวียนได้สะดวกยิ่งขึ้น ท่อน้ำนมมีการขยายตัวดีไม่เกิด การอุดตัน ทำให้มีปริมาณน้ำนมเพิ่มขึ้น อีกทั้งยาสมุนไพรที่โรงพยาบาลสิงหนครเลือกใช้ เป็นยาที่มีสรรพคุณในการสร้าง น้ำนมให้มีปริมาณน้ำนมเพิ่มขึ้น ได้แก่ น้ำมะราชสีห์ ซึ่งเป็นตัวยารสเผ็ด ช่วยบำรุงน้ำนม ช่วยเร่งน้ำนม ช่วยขับน้ำนม ช่วยลด การอักเสบ ทำให้เลือดไหลเวียนดี โดยการช่วยขยายหลอดเลือด ยับยั้งการสะสมของไขมันในหลอดเลือด ส่วนเถาวัลย์เปรียง ช่วยถ่ายเส้น ทำให้เส้นเอ็นหย่อน เลือดลมไหลเวียนดี ส่งผลทำให้น้ำนมไหลดีขึ้น ดังนั้นการนวดการประคบด้วย สมุนไพร และการรับประทานยาสมุนไพร มีส่วนช่วยให้กระบวนการผลิตน้ำนมในร่างกายทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Srifa (2020) ที่ผลการศึกษาพบว่าปริมาณน้ำนมของกลุ่มมารดาที่เสริมด้วยน้ำขิงหลังมื้อ อาหาร มากกว่ากลุ่มของมารดาที่ไม่ได้เสริมด้วยน้ำขิงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และสอดคล้องกับงานวิจัย ของ Nookmak et al. (2021) ที่ผลการศึกษาพบว่า มารดาหลังคลอดบุตรในกลุ่มทดลองที่ได้รับการรักษาด้วยการนวด กดจุดสะท้อนเท้าร่วมกับการพยาบาลตามปกติมีปริมาณน้ำนมใน 24 ชั่วโมงแรกหลังคลอด และในช่วง 24-48 ชั่วโมง หลังคลอดมากกว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับการรักษาด้วยการพยาบาลตามปกติอย่างเดียวยังมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

3. ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของมารดา การศึกษา อาชีพ และจำนวนครั้งในการตั้งครรภ์ กับระดับการไหล และปริมาณน้ำนมในมารดาหลังคลอด พบว่าจำนวนครั้งในการตั้งครรภ์มีความสัมพันธ์กับระดับการไหลของน้ำนม ในมารดาหลังคลอด โดยเป็นความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันระดับต่ำ และความสัมพันธ์กับปริมาณการไหลของน้ำนม

ในมารดาหลังคลอดเป็นความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันระดับปานกลาง หมายความว่าถ้ามารดามีการตั้งครรภ์มาแล้วหลายครั้งจะส่งผลให้ระดับการไหลของน้ำนมเพิ่มมากขึ้นแต่ระดับความสัมพันธ์อยู่ในระดับต่ำ ในขณะที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำนมในระดับปานกลาง ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่าปัจจัยหรือตัวแปรแฝง คือ จำนวนครั้งในการตั้งครรภ์ ส่งผลต่อระดับการไหลและปริมาณน้ำนมของมารดาทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง เนื่องจากจำนวนครั้งในการตั้งครรภ์เป็นประเด็นที่เชื่อมโยงไปยังทักษะในการเลี้ยงลูก การเป็นผู้มีความรู้ ความเข้าใจ มั่นใจ และเคยอยู่ในภาวะความเป็นแม่มาแล้ว ทำให้ไม่มีความเครียดและความกังวล ส่งผลให้ระดับการไหลและปริมาณน้ำนมมีมากกว่ามารดาที่ตั้งครรภ์แรก สอดคล้องกับงานวิจัยของ Payakkaraung et al. (2016) ที่ผลการศึกษาพบว่ามารดาที่ตั้งครรภ์ครั้งแรกต้องเผชิญกับปัญหาความไม่เข้าใจ ความไม่รู้ ความไม่มั่นใจ และความสามารถในการเลี้ยงลูก จนก่อให้เกิดความรู้สึกเครียด รู้สึกกดดันตนเอง และความกังวลใจต่าง ๆ ส่งผลต่อปริมาณน้ำนม ดังนั้นจำนวนครั้งในการตั้งครรภ์จึงเป็นปัจจัยแอบแฝงที่จะช่วยส่งเสริมให้เกิดการกระตุ้นน้ำนมได้เช่นกัน เนื่องจากการตาเห็นความสำคัญและตระหนักถึงคุณประโยชน์ของน้ำนมแม่ที่มีต่อการเลี้ยงลูกตลอดจนเห็นข้อดีหลายประการจากการเลี้ยงลูกด้วยนมมารดา เช่น ค่าใช้จ่ายในการเตรียมนมผง ภูมิคุ้มกันร่างกายของลูก เป็นต้น ทำให้มีความมั่นใจ และมีทัศนคติที่ดี ไม่มีความเครียด ความกังวล เข้าใจสภาพการปกติของน้ำนมว่าจะมีระยะการสร้างและการหลั่งเป็นอย่างไร

สรุป

ผลการศึกษาพบว่าระดับการไหลและปริมาณน้ำนมของมารดานอกจากจะมีความสัมพันธ์กับการกระตุ้นน้ำนมแล้วยังมีความสัมพันธ์กับปัจจัยอื่น ๆ อีกหลายประการที่สามารถส่งผลต่อระดับการไหลและปริมาณน้ำนมของมารดาแต่ละคน ซึ่งเป็นเรื่องยากที่จะควบคุมปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องได้อย่างครบถ้วน อีกทั้งปัจจัยบางประการยังมีส่วนสำคัญในการกระตุ้นให้เกิดการสร้างและหลั่งน้ำนมให้เพียงพอต่อการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ แต่ปัจจุบันยังไม่ปรากฏงานวิจัยหรือหลักฐานที่แน่ชัดได้ว่าวิธีการใดจะเป็นวิธีการที่ดีที่สุดในการกระตุ้นน้ำนมมารดา เพื่อให้ระดับการไหลของน้ำนมและได้ปริมาณน้ำนมที่มากที่สุด อย่างไรก็ตามการกระตุ้นน้ำนมให้มารดาหลังคลอดไม่ว่าด้วยวิธีการใดก็ตามย่อมส่งผลต่อกระบวนการสร้างและการหลั่งน้ำนมได้ดีกว่าการที่มารดาไม่ได้รับการกระตุ้นน้ำนมด้วยวิธีใด ๆ เลย

ข้อเสนอแนะ

1. ด้านการบริหารการพยาบาล ควรนำเสนอผลการวิจัยจากการใช้การกระตุ้นน้ำนมให้กับมารดาหลังคลอดด้วยวิธีการทั้ง 2 วิธีที่แตกต่างกัน ในรูปแบบของแผ่นพับ หรือคลิปวิดีโอแนะนำวิธีการในการเพิ่มปริมาณน้ำนมให้มารดาหลังคลอดเพื่อให้มารดาหลังคลอดบุตรประสบความสำเร็จในการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ และมีอัตราการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่สูงขึ้น
2. ด้านการปฏิบัติทางการพยาบาล ควรนำเสนอผลการวิจัยจากการกระตุ้นน้ำนมทั้ง 2 วิธี ต่อพยาบาลและบุคลากรทางสุขภาพในหน่วยงาน เพื่อให้สามารถเลือกนำวิธีการทั้ง 2 วิธี ไปจัดกิจกรรมการส่งเสริมการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ในมารดาหลังคลอด และเผยแพร่ให้พยาบาล และบุคลากรทางสุขภาพในหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องนำไปปรับใช้ในการดูแลส่งเสริม การเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ในมารดาหลังคลอดบุตร
3. ด้านการศึกษานำวิธีการกระตุ้นน้ำนมจาก 2 วิธีการที่แตกต่างกันไปใช้ในการนิเทศ และให้คำแนะนำ นักศึกษาพยาบาลที่ฝึกภาคปฏิบัติเพื่อให้สามารถนำองค์ความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการส่งเสริมการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ของมารดาหลังคลอดได้อย่างเหมาะสม

Chutrakul, P. (2018). **The Department of Health aims to increase breastfeeding by 50%.** Retrieved from [https://www.thaihealth.or.th/Content/43851- Department of Health aims to increase breastfeeding 50.html](https://www.thaihealth.or.th/Content/43851-Department-of-Health-aims-to-increase-breastfeeding-50.html) [2021, 20 Apr.]

Foundation of the Breastfeeding Center of Thailand. (2017). **Mother's milk for sure.** Bangkok: Aiyara.

Lertsakornsiri, M. (2018). Empowerment of Postpartum Adolescent Mothers in Breastfeeding. **Journal of Health and Health Management**, 4(1-2), 8-16. (In Thai)

Masae, M. (2018). **Effect of Self-Breast Massage Program on Milk Ejection of First-Time Mothers.** (Master's thesis). Songkla University, Songkla.

Noomak, P., Kala, S., & Kritcharoen, S. (2021). Effects of Foot Reflexology on Onset of Lactation and Milk Volume in Postpartum Mothers with Newborns Hospitalized in a Neonatal Intensive Care Unit. **Journal of Nursing and Education**, 14(4), 14-32.

Payakkaraung, S., Sangperm, P., & Samart, C. (2016). Breastfeeding Problem in Early Postpartum Period: Mother's Experiences. **Journal of Nursing Science**, 34(3), 30-40.

Srifa, U. (2020). The Effect of Breast Milk Quantity, Andthe Successfulness of Breastfeeding in Koh Samui Hospital. **Journal of MCU Nakhondhat**, 7(11), 94-103.

Techamuanwaiwit, S., Keereewichian, P., & Suvithayasiri, K. (2021). Promotion of Breastfeeding after Cesarean Section: Literature Review. **Journal of Health and Nursing Research**, 37(3), 23-35.

Thongsawang, N. (2020). **Strategies for increasing breast milk supply of premature infant mothers with a 10-step ladder.** Retrieved from <https://shorturl.asia/L48s0> [2021, 20 Apr.]

Trainapakul, C., Chaiyawattana, M., Kanavitoon, W., Teumtaokerd, R., Naka, S., Mitrniyodom, W., & Panlap, S. (2010). Effect of milk ejection performance of postpartum mothers afterbreasts massage and compression with mini hot bagand herbal compress. **Journal of Nursing and Education**, 3(3), 75-91. (In Thai)

Wichitsukon, K. (Ed.). (2014). **Breastfeeding.** (5th ed.). Bangkok: Pre-One.



การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำดอกโสนพร้อมดื่มโดยใช้สารให้ความหวานซูคราโลส

THE PRODUCT DEVELOPMENT OF READY TO DRINK SESBANIA FLOWER JUICE
USING SUCRALOSE SWEETENER

เบญจางค์ อัจฉริยะโพธา* และ สรณะ จันทรวินุกูล
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปทุมธานี 13180

Benjang Ascharyaphotha* and Sarana Chanweenukul
Faculty Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage,
Pathum Thani 13180

*E-mail: Benjang@vru.ac.th

Received: 07-01-2023

Revised: 08-03-2023

Accepted: 13-03-2023

บทคัดย่อ

ดอกโสนมีสารสีในกลุ่มแคโรทีนอยด์ปริมาณสูง มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระจึงเหมาะจะพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ การศึกษานี้ต้องการศึกษาปริมาณดอกโสนที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์น้ำดอกโสนพร้อมดื่ม โดยปริมาณดอกโสนที่เหมาะสมในการผลิต คือ ร้อยละ 0.60 และปรับความหวานด้วยน้ำตาลทรายที่ระดับ 10°Brix ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบมากที่สุด เมื่อศึกษาเปรียบเทียบการใช้สารซูคราโลสทดแทนน้ำตาลในผลิตภัณฑ์น้ำดอกโสนพร้อมดื่ม พบว่าการใช้ซูคราโลสร้อยละ 50 ของปริมาณน้ำตาล (โดยเทียบเป็นความหวานสัมพัทธ์) ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบมากที่สุดในทุกด้าน ได้แก่ ด้านลักษณะปรากฏ (7.20), สี (7.13), กลิ่น (7.03), รสหวาน (7.16) และความชอบโดยรวม (7.09) โดยคะแนนการยอมรับสูตรร้อยละ 50 ใกล้เคียงกับสูตร ร้อยละ 0 (สูตรน้ำตาลทราย/ 10 °Brix) และร้อยละ 25 ของปริมาณน้ำตาลทราย ($p>0.05$) มีค่า pH เท่ากับ 6.94 ค่าสี L (ความสว่าง), a^* (สีเขียว) และ b^* (สีเหลือง) เท่ากับ 23.53, -1.64 และ 1.68 ตามลำดับ และเมื่อนำผลิตภัณฑ์มาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ชอบระดับปานกลาง มีคะแนนเท่ากับ 7.65 โดยให้การยอมรับในตัวผลิตภัณฑ์ (ร้อยละ 76) ให้ความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์หากมีการวางจำหน่าย (ร้อยละ 72) ราคาต้นทุนรวมในการผลิต คือ 4.86 บาทต่อขวด จึงเป็นอีกทางเลือกสำหรับเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพและเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับพืชพื้นบ้านในท้องถิ่นอีกด้วย

คำสำคัญ: น้ำดอกโสน ผลิตภัณฑ์พร้อมดื่ม ดอกโสน ซูคราโลส

ABSTRACT

Sesbania flowers contain high amounts of carotenoid pigments, and they have antioxidant activity, so they are suitable for developing into a healthy food product. This study was to determine the amount of Sesbania flowers for ready-to-drink Sesbania flower juice products, it was found that the amount of Sesbania flowers 0.60% was suitable for the production and the level of sweetness from sugar at 10 °Brix was the most accepted by the testers. In the comparison of sucralose as a sugar substitute in ready-to-drink Sesbania flower juice products it was found that the use of sucralose as a sugar substitute was 50% of sugar (by comparison, a relative sweetness) was the most accepted in all aspects by the testers, consist of appearance (7.20), color (7.13), odor (7.03), sweet (7.16) and overall preference (7.09), the 50% sucralose formula was accepted score close to 0% formula (sugar formula/10 °Brix) and 25% ($p > 0.05$), with a pH value of 6.94, the color values of L (brightness), a^* (red) and b^* (green) were 23.53, -1.64 and 1.68, respectively. From this recipe, the product was tested for acceptance by general consumers, and it was found that most consumers liked it moderately with a score of 7.65, giving overall acceptance of the product (76%), and they were interested in buying the product (72%). The total cost of production is 4.86 baht/unit, which is the alternative for health beverages, and this product can increase value to local indigenous plants as well.

Keywords: Sesbania Flowers Drink, Ready-to-Drink, Sesbania Flowers, Sucralose

บทนำ

โสน (Sesbania flowers) มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Sesbania javanica* Miq. เป็นพืชที่มักพบเจอได้ทั่วไปในประเทศไทย บริเวณที่มีน้ำขังจะเจริญเติบโตดี พบมากในภาคกลางและภาคเหนือบางจังหวัด ช่วงดอกโสนออกในช่วงปลายฤดูฝนประมาณเดือนกันยายนถึงเดือนตุลาคมทำให้ช่วงดังกล่าวจะมีผลผลิตออกมาเป็นจำนวนมากจึงส่งผลกระทบต่อราคาถูกตลอดจนเก็บไว้ได้นาน อีกทั้งรูปแบบในการรับประทานมีไม่ค้อยหลากหลาย อาทิ ผักลวก ผักชุบไข่ทอด ผักดอง แกงส้ม และขนมดอกโสน เป็นต้น (The institute of thai traditional medicine, 2019) ดอกโสนแห้งมีการสะสมสารสีในกลุ่มแคโรทีนอยด์ปริมาณสูง ได้แก่ เบต้า-แคโรทีน (β -carotene), เบต้า-คริปโตแซนทีน (β -cryptoxanthin), ลูทีน (lutein) และซีแซนทีน (zeaxanthin) (Kijparkorn et al., 2010) และจากงานวิจัยของ Liaotrakoon et al. (2018) ได้ศึกษาเรื่องผลของอุณหภูมิในการทำแห้งต่ออัตราการแห้งคุณภาพทางกายภาพและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของดอกโสน พบว่าดอกโสนจึงมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ โดยดอกโสนอบแห้งมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดคงเหลือร้อยละ 17-24 เมื่อเทียบกับดอกโสนสด โดยดอกโสนที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด โดยมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด 366.89 มิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิก และปริมาณแทนนิน 714.29 มิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแทนนิกต่อดอกโสน 100 กรัม (น้ำหนักฐานแห้ง)

เครื่องดื่มที่วางขายในท้องตลาดปัจจุบันส่วนใหญ่มีรสหวานจากน้ำตาล ซึ่งการบริโภคเครื่องดื่มที่มีน้ำตาลมากจนเกินไปอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคต่าง ๆ ได้ เช่น ฟันผุ โรคอ้วน ตลอดจนโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่มากับความอ้วน

โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรคไขมันในเลือดสูง เบาหวานชนิดที่ 2 ความดันโลหิตสูง โรคหัวใจและหลอดเลือด (Ministry of public health. Department of health. Bureau of nutrition, 2013) ทำให้ปัจจุบันผู้บริโภคหันมาสนใจเครื่องดื่มให้พลังงานต่ำกันมากขึ้น ซูคราโลส (Sucralose) เป็นสารให้ความหวานที่ไม่ให้พลังงาน มีความหวานสัมพัทธ์ (Sweetness relative to sucrose (%)) ถึง 600 เท่าเมื่อเทียบกับซูโครสหรือน้ำตาลทราย ให้รสชาติใกล้เคียงน้ำตาลมาก ละลายน้ำได้ดี และสามารถใช้อปรุงอาหารร้อนบนเตาได้โดยไม่สูญเสียความหวานไม่ส่งผลให้เกิดรสขมหรือเฟื่อนติดปลายลิ้น (Petlomtong & Ratanatriwong, 2014; Saulo, 2005)

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์พัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำดอกโสนพร้อมดื่มโดยใช้สารให้ความหวานซูคราโลส เพื่อส่งเสริมให้เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพซึ่งเป็นทางเลือกสุขภาพให้กับผู้บริโภค อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผักพื้นบ้านในท้องถิ่นอีกด้วย

วิธีการ

1. ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำดอกโสนอบแห้ง

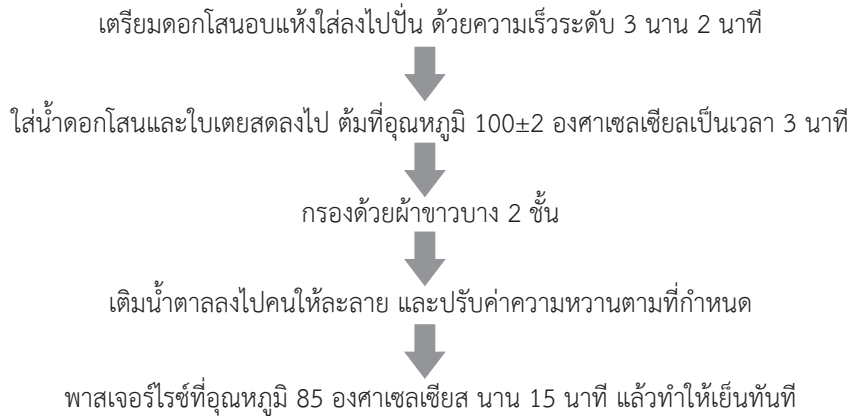
การเตรียมดอกโสนอบแห้งโดยดัดแปลงกรรมวิธีจาก Jakkit & Manokit (2017) นำดอกโสนล้างทำความสะอาด ลวกในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที แขน้ำอุณหภูมิห้อง 10 นาที นำออกมาพัก สะเด็ดน้ำ จากนั้นนำดอกโสนลวกใส่ถาดอบที่รองด้วยผ้าขาวบางแล้วนำเข้าเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง

2. ศึกษาปริมาณดอกโสนที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์น้ำดอกโสนพร้อมดื่ม

ทำการศึกษาปริมาณดอกโสนอบแห้งที่เหมาะสมในการผลิต แบ่งออกเป็น 3 ทริทเมนต์ ได้แก่ ดอกโสนอบแห้งร้อยละ 0.20, 0.60 และ 1.00 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด โดยทุกสูตรมีส่วนผสมน้ำใบเตยประกอบด้วยน้ำ 92 กรัม ใบเตย 1.5 กรัม และปรับของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ 8 °Brix คำนวณโดยวิธีเพียร์สัน สแคว (Pearson's square method)

ตารางที่ 1 สูตรหาปริมาณดอกโสนที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ (กรัม)

ส่วนผสม	ปริมาณดอกโสน		
	ร้อยละ 0.20	ร้อยละ 0.60	ร้อยละ 1.00
ดอกโสนอบแห้ง	0.20	0.60	1.00
น้ำตาล	8	8	8
น้ำ	92	92	92



ภาพที่ 1 วิธีการทำน้ำดอกโสนพร้อมดื่ม

3. ศึกษาระดับความหวานที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์น้ำดอกโสนพร้อมดื่ม
ทำการศึกษาระดับความหวานที่เหมาะสมด้วยน้ำตาลทรายที่มีความเข้มข้น แบ่งออกเป็น 4 ทริทเมนต์ ได้แก่ ความหวาน 8, 10, 12 และ 14 °Brix คำนวณโดยวิธีเพียร์สันสแคว (Pearson's square method)
4. ศึกษาปริมาณสารชูโคราโลสทดแทนน้ำตาลที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์น้ำดอกโสนพร้อมดื่ม
ทำการศึกษาปริมาณชูโคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายที่เหมาะสมในการผลิต แบ่งออกเป็น 5 ทริทเมนต์ ได้แก่ ร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 ของปริมาณน้ำตาลทราย โดยเทียบเป็นความหวานสัมพัทธ์ (ชูโคราโลส ให้ความหวาน 600 เท่าของน้ำตาลซูโครส) และปรับของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำที่ระดับ 10, 7.5, 5, 2.5 และ 0 Brix° ตามลำดับ

ตารางที่ 2 สูตรหาปริมาณชูโคราโลสทดแทนน้ำตาลที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ (กรัม)

ส่วนผสม	ปริมาณดอกโสน				
	ร้อยละ 0	ร้อยละ 25	ร้อยละ 50	ร้อยละ 75	ร้อยละ 100
น้ำตาล	10	7.5	5	2.5	0
ชูโคราโลส	0	0.0042	0.0083	0.0125	0.0167

จากนั้นนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสและวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- 1) การทดสอบทางประสาทสัมผัส ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 30 คน โดยใช้วิธี 9 - Point hedonic scale โดยให้คะแนนความชอบ คุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสหวาน และความชอบโดยรวม ซึ่งคะแนนเท่ากับ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด 5 หมายถึง เฉยๆ และ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด
- 2) การศึกษาทางกายภาพและเคมี ได้แก่ การวัดค่าสี โดยใช้เครื่องวัดสี (ยี่ห้อ Konica minolta รุ่น CR-400, Konica Minolta, inc., ญี่ปุ่น) ค่าความหวาน (°Brix) โดยใช้เครื่องรีแฟรกโตมิเตอร์ (Hand refractometer)

(ยี่ห้อ Atago รุ่น N-1E, สหรัฐอเมริกา) และค่าความเป็นกรดต่าง (pH) โดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรดต่าง (ยี่ห้อ SI analytical รุ่น Lab 855, SI analytics gmbH, เยอรมัน)

ในการทดลองนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) ส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัสวางแผนทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized complete block design (RCBD) นำผลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของข้อมูลแบบทางเดียว (One-Way ANOVA) จากนั้นนำค่าเฉลี่ยมาเปรียบเทียบความแตกต่าง ด้วย Duncan's new multiple rang test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

5. ศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคทั่วไป

ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีผลิตภัณฑ์น้ำดอกโสนพร้อมดื่มโดยใช้สารให้ความหวานซูคราโลส โดยใช้แบบสอบถามกับผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 50 คน ด้วยวิธีการสุ่มแบบบังเอิญ (Accidental sampling) โดยใช้เครื่องมือแบบสอบถามการยอมรับของผู้บริโภค โดยใช้วิธี 9 - Point hedonic scale โดยให้คะแนนความชอบคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสหวาน และความชอบโดยรวม วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

6. ประเมินต้นทุนที่ใช้ในการผลิต

นำสูตรน้ำดอกโสนพร้อมดื่มโดยใช้สารให้ความหวานซูคราโลสที่ได้รับการคัดเลือกมาการคำนวณราคาต้นทุนต่อขวด หรือ 1 หน่วยบริโภค ปริมาณ 200 มิลลิลิตร (The Ministry of Public Health, 1998)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดอกโสน

เมื่อผลิตดอกโสนอบแห้งแล้วนำมาคำนวณร้อยละของดอกโสนที่ได้หลังการอบแห้งมีค่าเท่ากับ 50 ± 3.60 เมื่อนำมาตามสัดส่วนที่กำหนด และวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำจากดอกโสนอบแห้ง พบว่ามีค่า pH เท่ากับ 7.21 ± 0.25 มีค่าสี L^* เท่ากับ 21.49 ± 0.97 ค่าสี a^* เท่ากับ -0.36 ± 0.53 และค่าสี b^* เท่ากับ 0.85 ± 0.06 ดอกโสนอบแห้งมีปริมาณความชื้นร้อยละ 11.45 ± 0.44

2. ผลการศึกษาปริมาณดอกโสนที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์น้ำดอกโสนพร้อมดื่ม

จากการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 3) โดยทำการผลิตน้ำดอกโสนพร้อมดื่มที่มีปริมาณดอกโสนอบแห้งแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0.20, 0.60 และ 1.00 ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด เมื่อนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าปริมาณดอกโสนอบแห้งร้อยละ 0.60 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับมากที่สุดในทุกด้านทั้งทางด้านลักษณะปรากฏ (ความใส) (7.34) สี (7.64) กลิ่น (7.51) รสหวาน (7.38) และความชอบโดยรวม (7.61) จึงคัดเลือกสูตรร้อยละ 0.60 เป็นสูตรควบคุมเพื่อศึกษาในขั้นตอนถัดไป จะสังเกตได้ว่าผู้บริโภคยอมรับทางประสาทสัมผัสของสูตรร้อยละ 0.20 และ 0.60 หากใส่เพิ่มขึ้นในระดับร้อยละ 1.00 จะมีแนวโน้มการยอมรับน้อยที่สุดโดยให้คะแนนความชอบลดลงทุกด้าน เนื่องจากจะมีลักษณะใสลดลง มีสีเหลืองน้ำตาลมากเกินไป ตลอดจนให้กลิ่นเหม็นเขียวเพิ่มขึ้นนั่นเอง ผลการคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี (ตารางที่ 4) พบว่า มีค่า pH ระหว่าง 6.67 ถึง 6.94 โดยปริมาณดอกโสนที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่า pH มีแนวโน้มต่ำลงเล็กน้อย และมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์น้ำดอกโสนที่ได้ให้ค่าสีเขียว (a^*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และสีเหลือง (b^*) มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น แต่ปริมาณดอกโสนทั้ง 3 ระดับไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Eiamsa-ard et al. (2021) พบว่า ดอกโสนมีปริมาณสารกลุ่มแคโรทีนอยด์ โดยเฉพาะ

ชนิดเบต้า-แคโรทีน (β -carotene) ในปริมาณสูง ซึ่งมี รงควัตถุเป็นสีเหลือง และเมื่อนำมาเสริมลงในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม และเปรียบเทียบกับไอศกรีมชุดควบคุม พบว่า เมื่อสังเกตด้วยตาเปล่าไอศกรีมเสริมดอกโสนร้อยละ 20 มีสีเหลืองเข้ม และอมเขียวเล็กน้อย มีค่าสีเหลือง (b^*) และค่าสีเขียว (a^*) มากกว่าไอศกรีมสูตรควบคุม

ตารางที่ 3 ผลทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำดอกโสนพร้อมดื่มที่มีปริมาณดอกโสนแตกต่างกัน

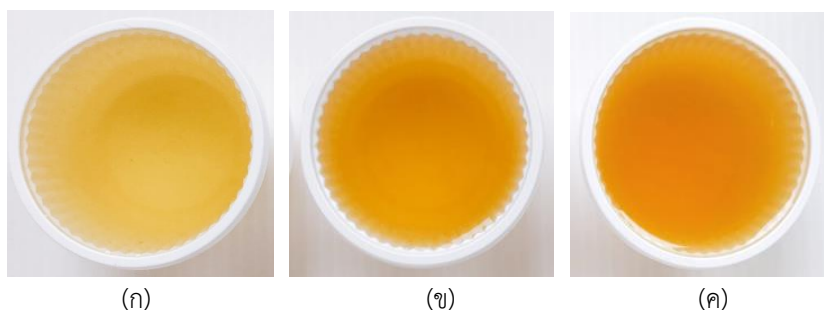
ปริมาณดอกโสน	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสหวาน	ความชอบโดยรวม
ร้อยละ 0.20	$7.26^a \pm 1.15$	$6.78^b \pm 1.16$	$6.96^b \pm 1.05$	$7.12^a \pm 1.13$	$7.20^b \pm 1.10$
ร้อยละ 0.60	$7.34^a \pm 1.03$	$7.64^a \pm 0.94$	$7.51^a \pm 1.00$	$7.38^a \pm 1.01$	$7.61^a \pm 0.98$
ร้อยละ 1.00	$6.48^b \pm 1.27$	$6.53^b \pm 1.41$	$6.50^c \pm 1.42$	$6.43^b \pm 1.41$	$6.58^c \pm 1.41$

หมายเหตุ : a, b, c หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4 ผลการศึกษาทางกายภาพและเคมีของน้ำดอกโสนพร้อมดื่มที่มีปริมาณดอกโสนที่แตกต่างกัน

ปริมาณดอกโสน	pH	สี		
		L^{ns}	a^*	b^*
ร้อยละ 0.20	$6.94^a \pm 0.09$	21.58 ± 1.07	$-0.69^a \pm 0.20$	$1.18^b \pm 0.36$
ร้อยละ 0.60	$6.86^a \pm 0.50$	21.60 ± 2.06	$-0.61^a \pm 0.59$	$1.48^b \pm 0.96$
ร้อยละ 1.00	$6.67^b \pm 0.30$	23.53 ± 2.28	$-0.90^b \pm 0.27$	$2.53^a \pm 0.26$

หมายเหตุ : L หมายถึง ความสว่าง (ดำ = 0, ขาว = 100)
 a^* หมายถึง สีแดงหรือสีเขียว (+ = สีแดง, - = สีเขียว)
 b^* หมายถึง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน (+ = สีเหลือง, - = สีน้ำเงิน)
a, b หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 2 ลักษณะผลิตภัณฑ์น้ำดอกโสนพร้อมดื่มที่มีปริมาณดอกโสนแตกต่างกัน

(ก) ร้อยละ 0.20 (ข) ร้อยละ 0.60 (ค) ร้อยละ 1.00

3. ผลการศึกษาศึกษาระดับความหวานที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์น้ำดอกโสนพร้อมดื่ม

จากการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 5) โดยทำการผลิตน้ำดอกโสนพร้อมดื่มที่มีระดับความหวานจากน้ำตาลทรายที่ความเข้มข้น 4 ระดับ คือ 8 (สูตรควบคุม), 10, 12 และ 14 °Brix เมื่อนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าที่ระดับความหวาน 10 °Brix ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับในด้านลักษณะปรากฏ สี รสหวาน และความชอบโดยรวมมากที่สุด ยกเว้นด้านกลิ่นให้การยอมรับระดับความหวาน 8 °Brix มากที่สุด แต่ไม่แตกต่างกับระดับความหวาน 10 °Brix ($p > 0.05$) จึงคัดเลือกสูตรระดับความหวาน 10 °Brix นำมาศึกษาในขั้นต่อไป ผลการคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี (ตารางที่ 6) พบว่า น้ำดอกโสนที่มีความหวานทั้ง 4 ระดับมีค่า pH ระหว่าง 6.76 ถึง 6.91 น้ำดอกโสนที่ระดับความหวาน 8 °Brix มีค่า pH ต่ำสุด โดยใกล้เคียงกับสูตร 10 และ 12 °Brix ($p > 0.05$) ส่วนระดับความหวาน 14 °Brix มีค่าต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่น ($p \leq 0.05$) ความหวานที่เพิ่มขึ้นหรือการใส่ปริมาณน้ำตาลมากขึ้นมีผลทำให้ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น โดยเป็นสีโทนเหลืองน้ำตาลเกิดขึ้นอาจเป็นผลจากน้ำตาลทรายเมื่อโดนความร้อนจะเกิดปฏิกิริยาการเมลลไเซชัน (Caramelization reaction) ส่งผลให้เกิดสีน้ำตาลโสนที่เหลืองเข้มกว่าสูตรอื่น ระดับความหวาน 14 °Brix มีค่าสีเหลืองมากที่สุดและมีค่าใกล้เคียงกับสูตร 10 และ 12 °Brix ($p > 0.05$) ส่วนค่าความสว่าง (L) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและค่าสีเขียวลดลง โดยระดับความหวาน 14 °Brix มีค่าสว่างมากที่สุดและมีค่าความเป็นสีเขียวน้อยที่สุด แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) กับสูตรอื่น

ตารางที่ 5 ผลทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำดอกโสนพร้อมดื่มที่มีระดับความหวานแตกต่างกัน

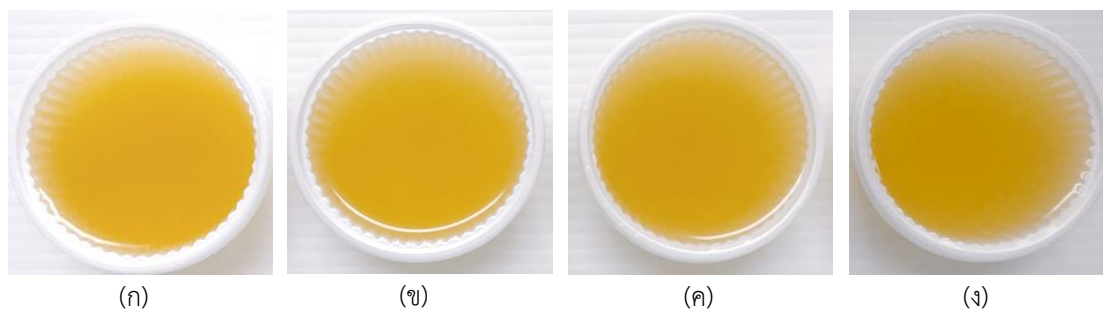
ระดับความหวาน	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสหวาน	ความชอบโดยรวม
8 °Brix (สูตรควบคุม)	$7.00^b \pm 0.92$	$6.93^b \pm 0.98$	$7.14^a \pm 1.00$	$7.12^b \pm 1.12$	$7.09^b \pm 1.09$
10 °Brix	$7.31^a \pm 0.82$	$7.24^a \pm 0.87$	$6.96^{ab} \pm 1.09$	$7.53^a \pm 1.14$	$7.53^a \pm 1.02$
12 °Brix	$7.24^{ab} \pm 0.85$	$7.13^{ab} \pm 0.84$	$6.67^b \pm 1.06$	$6.73^c \pm 1.02$	$6.94^b \pm 1.04$
14 °Brix	$7.05^{ab} \pm 0.93$	$7.03^{ab} \pm 0.96$	$6.66^b \pm 1.07$	$6.58^c \pm 1.08$	$6.62^c \pm 0.94$

หมายเหตุ : a, b, c หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 6 ผลการศึกษาทางกายภาพและเคมีของน้ำดอกโสนพร้อมดื่มที่มีระดับความหวานแตกต่างกัน

ระดับความหวาน	pH	สี		
		L ^{ns}	a ^{*ns}	b [*]
8 °Brix (สูตรควบคุม)	6.86 ^{ab} ± 0.53	21.60 ± 2.06	-1.61 ± 0.59	1.49 ^c ± 0.96
10 °Brix	6.91 ^a ± 0.92	23.49 ± 0.43	-1.59 ± 0.26	1.65 ^{ab} ± 0.20
12 °Brix	6.88 ^a ± 0.15	23.66 ± 0.32	-1.55 ± 0.35	1.94 ^{ab} ± 0.07
14 °Brix	6.76 ^b ± 0.56	23.18 ± 2.20	-1.03 ± 0.56	2.26 ^a ± 0.66

หมายเหตุ : L หมายถึง ความสว่าง (ดำ = 0, ขาว = 100)
a* หมายถึง สีแดงหรือสีเขียว (+ = สีแดง, - = สีเขียว)
b* หมายถึง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน (+ = สีเหลือง, - = สีน้ำเงิน)
a, b หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 3 ลักษณะผลิตภัณฑ์น้ำดอกโสนพร้อมดื่มที่มีระดับความหวานแตกต่างกัน

(ก) 8 °Brix (ข) 10 °Brix (ค) 12 °Brix (ง) 14 °Brix

4. ผลการศึกษาปริมาณสารซูคราโลสทดแทนน้ำตาลที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์น้ำดอกโสนพร้อมดื่ม

จากการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 7) โดยทำการผลิตน้ำดอกโสนพร้อมดื่มที่มีปริมาณซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทราย 5 ระดับ คือ ร้อยละ 0 (สูตรความหวาน 10 °Brix), 25, 50, 75 และ 100 ของปริมาณน้ำตาล พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับการใช้ซูคราโลสร้อยละ 50 มากที่สุดในทุกด้าน ทั้งทางด้านลักษณะปรากฏ (7.20) สี (7.13) กลิ่น (7.03) รสหวาน (7.16) และความชอบโดยรวม (7.09) โดยคะแนนในทุกด้านมีความใกล้เคียงกับสูตรร้อยละ 0 และร้อยละ 25 ($p > 0.05$) เมื่อพิจารณาด้านรสหวานพบว่า ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับการใช้สารซูคราโลสร้อยละ 0 25 และ 50 ใกล้เคียงกัน ($p > 0.05$) หากเพิ่มปริมาณซูคราโลสเพิ่มขึ้นไปอีกจะส่งผลให้มีคะแนนการยอมรับลดลง หากใส่สารซูคราโลสมากเกินไปทำให้มีรสหวานที่ไม่เหมือนน้ำตาลทราย จึงคัดเลือกสูตรร้อยละ 50 เป็นผลิตภัณฑ์น้ำดอกโสนพร้อมดื่มโดยใช้สารให้ความหวานซูคราโลส ซึ่งผลวิจัยแตกต่างจากงานวิจัยเรื่องการพัฒนา

ผลิตภัณฑ์แยมพริกสดน้ำตาล พบว่า การลดน้ำตาลทรายและทดแทนด้วยสาร ซูคราโลสร้อยละ 15 ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด (Ascharyaphotha et al., 2019) องค์การอนามัยโลกรับรองให้บริโภคปริมาณน้ำตาลไม่ควรเกินร้อยละ 5 ของพลังงานที่ได้รับต่อวัน เท่ากับ 4 ช้อนชา หรือ 20 กรัมต่อวัน ซึ่งผลิตภัณฑ์น้ำตาลดอกโสนพร้อมดื่มปริมาณ 200 มิลลิลิตรหรือหนึ่งหน่วยบริโภคมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 10 กรัมเมื่อเทียบกับสูตรร้อยละ 0 มีน้ำตาลทราย 20 กรัม จากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี (ตารางที่ 8) พบว่า การใช้สารซูคราโลสทั้ง 5 ระดับมีค่า pH ใกล้เคียงกัน ($p > 0.05$) อยู่ระหว่าง 6.83 ถึง 6.99 เมื่อปริมาณซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายมากขึ้นส่งผลให้มีความสว่าง (L) เพิ่มขึ้นหรือสีผลิตภัณฑ์อ่อนลง สอดคล้องกับงานวิจัยเรื่องการใช้สารให้ความหวานซูคราโลสในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำเห็ด (Na Pattalun, 2016) พบว่า การใช้ซูคราโลสแทนน้ำตาลทั้งหมด มีผลทำให้ระดับความเข้มข้นของน้ำเห็ดอ่อนลงจากสูตรพื้นฐาน เนื่องจากน้ำตาลทรายหรือน้ำตาลซูโครสเมื่อได้รับความร้อนเกิดปฏิกิริยาการเมลเลเซชันขึ้น เป็นการสลายตัวของน้ำตาลซูโครสด้วยความร้อนได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบเชิงซ้อน สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งในสภาวะที่มีกรดหรือด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ส่งผลให้เกิดสีและกลิ่นรสการเมลเลในอาหารขึ้นได้ ทำให้น้ำดอกโสนที่ใส่น้ำตาลเพียงอย่างเดียว (ร้อยละ 0) มีสีสว่างน้อยที่สุด แต่สารให้ความหวานซูคราโลสไม่สามารถเกิดปฏิกิริยานี้ขึ้นได้ จึงส่งผลทำให้สีของผลิตภัณฑ์น้ำตาลดอกโสนที่ใช้สารซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายมีสีอ่อนลงหรือมีค่าความสว่าง (L) มากกว่าสูตรที่มีน้ำตาลทรายอย่างเดียวหรือร้อยละ 0 และทำให้ค่าสีเขียว (a^*) และสีเหลือง (b^*) ในผลิตภัณฑ์มีค่าสูงกว่าสูตรร้อยละ 0 เช่นกัน สูตรดอกโสนพร้อมดื่มที่มีปริมาณซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายร้อยละ 50 มีค่า pH เท่ากับ 6.94 ค่าสี L (ความสว่าง), a^* (สีแดง) และ b^* (สีเขียว) เท่ากับ 23.53, -1.64 และ 1.68 ตามลำดับ

ตารางที่ 7 ผลทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำดอกโสนพร้อมดื่มที่มีปริมาณซูคราโลสแตกต่างกัน

ปริมาณซูคราโลส	ลักษณะปรากฏ ^{ns}	สี	กลิ่น ^{ns}	รสหวาน	ความชอบโดยรวม
ร้อยละ 0	6.88 ± 1.05	6.96 ^{ab} ± 1.02	6.96 ± 1.02	6.92 ^{abc} ± 1.20	7.07 ^a ± 1.16
ร้อยละ 25	7.04 ± 0.98	7.04 ^{ab} ± 1.07	7.17 ± 1.00	7.04 ^{ab} ± 0.86	7.07 ^a ± 1.07
ร้อยละ 50	7.20 ± 1.00	7.13 ^a ± 0.99	7.03 ± 0.94	7.16 ^a ± 0.92	7.09 ^a ± 0.92
ร้อยละ 75	7.11 ± 1.04	7.09 ^a ± 1.12	6.97 ± 1.04	6.72 ^{bc} ± 1.21	6.90 ^{ab} ± 1.17
ร้อยละ 100	6.93 ± 1.04	6.74 ^b ± 1.02	6.86 ± 0.91	6.60 ^c ± 1.13	6.71 ^b ± 0.99

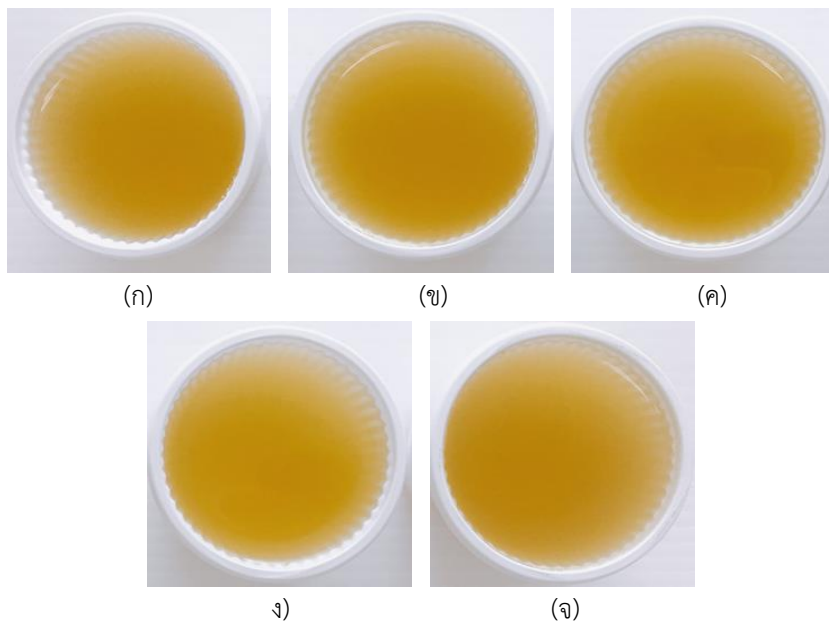
หมายเหตุ : a, b, c หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 8 ผลการศึกษาทางกายภาพและเคมีของน้ำดอกโสนพร้อมดื่มที่มีปริมาณซูคราโลสแตกต่างกัน

ปริมาณซูคราโลส	pH ^{ns}	สี		
		L ^{ns}	a [*]	b [*]
ร้อยละ 0	6.99 ± 0.45	23.41 ± 0.40	-1.59 ^a ± 0.03	1.63 ^b ± 0.15
ร้อยละ 25	6.94 ± 0.47	23.41 ± 0.33	-1.60 ^a ± 0.61	1.65 ^b ± 0.05
ร้อยละ 50	6.94 ± 0.10	23.53 ± 0.46	-1.64 ^{ab} ± 0.59	1.68 ^{ab} ± 0.03
ร้อยละ 75	6.93 ± 0.14	23.64 ± 0.85	-1.66 ^{ab} ± 0.32	1.77 ^{ab} ± 0.14
ร้อยละ 100	6.83 ± 0.17	23.68 ± 0.05	-1.71 ^b ± 0.02	1.89 ^a ± 0.13

หมายเหตุ : L หมายถึง ความสว่าง (ดำ = 0, ขาว = 100)
a* หมายถึง สีแดงหรือสีเขียว (+ = สีแดง, - = สีเขียว)
b* หมายถึง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน (+ = สีเหลือง, - = สีน้ำเงิน)
a, b หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p ≤ 0.05)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p > 0.05)



ภาพที่ 4 ลักษณะผลิตภัณฑ์น้ำดอกโสนพร้อมดื่มที่มีปริมาณซูคราโลสแตกต่างกัน
(ก) ร้อยละ 0 (ข) ร้อยละ 25 (ค) ร้อยละ 50 (ง) ร้อยละ 75 (จ) ร้อยละ 100



ภาพที่ 5 ผลิตภัณฑ์น้ำดอกโสนพร้อมดื่มโดยใช้สารให้ความหวานซูคราโลส

5. ผลการศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคทั่วไป

จากการนำผลิตภัณฑ์น้ำดอกโสนพร้อมดื่มโดยใช้สารให้ความหวานซูคราโลส (ร้อยละ 50) มาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 50 คน พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ชอบระดับปานกลาง มีคะแนนเท่ากับ 7.65 โดยผู้บริโภคให้คะแนนความชอบระดับมากคือ ด้านสี และลักษณะปรากฏ มีคะแนนเท่ากับ 8.05 และ 8.15 ตามลำดับ ระดับชอบปานกลาง คือ กลิ่น รสหวาน และความชอบโดยรวม มีคะแนนเท่ากับ 7.02, 7.35 และ 7.55 ตามลำดับ โดยให้การยอมรับในตัวผลิตภัณฑ์ (ร้อยละ 76) ให้ความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์หากมีการวางจำหน่ายในท้องตลาด (ร้อยละ 72) ส่วนใหญ่ให้เหตุผลว่าเป็นเครื่องดื่มที่ดีต่อสุขภาพ มีความแปลกใหม่ แต่บางส่วนที่ไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์เนื่องจากรสชาติไม่ถูกปาก (ร้อยละ 10) ไม่น่ารับประทาน (6) ชอบเครื่องดื่มในรูปแบบอื่นมากกว่า (ร้อยละ 6) โดยสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ 3 อันดับแรก (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) ได้แก่ ซื้อมาเพื่อรับประทานเอง (ร้อยละ 82) รับประทานร่วมกับคนในครอบครัวหรือเพื่อนฝูง ฯลฯ (ร้อยละ 56) และนำมาจัดเลี้ยงในงานประชุม สัมมนา ฯลฯ (ร้อยละ 34)

6. ผลการประเมินต้นทุนที่ใช้ในการผลิต

จากสูตรน้ำดอกโสนพร้อมดื่มโดยใช้สารให้ความหวานซูคราโลสที่ได้รับการคัดเลือก (ร้อยละ 50) มาผลิตในปริมาณ 1,000 มิลลิลิตร การคำนวณราคาต้นทุนในการผลิตและราคาขาย (Na Pattalun, 2016) (ตารางที่ 9) พบว่า ปริมาณ 1 หน่วยบริโภค (200 มิลลิลิตร) มีต้นทุนการผลิตวัตถุดิบราคา 17.26 บาท ต้นทุนแพ่งหรือ Q factor ร้อยละ 3 เท่ากับ 0.52 บาท ต้นทุนรวมการผลิตรวม คือ 17.78 บาท มีน้ำหนักต่อชิ้น 200 มิลลิลิตร จำนวนชิ้นที่ผลิตได้ 5 ขวด ต้นทุนรวมต่อ 1 หน่วยคือ 3.56 บาทต่อขวด ทุนที่กำหนดร้อยละ 30 คือ 1.3 บาทต่อขวด ราคาต้นทุน คือ 4.86 บาทต่อขวด หากกำหนดกำไรที่ต้องการร้อยละ 30 คือ 1.46 บาทต่อขวด ราคาขายคือ 7 บาทต่อขวด ซึ่งสามารถกำหนดราคาขายให้เพิ่มมากขึ้นใกล้เคียงกับราคาในท้องตลาดส่งผลให้ได้กำไรเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

ตารางที่ 9 คำนวณวัตถุดิบและราคาขาย

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)	ราคา (บาท)	ปริมาณที่ใช้ (กรัม)	ต้นทุนจากสูตรน้ำดอกโสน พร้อมดื่ม (บาท)
ดอกโสนสด	1,000	120	120	14.40
น้ำตาลทราย	1,000	23	50	1.15
สารชูโคราโลส	100	590	0.083	0.49
น้ำ	40,000	40	920	0.92
ใบเตย	1,000	20	15	0.30
รวมต้นทุนวัตถุดิบ				17.26
2) Q factor 3%				0.52
(3) ต้นทุนการผลิตรวม (Total recipe cost)				17.78
(5) ต้นทุนรวมต่อ 1 หน่วย (Cost per unit)				3.56
(6) ร้อยละต้นทุนที่กำหนด 30% (Desired cost %)				1.3
น้ำหนักรับ/ขึ้น				200 มิลลิลิตร
(4) จำนวนขึ้นที่ได้				5 ขวด
จำนวนขึ้นที่เสิร์ฟ (หนึ่งหน่วยบริโภค)				1 ขวด (200 มิลลิลิตร)
การกำหนด	(7) ราคาต้นทุน (Preliminary selling price bath)			4.86
ราคาขาย	(8) กำไรที่ต้องการ 30%			1.46
ต่อขวด	(9) ราคาขาย (Actual selling price : baht)			6.32 หรือ 7 บาท

สรุป

จากการศึกษาปริมาณดอกโสนที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์น้ำดอกโสนพร้อมดื่มพบว่า ปริมาณดอกโสนร้อยละ 0.60 เป็นปริมาณที่เหมาะสมในการผลิต ส่วนระดับความหวานจากน้ำตาลทรายที่ความเข้มข้น 10 °Brix ผู้ทดสอบยอมรับมากที่สุด เมื่อนำมาศึกษาการใช้สารชูโคราโลสทดแทนน้ำตาลในผลิตภัณฑ์น้ำดอกโสนพร้อมดื่มพบว่า ผู้บริโภคยอมรับการใช้ชูโคราโลสร้อยละ 50 มากที่สุดในทุกด้าน ทั้งทางด้านลักษณะปรากฏ (7.20), สี (7.13), กลิ่น (7.03), รสหวาน (7.16) และความชอบโดยรวม (7.09) โดยมีคะแนนใกล้เคียงกับสูตรร้อยละ 0 (สูตรน้ำตาลทราย) และร้อยละ 25 ($p > 0.05$) โดยสูตรดอกโสนพร้อมดื่มที่มีปริมาณชูโคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายร้อยละ 50 มีค่า pH เท่ากับ 6.94 ค่าสี L (ความสว่าง), a^* (สีแดง) และ b^* (สีเขียว) เท่ากับ 23.53, -1.64 และ 1.68 ตามลำดับ เมื่อปริมาณชูโคราโลสทดแทนน้ำตาลทรายมากขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่าง (L) เพิ่มขึ้นหรือสีผลิตภัณฑ์อ่อนลงเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรร้อยละ 0 และค่าสีเขียว (a^*) และสีเหลือง (b^*) ในผลิตภัณฑ์มีค่าสูงกว่าสูตรร้อยละ 0 เช่นกัน จากการผลิตภัณฑ์มาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ชอบระดับปานกลาง มีคะแนนเท่ากับ 7.65 โดยให้การยอมรับในตัวผลิตภัณฑ์ (ร้อยละ 76) ให้ความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์หากมีการวางจำหน่ายในท้องตลาด (ร้อยละ 72) ส่วนใหญ่ให้เหตุผลว่าเป็นเครื่องดื่มที่ดีต่อสุขภาพมีความแปลกใหม่ เมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่พัฒนามาคำนวณราคาต้นทุนรวมในการผลิตคือ 4.86 บาทต่อขวด กำไรที่ต้องการร้อยละ 30 คือ 1.46 บาทต่อขวด และราคาขาย คือ 7 บาทต่อขวด

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการเครื่องมือ อุปกรณ์ต่าง ๆ ในการทำวิจัย ในครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

Ascharyaphotha, B., Na nakorn A., Wongma A. & Suphirun, N. (2019). **Development of Reduced-sugar Chili Jam**. The 7th Academic Science and Technology Conference. (In Thai)

Eiamsa-ard, P., Suphrom, N. & Janphet, N.. (2021). Preliminary Identification of β -Carotene in *Sesbania* Flower (*Sesbania javanica* Miq.) Extracts and Application in Ice-cream Product. **Pathumwan Academic Journal**, 11(32). 15-27. (In Thai)

Jakkit, W. & Manokit, R.. (2017). **Sesbania Flower Cookies**. Home Economics Technology and Innovation. Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi. (In Thai)

Kijparkorn, S., Plaimast, H., & Wangsoonoen, S. (2010). Sano (*Sesbania javanica* Miq.) Flower as a Pigment Source in Egg Yolk of Laying Hens. **The Thai Journal of Veterinary Medicine**, 40(3), 281-287.

Liaotrakoon, W., Jirasathitanusorn, T., Iam N., & Liaotrakoon, V.. (2018). Effect of Drying Temperatures on Drying Rate, Physical and Antioxidative Properties of *Sesbania javanica* Mig. Flowers. **Rmuti Journal**, 11(3): September – December. (In Thai)

Ministry of public health. Department of health. Bureau of nutrition. (2013). **Criteria for Healthy Alternative Food Standards for risk groups Patients with diabetes and high blood pressure**. Born to Be Publishing. (In Thai)

Na Pattalun, S.. (2016). **The use of the sweetener sucralose in Mushrooms Beverage**. The 1st Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi Nation Conference. (In Thai)

Petlomtong, P., & Ratanatriwong, P.. (2014). Sugar and Sweetener: The Current Consumption Trend. **King Mongkut's Agricultural Journal**, 32(1), January - April. (In Thai)

Saulo, A.A.. (2005). **Sugars and Sweeteners in Foods**. Retrieved from: <https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/items/5e55f102-0c55-45d6-a52d-6ceac3cfc1cb> (2022, 1 April).

The institute of Thai traditional medicine. (2019). **Sesbania: local vegetables, Thai food**. Retrieved from: <https://ittm.dtam.moph.go.th> (2022, 1 April). (In Thai)

The Ministry of Public Health. (1998). **Notification of the Ministry of Public Health (no. 182) B.E. 2541 re: nutrition labelling**. In:, editor. Notification of the Ministry of Public Health. Nonthaburi: The Ministry of Public Health (1979). p. 165–203. (In Thai)

การสำรวจสภาพแสงสว่างและความรู้สึกปลอดภัยจากอาชญากรรมบนทางเท้าสาธารณะ
ของคนไทยกรณีศึกษาพื้นที่ในเขตพระนคร

A SURVEY OF LIGHTING CONDITION AND THAI PEDESTRIANS' PERCEPTION
OF SAFETY FROM CRIME: A CASE STUDY OF PHRA NAKHON AREA

พรรณวดี โรจนศิริ* และ นวลวรรณ ทวยเจริญ

ภาควิชานวัตกรรมอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900

Panwadee Rojanasiri* and Nuanwan Tuaycharoen

Department of Building Innovation. Technology of Architecture Faculty, Kasetsart University, Bangkok 10900

*E-mail: panwadee041@hotmail.com

Received: 10-03-2023

Revised: 11-05-2023

Accepted: 16-05-2023

บทคัดย่อ

แสงสว่างเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความรู้สึกปลอดภัยจากอาชญากรรมในพื้นที่ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัญหาทางด้านแสงสว่างและความรู้สึกปลอดภัยจากอาชญากรรมในเขตพระนคร โดยเขตพระนครเนื่องจากเป็นพื้นที่ 1 ใน 50 เขตการปกครองของกรุงเทพมหานครซึ่งมีความสำคัญในฐานะเขตอนุรักษเมืองเก่า ขอบเขตพื้นที่ที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ บริเวณถนนหน้าป้อมพระสุเมรุต่อเนื่องตลอดถนนพระอาทิตย์บนทางเท้ากว้าง 2 เมตร ระยะทางรวมทั้งสิ้น 150 เมตร การศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ได้แก่ 1) การสำรวจค่าความส่องสว่าง และ 2) การทำแบบสอบถาม โดยการสำรวจค่าความส่องสว่างนั้นได้วัดค่าความส่องสว่างบริเวณระดับพื้นทางเท้า และระดับสายตาได้เสาไฟแต่ละต้นทุก ๆ ระยะ 2 เมตร และในการทำแบบสอบถามเป็นการทำแบบสอบถามในเรื่องปัญหาทางด้านแสงสว่างและความรู้สึกปลอดภัยจากอาชญากรรมบนทางเท้า ซึ่งมีผู้เข้าร่วมตอบแบบสอบถามจำนวน 35 คน ผลการศึกษาพบว่าความส่องสว่างเฉลี่ยในปัจจุบันมีค่าไม่เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ และผู้เข้าร่วมตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ต้องการการปรับปรุงในเรื่องของแสงที่สว่างขึ้น และปรับปรุงแสงสว่างทำให้การจดจำลักษณะของผู้คนง่ายขึ้น

คำสำคัญ: แสงสว่าง ความรู้สึกปลอดภัยจากอาชญากรรม คนเดินเท้า เขตพระนคร

ABSTRACT

Lighting is one of the factors affecting feeling safe from crime in area. The objective of the study is to investigate the problem of lighting and perceived safety in Phra Nakhon District. The reason is because this area is one of the 50 administrative districts of Bangkok Which is important

as a reservation area. The study investigated in a road in front of Phra Sumen Fort continues along Phra Athit Road on a 2-meter-wide sidewalk, which is a total distance of 150 meters. There are two components in this study, which are 1) illuminance survey and 2) questionnaire survey. Questionnaire survey is related to lighting problem and feeling safe from crime on walkway which were obtained from 35 people.

Results of this study suggested that at present does not achieve the standards. Most of the people required lighting to be brighter And they need improve lighting for better remembering characteristics of people.

Keywords: Lighting, Safety from crime, Pedestrian, Pra Nakhon District Area

บทนำ

การเกิดเหตุอาชญากรรมเป็นปัญหาที่มีมาอย่างยาวนานในสังคมไทย โดยสถิติพื้นที่เกิดเหตุอาชญากรรมมากที่สุดในประเทศไทยคือกรุงเทพมหานครร้อยละ 46.5 ในช่วงเวลากลางคืนตั้งแต่ 18:00-06:00 น. และสถานที่เกิดเหตุมักพบในบริเวณเปิดโล่งและถนนสาธารณะ (Office of Justice Affairs Ministry of Justice, 2009) โดยทางภาครัฐและท้องถิ่นในปัจจุบันพยายามรณรงค์เรื่องการป้องกันการเกิดอาชญากรรมด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การบังคับใช้กฎหมาย การสร้างความร่วมมือของคนในชุมชน และการออกแบบสภาพแวดล้อมที่พบเจอเหตุในพื้นที่จากข่าวและบันทึกของกรมตำรวจกล่าวถึงปัญหาความไม่เพียงพอของแสงสว่างซึ่งเป็นหนึ่งในปัจจัยที่มีการกล่าวถึงว่ามีผลอย่างมากต่อการการออกแบบสภาพแวดล้อมเพื่อป้องกันการเกิดอาชญากรรม

จากการศึกษางานวิจัยในอดีตงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันอาชญากรรมในพื้นที่สาธารณะเป็นการศึกษาในเชิงปริมาณโดยการวัดอัตราการเกิดอาชญากรรมก่อนและหลังการปรับปรุงพื้นที่ ยกตัวอย่างงานของ Painter (1988, 1989) และ Painter & Farrington (1995) ทำการปรับปรุงแสงสว่างในพื้นที่สาธารณะ หลังการปรับปรุงแสงสว่างความกลัวและอัตราการเกิดอาชญากรรมลดลงโดยเฉพาะในผู้หญิงและผู้สูงอายุ รวมถึงงานของ Welsh & Farrington (2008) แสดงให้เห็นถึงการปรับปรุงไฟถนนช่วยลดอาชญากรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพอย่างมีนัยสำคัญในสหราชอาณาจักรและสหรัฐอเมริกา

ในงานวิจัยในช่วงหลังการวัดความรู้สึกลดภัยจากอาชญากรรมหรือการลดความกลัวจากอาชญากรรมกลายเป็นตัวชี้วัดที่ส่งผลต่อการลดลงของจำนวนการเกิดอาชญากรรม ดังที่แสดงในทฤษฎีการป้องกันอาชญากรรมผ่านการออกแบบสภาพแวดล้อม (Theory of crime prevention through environmental design, CPTED) โดยงานของ Sakipa et al. (2021) ใช้ทฤษฎี CPTED ในการออกแบบพื้นที่สาธารณะสามารถลดความกลัวและสร้างความรู้สึกปลอดภัยอันเป็นองค์ประกอบหนึ่งในการป้องกันอาชญากรรมได้

สำหรับการศึกษาในประเทศไทยจากการศึกษาข้อมูลคู่มือการป้องกันอาชญากรรมโดยการออกแบบสภาพแวดล้อมจากสำนักงานตำรวจแห่งชาติ พบว่าการออกแบบให้มีแสงไฟส่องสว่างที่เพียงพอ มีประสิทธิภาพในการมองเห็นที่ชัดเจนและถูกต้อง จะส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของประชาชน ทั้งยังช่วยให้เกิดการลดลงของอาชญากรรม โดยคุณลักษณะที่เหมาะสมของแสงสว่างคือจะต้องมีความสม่ำเสมอของแสงกระจายตัวทั่วบริเวณ มีสัดส่วนความสว่างที่เหมาะสมและมีมาตรฐาน รวมไปถึงบุคคลที่มีสายตาปกติสามารถมองเห็นใบหน้าผู้อื่นได้ชัดเจนในระยะ 10 เมตร นอกจากนี้ต้องมีการติดตั้งโคมไฟส่องสว่างในบริเวณทางเดินที่ปราศจากสิ่งกีดขวางโดยคำนึงถึง

ความส่องสว่าง (Illuminance) และไม่ควรมีไฟส่องสว่างในบริเวณที่ไม่ได้มีไว้สัญจร (Research and Development Division National Police Agency, 2007) จากการรวบรวมเอกสารดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ายังไม่มีคำแนะนำเกี่ยวกับค่าของระดับความส่องสว่างที่เหมาะสมกับเรื่องการป้องกันอาชญากรรมในประเทศไทย นอกจากนี้หลายการศึกษาพบว่า การรับรู้แสงสว่างนั้นมีความแตกต่างกันในแต่ละชนชาติ (Miller et al., 1992) ดังนั้นการศึกษาในต่างประเทศจึงไม่สามารถนำมาใช้กับคนไทยโดยตรงได้

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัญหาทางด้านแสงสว่างและความรู้สึกปลอดภัยจากอาชญากรรมในเขตพระนคร ผลของการศึกษาการลงสำรวจพื้นที่ต้นแบบจะนำไปสู่ตัวแปรสำคัญเพื่อการศึกษารูปแบบของแสงและหลอดไฟที่ตอบสนองการใช้งานกับสถานที่จริง โดยงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับสถาปนิกภูมิทัศน์ นักออกแบบเมืองและนักวิจัยที่ใช้การออกแบบแสงสว่างเพื่อสร้างความรู้สึที่ปลอดภัยสำหรับคนไทย

วิธีการ

งานวิจัยนี้ได้ทำการสังเกตพื้นที่กรณีศึกษาที่เป็นตัวแทนของงานวิจัยในเขตพระนคร ซึ่งเป็น 1 ใน 50 เขตการปกครองของกรุงเทพมหานคร ถือเป็นเขตอนุรักษเมืองเก่า รวมถึงเป็นสถานที่ที่มีการจัดแสดงแสงไฟเพื่อการตกแต่งส่งเสริมแหล่งท่องเที่ยวเชิงประวัติศาสตร์และศิลปวัฒนธรรมบริเวณถนนหน้าป้อมพระสุเมรุต่อเนื่องตลอดถนนพระอาทิตย์ ระยะทางประมาณ 150 เมตร ซึ่งเป็นพื้นที่เสี่ยงเพื่อการปรับปรุงป้องกันอาชญากรรม จากข้อมูลโดยกองบัญชาการตำรวจนครบาลลงพื้นที่สำรวจพื้นที่กรณีศึกษาแสงสว่างบนถนนพระอาทิตย์ ณ วันเสาร์ที่ 17 ตุลาคม พ.ศ. 2563 ในช่วงเวลา 17.00 – 19.00 น. โดยทำการสำรวจประชาชนในพื้นที่ที่มีอายุระหว่าง 18-60 ปี จำนวน 35 คน

การเลือกกลุ่มผู้เข้าร่วมตอบแบบสอบถามโดยอ้างอิงจากข้อมูลรายงานข้อมูลสถิติผู้เป็นเหยื่อจากอาชญากรรมภาคประชาชนทั่วประเทศ พ.ศ. 2550 ที่มีอายุ 18-60 ปี (Office of Justice Affairs, 2017) เป็นชายและหญิงในสัดส่วนที่เท่ากันในเรื่องเกี่ยวกับปัจจัยในการออกแบบแสงสว่างเพื่อป้องกันการเกิดอาชญากรรม โดยพื้นที่กรณีศึกษาแสงสว่างระยะทางประมาณ 150 เมตร บนทางเท้ากว้าง 2 เมตร ประกอบไปด้วยเสาไฟสูง 8 เมตร โคมไฟถนน LED flat 80w ให้ค่าแสงขาว หรือแสงเดย์ไลท์ (Daylight) 6500K และให้ค่าความถูกต้องของสีสูงถึง 70 (CRI 70) โดยเสาไฟภายในระยะ 150 เมตรมีทั้งหมด 8 ต้นต่อทางเท้าหนึ่งด้าน ระยะห่างต้นละประมาณ 18.5 เมตร (ดูภาพที่ 1 และ 2)

มีตัวแปรต้นคือระดับความส่องสว่างของแสงที่เป็นปัจจัยที่พบมากที่สุดต่อความรู้สึกปลอดภัยจากอาชญากรรมเป็นตัวแปรตามที่ส่งผลต่อการป้องกันอาชญากรรม ซึ่งมีการศึกษาในหลายการศึกษาในอดีต (Boyce et al., 2000) โดยมีเครื่องมือวิจัย 2 ชิ้นคือ

1. ลักซ์มิเตอร์ (lux meter) ของ Konica Minolta รุ่น T-10A illuminance meter ช่วงการวัด: 0.1 lux – 999,000 lux (Lega tool, 2016)

2. แบบสอบถามการสำรวจความรู้สึกปลอดภัยและความเห็นของผู้ใช้ทางเดินเท้าในพื้นที่กรณีศึกษา กระบวนการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนด้วยกันคือ

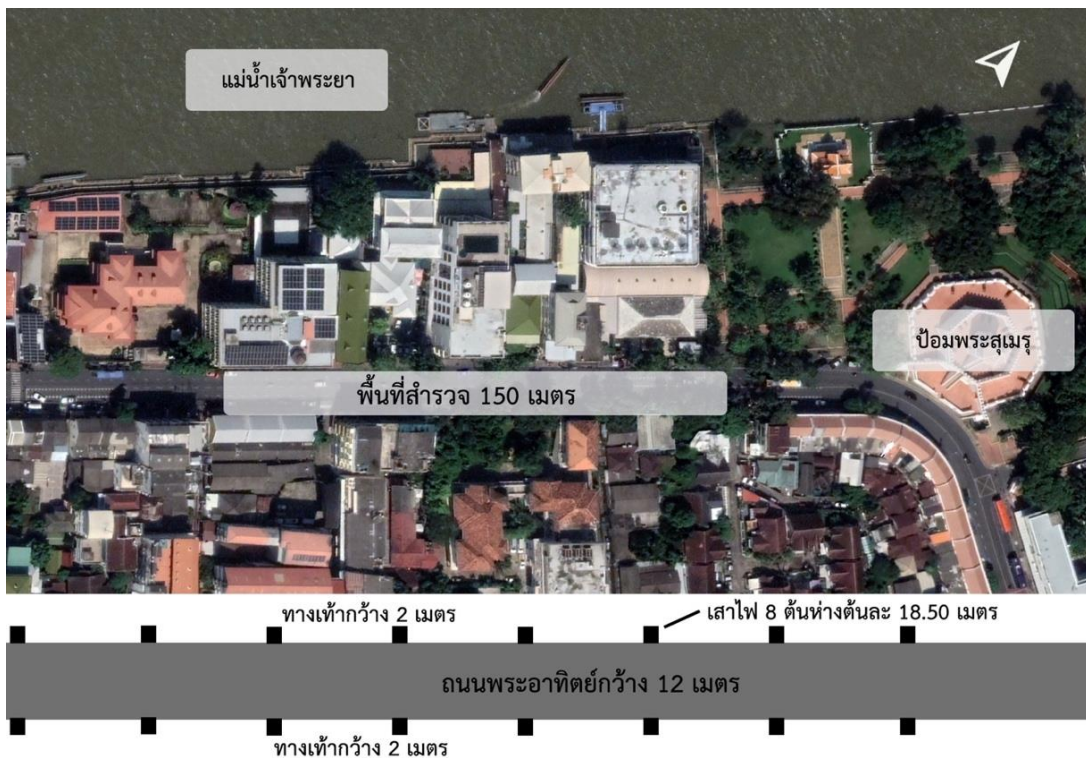
1. การวัดระดับความส่องสว่างในพื้นที่

สำรวจพื้นที่กรณีศึกษาแสงสว่างบนถนนพระอาทิตย์ มีระยะทางประมาณ 150 เมตร ซึ่งเป็นระยะห่างที่มีการศึกษาในอดีต (Haans & Kort, 2012) บนทางเท้ากว้าง 2 เมตร ตลอดระยะทางมีเสาไฟสูง 6 เมตร เป็นโคม LED Daylight ทั้งหมด 8 ต้น มีระยะห่างต่อต้นที่ประมาณ 18.5 เมตร การวัดค่าความส่องสว่างทำการวัดด้วยเครื่องวัดความส่องสว่าง lux meter ทุก ๆ ระยะ 2 เมตร ทำการบันทึกที่ตำแหน่งระดับพื้น 0.00 เมตร และระดับสายตา 1.50 เมตร

ซึ่งเป็นระดับความสูงที่มีการศึกษาในอดีต (Mekcharoen & Ladavichitkul, 2012) โดยวัดในวันเสาร์ที่ 17 ตุลาคม พ.ศ. 2563 ในช่วงเวลา 19.00 – 21.00 น. ผลจากการวัดค่าความส่องสว่างนำมาวิเคราะห์โดยใช้ค่าเฉลี่ยเทียบกับค่ามาตรฐานความส่องสว่างในปัจจุบัน

2. การใช้แบบสอบถาม

แบบสอบถามที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้านี้เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยในการออกแบบแสงสว่างเพื่อส่งเสริมความรู้สึกลดภัยจากอาชญากรรมบนทางเท้าสาธารณะสำหรับคนไทย โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้



ภาพที่ 1 บริเวณถนนพระอาทิตย์ที่ทำการสำรวจพื้นที่ในเขตพระนคร ระยะทางประมาณ 150 เมตร



ภาพที่ 2 การลงสำรวจค่าความส่องสว่างในพื้นที่ต้นแบบ ณ ถนนพระอาทิตย์

ส่วนที่ 1 คำถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนตัว

ส่วนที่ 2 คำถามเกี่ยวกับความรู้สึกลดภัยจากอาชญากรรมด้วยการใช้แสงสว่าง ซึ่งดัดแปลงจากแบบสอบถามซึ่งมีการวัดความรู้สึกลดภัยจากอาชญากรรมในอดีตในหลาย ๆ การศึกษา (Atkins et al., 1991) โดยแบบสอบถามดังกล่าวได้ให้ผู้เชี่ยวชาญทำการตรวจสอบและพบว่า IOC มากกว่า 0.7 นอกจากนี้ในคำถามที่ 4 วัดที่ระยะห่าง 2 เมตร

ส่วนที่ 3 คำถามเกี่ยวกับการแก้ไขปรับปรุงพื้นที่ด้วยการใช้แสงสว่างเพื่อสร้างความรู้สึกลดภัยจากอาชญากรรมบนทางเดินเท้า

โดยคำถามต่าง ๆ จะมีการอธิบายประกอบว่าเป็นความรู้สึกลดภัยจากแสงสว่างเท่านั้นก่อนการทดลองในการเก็บข้อมูลจะทำได้โดยการสุ่ม (randomization) กับบุคคลในพื้นที่บริเวณถนนหน้าป้อมพระสุเมรุต่อเนื่องตลอดถนนพระอาทิตย์ซึ่งเป็นพื้นที่เสี่ยงเพื่อการปรับปรุงป้องกันอาชญากรรม โดยผู้เข้าร่วมตอบแบบสอบถามไม่มีปัญหาทางด้านสายตา ขั้นตอนแรกผู้วิจัยและทีมอธิบายจุดประสงค์ของการสอบถามและระหว่างช่วงการแนะนำทีมผู้วิจัยจะนำแบบฟอร์มหนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมการวิจัยให้ลงนามตามข้อพิจารณาด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ (ethical consideration) ผลจากแบบสอบถามนำมาวิเคราะห์โดยใช้ร้อยละโดยมีต้นแบบจากการศึกษาในอดีต (Atkins et al., 1991)

ผลการทดลองและวิจารณ์

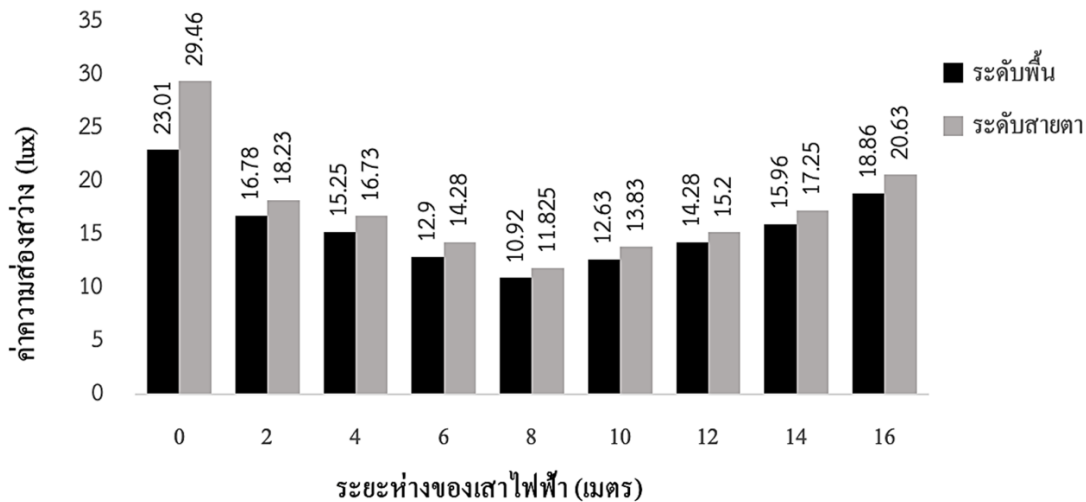
ผลการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ประกอบไปด้วย 1) ผลการศึกษาการวัดค่าความส่องสว่างจากพื้นที่กรณีศึกษาบริเวณถนนพระอาทิตย์ และ 2) ผลการศึกษาแบบสอบถามเกี่ยวกับปัญหาทางด้านแสงสว่างและความรู้สึกปลอดภัยจากอาชญากรรมบนทางเท้าสาธารณะสำหรับคนไทย

1. ผลการศึกษาการวัดค่าความส่องสว่างจากพื้นที่กรณีศึกษาบริเวณถนนพระอาทิตย์

ผลการศึกษาพบว่าค่าความส่องสว่างเฉลี่ย (เฉลี่ยจากตำแหน่งของเสาไฟ 8 ต้น) สูงที่สุดคือบริเวณที่ได้เสาไฟฟ้าพอดี ณ ระดับสายตา โดยมีค่าความส่องสว่างเฉลี่ย 29.46 lux และค่าความส่องสว่างเฉลี่ยต่ำที่สุดที่ระยะห่างจากเสาไฟ 8 เมตร ณ ระดับพื้นโดยมีความส่องสว่างเฉลี่ย 10.92 lux (ดูภาพที่ 3) ผลการศึกษพบว่าจากค่าความส่องสว่างเฉลี่ยที่ตาเกินมาตรฐานความส่องสว่าง ซึ่งมีค่ามาตรฐานความส่องสว่างเฉลี่ยที่ตา 6-10 lux (IESNA, 2003) นอกจากนี้ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยที่พื้นทางเท้าก็นั้นต่ำกว่าค่ามาตรฐานความส่องสว่าง ซึ่งมีค่ามาตรฐานความส่องสว่างเฉลี่ยที่พื้นทางเท้า 22 lux (IESNA, 2016)

2. ผลการศึกษาแบบสอบถามเกี่ยวกับปัญหาทางด้านแสงสว่างและความรู้สึกปลอดภัยจากอาชญากรรมบนทางเท้าสาธารณะสำหรับคนไทย

ผลการศึกษาแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ คำถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนตัว คำถามเกี่ยวกับความรู้สึกลดภัยจากอาชญากรรมด้วยการใช้แสงสว่าง และคำถามเกี่ยวกับการแก้ไขปรับปรุงพื้นที่ด้วยการใช้แสงสว่างเพื่อสร้างความรู้สึกลดภัยจากอาชญากรรมบนทางเดินเท้าดังนี้



ภาพที่ 3 ค่าความส่องสว่างเฉลี่ย (Illuminance, lux) ของเสาไฟฟ้า 8 ต้นในระยะ 150 เมตร

2.1 ส่วนที่ 1 คำถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนตัว

ผลการศึกษาพบว่าผู้เข้าร่วมตอบแบบสอบถามทั้งสิ้น 35 คน แบ่งเป็นเพศชายร้อยละ 48.57 (17 คนจาก 35 คน) และเพศหญิงร้อยละ 51.43 (18 คนจาก 35 คน) โดยผู้ที่ตอบแบบสอบถามจำนวนมากที่สุดอยู่ในช่วงอายุ 21-30 ปี ร้อยละ 37.14 (13 คนจาก 35 คน) อันดับที่ 2 คือช่วงอายุ 41-50 ปี ร้อยละ 28.57 (10 คนจาก 35 คน) อันดับที่ 3 คือช่วงอายุ 31-40 ปี ร้อยละ 20 (7 คนจาก 35 คน) อันดับที่ 4 คือช่วงอายุ 51-60 ปี ร้อยละ 11.43 (4 คนจาก 35 คน) และน้อยที่สุดที่ช่วงอายุ 18-20 ปี ร้อยละ 2.68 (1 คนจาก 35 คน)

2.2 ส่วนที่ 2 คำถามเกี่ยวกับความรู้สึกปลอดภัยจากอาชญากรรมด้วยการใช้แสงสว่าง

ผลการศึกษาพบว่าผู้เข้าร่วมตอบแบบสอบถามร้อยละ 97.14 (34 คนจาก 35 คน) เห็นด้วยว่าการออกแบบแสงสว่างส่งผลต่อการเกิดอาชญากรรมในเรื่องของความส่องสว่างในพื้นที่ปัจจุบันและพบว่าผู้เข้าร่วมตอบแบบสอบถามร้อยละ 77.14 (27 คนจาก 35 คน) มีความเห็นว่าความสว่างในปัจจุบันยังมีปริมาณน้อยไม่เพียงพอในเรื่องของระยะห่างของแสงประดิษฐ์พบว่า ผู้เข้าร่วมตอบแบบสอบถามร้อยละ 51.43 (27 คนจาก 35 คน) มีความเห็นว่าในปัจจุบันมีความเหมาะสมแล้ว นอกจากนี้ในคำถามย่อยที่เกี่ยวข้องกับความรู้สึกปลอดภัยจากอาชญากรรมด้วยการใช้แสงสว่าง (5 = มากที่สุด, 4 = มาก, 3 = ปานกลาง, 2 = น้อย, 1 = น้อยที่สุด) (ดูภาพที่ 4) ผลการศึกษาพบว่า

คำถามที่ 1 ความกังวลกับการเกิดอาชญากรรมในพื้นที่ปัจจุบัน ผลพบว่าผู้เข้าร่วมตอบแบบสอบถามร้อยละ 45.71 (16 คนจาก 35 คน) เกิดความรู้สึกกังวลมาก (ระดับ 4) และมีเพียงผู้เข้าร่วมตอบแบบสอบถามร้อยละ 2.86 (1 คนจาก 35 คน) เกิดความรู้สึกกังวลน้อยที่สุด (ระดับ 1 และ ระดับ 2)

คำถามที่ 2 ความรู้สึกปลอดภัยเมื่อกำลังเดินบริเวณนี้คนเดียวในเวลากลางวัน ผลพบว่าผู้เข้าร่วมตอบแบบสอบถามร้อยละ 42.86 (15 คนจาก 35 คน) รู้สึกปลอดภัยมาก (ระดับ 4) และมีเพียงผู้เข้าร่วมตอบแบบสอบถามร้อยละ 2.86 (1 คนจาก 35 คน) มีความรู้สึกปลอดภัยน้อยและน้อยที่สุด (ระดับ 1 และ ระดับ 2)

คำถามที่ 3 ความรู้สึกประหลาดและหวาดกลัวเมื่ออยู่ข้างนอกคนเดียวในเวลากลางคืน ผลพบว่าผู้เข้าร่วมตอบแบบสอบถามร้อยละ 48.57 (17 คนจาก 35 คน) รู้สึกประหลาดและหวาดกลัวมาก (ระดับ 4) และไม่มีผู้เข้าร่วมตอบแบบสอบถามรู้สึกประหลาดและหวาดกลัวน้อยและน้อยที่สุด (ระดับ 1 และ ระดับ 2)

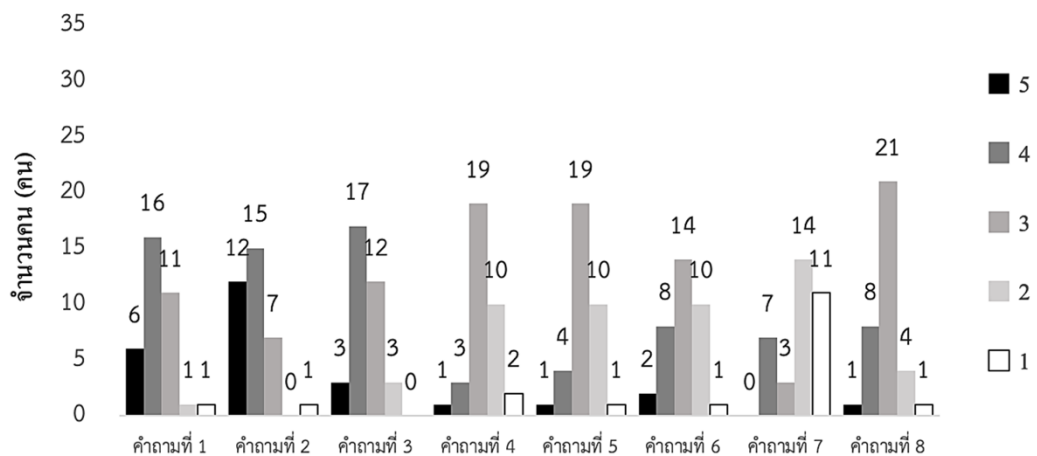
คำถามที่ 4 ความสามารถมองเห็นใบหน้าหรือวัตถุต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจนในเวลากลางคืน ผลพบว่าผู้เข้าร่วมตอบแบบสอบถามร้อยละ 54.29 (19 คนจาก 35 คน) สามารถมองเห็นใบหน้าหรือวัตถุต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจนปานกลาง (ระดับ 3) และมีเพียงผู้เข้าร่วมตอบแบบสอบถามร้อยละ 5.71 (1 คนจาก 35 คน) สามารถมองเห็นใบหน้าหรือวัตถุต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจนปานกลางน้อยที่สุด (ระดับ 1)

คำถามที่ 5 การเห็นว่าเกิดอะไรขึ้นบนถนนสายนี้ในเวลากลางคืน ผลพบว่าผู้เข้าร่วมตอบแบบสอบถามร้อยละ 40 (14 คนจาก 35 คน) เห็นว่าเกิดอะไรขึ้นบนถนนสายนี้ปานกลาง (ระดับ 3) และมีเพียงผู้เข้าร่วมตอบแบบสอบถามร้อยละ 2.86 (1 คนจาก 35 คน) เห็นว่าเกิดอะไรขึ้นบนถนนสายนี้น้อยที่สุด (ระดับ 1)

คำถามที่ 6 แสงสว่างในปัจจุบันสามารถลดความรู้สึกไม่ปลอดภัยขณะอยู่คนเดียวในพื้นที่ ผลพบว่าผู้เข้าร่วมตอบแบบสอบถามร้อยละ 54.29 (19 คนจาก 35 คน) สามารถลดความรู้สึกไม่ปลอดภัยได้ปานกลาง (ระดับ 3) และมีเพียงผู้เข้าร่วมตอบแบบสอบถามร้อยละ 2.86 (1 คนจาก 35 คน) สามารถลดความรู้สึกไม่ปลอดภัยได้น้อยที่สุด (ระดับ 1)

คำถามที่ 7 คุณถูกรบกวนจากแสงประดิษฐ์ตามทางเดินเท้าและภูมิประเทศภายนอกหรือไม่ (เกิดแสงบาดตา, เกิดอาการปวดหัว) ผลพบว่าผู้เข้าร่วมตอบแบบสอบถามร้อยละ 40 (14 คนจาก 35 คน) ถูกรบกวนจากแสงประดิษฐ์ตามทางเดินเท้าและภูมิประเทศภายนอกมาก (ระดับ 4) และไม่มีผู้เข้าร่วมตอบแบบสอบถามถูกรบกวนจากแสงประดิษฐ์ตามทางเดินเท้าและภูมิประเทศภายนอกน้อยที่สุด (ระดับ 1)

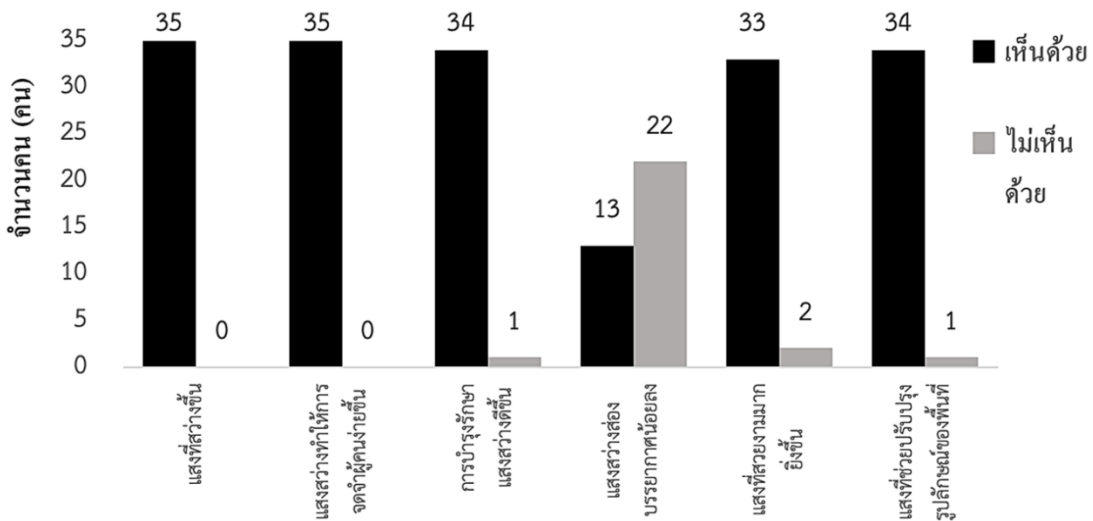
คำถามที่ 8 พื้นที่นี้มีภาพรวมด้านแสงสว่างในตอนกลางคืนที่ดีหรือไม่ ผลพบว่าผู้เข้าร่วมตอบแบบสอบถามร้อยละ 60 (21 คนจาก 35 คน) มีความเห็นว่าพื้นที่นี้มีภาพรวมด้านแสงสว่างในตอนกลางคืนระดับปานกลาง (ระดับ 3) และมีเพียงผู้เข้าร่วมตอบแบบสอบถามร้อยละ 2.86 (1 คนจาก 35 คน) มีความเห็นว่าพื้นที่นี้มีภาพรวมด้านแสงสว่างในตอนกลางคืนที่ไม่ดีที่สุด (ระดับ 1)



ภาพที่ 4 ผลของคำถามทั้ง 8 คำถามเกี่ยวกับความรู้สึกปลอดภัยจากอาชญากรรมด้วยการใช้แสงสว่าง

2.3 ส่วนที่ 3 คำถามเกี่ยวกับการแก้ไขปรับปรุงพื้นที่ด้วยการใช้แสงสว่างเพื่อสร้างความรู้สึกลดภัยจากอาชญากรรมบนทางเดินเท้า

ผลการศึกษาพบว่า ผู้เข้าร่วมตอบแบบสอบถามร้อยละ 100 มีความต้องการแก้ไขในเรื่องของแสงที่สว่างขึ้น และแสงสว่างทำให้การจดจำผู้คนง่ายขึ้น รองลงมาคือผู้เข้าร่วมตอบแบบสอบถามร้อยละ 97.17 (34 คน จาก 35 คน) ต้องการแก้ไขในเรื่องของการบำรุงรักษาแสงสว่าง และปรับปรุงให้แสงสามารถก่อให้เกิดอัตลักษณ์ของพื้นที่ อย่างไรก็ตามผู้เข้าร่วมตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ไม่ได้ต้องการให้แสงสว่างบรรยายมีปริมาณที่น้อยลง ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ความต้องการของผู้เข้าร่วมตอบแบบสอบถามการแก้ไขปรับปรุงพื้นที่ด้วยการใช้แสงสว่าง

สรุป

ผลการศึกษาในส่วนการสำรวจค่าความส่องสว่างพบว่าจากค่าความส่องสว่างเฉลี่ยที่ตาเกินมาตรฐานความส่องสว่างซึ่งค่ามาตรฐานความส่องสว่างเฉลี่ยที่ตา 6-10 lux (IESNA, 2003) โดยผลที่ได้มีค่าความส่องสว่างเฉลี่ย 29.46 lux นอกจากนี้ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยที่พื้นทางเท้าก็นั้นต่ำกว่าค่ามาตรฐานความส่องสว่างซึ่งมีค่ามาตรฐานความส่องสว่างเฉลี่ยที่พื้นทางเท้า 22 lux (IESNA, 2016) โดยผลที่ได้มีความส่องสว่างเฉลี่ย 10.92 lux

ผลสำคัญในส่วนของความรู้สึกลดภัยจากอาชญากรรมด้วยการใช้แสงสว่างพบว่า ผู้เข้าร่วมตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ยังกังวลกับการเกิดอาชญากรรมในพื้นที่และรู้สึกประหลาดใจและหวาดกลัวเมื่ออยู่ข้างนอกคนเดียวในพื้นที่ดังกล่าวในเวลากลางคืนมาก รวมไปถึงยังถูกรบกวนจากแสงประดิษฐ์ตามทางเดินเท้าและภูมิประเทศภายนอก เช่น แสงบาดตา และเกิดการปวดหัวในระดับมากเช่นกัน มีความใกล้เคียงกันกับผลสำรวจก่อนการปรับปรุงแสงสว่างในงานวิจัยของ Welsh & Farrington (2008)

ในส่วนของการเสนอแนะพบว่าผู้เข้าร่วมตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ต้องการแก้ไขในเรื่องของแสงที่สว่างขึ้น และปรับปรุงแสงสว่างทำให้การจดจำลักษณะของผู้คนง่ายขึ้น รวมไปถึงแก้ไขในเรื่องการบำรุงรักษาระบบแสงสว่าง และปรับปรุงให้แสงสว่างก่อให้เกิดอัตลักษณ์ของพื้นที่ ผลดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาในเรื่องความรู้สึกลดภัย

จากอาชญากรรมในอดีตในหลาย ๆ การศึกษาที่ชี้ให้เห็นว่าพื้นที่ทางเท้าควรมีความส่องสว่างที่สูงเพื่อลดจำนวนอาชญากรรม (Day et al., 2007) และเพื่อเป็นการส่งเสริมการจำลักษณะของผู้คนเพิ่มขึ้น (Fujiyama et al., 2005)

จากการศึกษาชี้ให้เห็นว่าแสงสว่างยังเป็นส่วนสำคัญในการการออกแบบสภาพแวดล้อมภายนอกโดยเฉพาะในเรื่องของความรู้สึกปลอดภัยจากอาชญากรรมบนทางเท้าสาธารณะ สถาบันกฎหมายที่สนับสนุนการออกแบบเมืองและนักวิจัยสามารถนำผลไปใช้ในการออกแบบแสงสว่างเพื่อสร้างความรู้สึที่ปลอดภัยสำหรับคนไทย อย่างไรก็ตามด้วยข้อจำกัดของเวลาการศึกษาครั้งนี้ได้ศึกษาเพียงพื้นที่ในเขตพระนคร ในการศึกษาในอนาคตจึงควรมีการศึกษาในพื้นที่อื่น ๆ เพื่อให้ได้ผลการศึกษาที่มีครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้ทุนสนับสนุนจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) รหัส SCA-CO-2561-7572-TH

เอกสารอ้างอิง

- Atkins, S., Husain, S., & Storey, A. (1991). **The influence of street lighting on crime and fear of crime** (Crime prevention unit paper 28). London: Home Office
- Boyce, P. R., Eklund, N. H., Hamilton, B. J., & Bruno, L. D. (2000). Perceptions of safety at night in different lighting conditions. **Lighting Research and Technology**, 32(2), 79–91.
- Day, K., Anderson, C., Powe, M., McMillan, T., & Winn, D. (2007). Remaking Minnie Street: The Impacts of Urban Revitalization on Crime and Pedestrian Safety. **Journal of Planning Education and Research**, 26(3), 315-331
- Fujiyama, T., Childs, C., Boampong, D., & Tyler, N. (2005). *Investigation of Lighting Levels for Pedestrians*. Paper presented at the Walk21 Conference Everyday Walking Culture – Walk21-VI, Zurich. Retrieved from https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/1430/1/Walk21_Fujiyama.pdf [2021, 17 May.]
- IESNA. (2003). *Guideline for Security Lighting for People, Property, and Public Spaces*. In *Security Lighting Committee*. Retrieved from <https://webstore.ansi.org/standards/iesna/iesna03> [2021, 17 May.]
- IESNA. (2016). *Guide for Security Lighting for People, Property, and Critical Infrastructure*. United States of America: IESNA [2021, 17 May.]
- Haans, A., & Kort, Y. (2012). Light distribution in dynamic street lighting: two experimental studies on its effects on perceived safety, prospect, concealment, and escape Netherlands: Eindhoven University of Technology. **Journal of Environmental Psychology**, 32, 342-35
- Lega tool. (2016). **Konica Minolta T-10A Illuminance Meter**. Retrieved from <https://legatool.com/th/konica-minolta-t-10a-illuminance-meter> [2021, 14 Oct.]

- [illegible]

การผลิตเซรามิกรูพรุนจากแก้วโซดาไลม์เพื่อเป็นวัสดุกักเก็บและปลดปล่อยน้ำมันหอมระเหย

PRODUCTION OF POROUS CERAMICS FROM SODA-LIME GLASS FOR COLLECTING AND RELEASING ESSENTIAL OILS

สุธาทิพย์ ทองเล่ม^{1*} เปมิกา ขำวีระ¹ และ ณรงค์ฤทธิ์ หล้าพันธ์²

¹สาขาวิชานวัตกรรมและเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
กรุงเทพมหานคร 10220

²สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
กรุงเทพมหานคร 10220

Sutatip Thonglem^{1*}, Pemika Khamweera¹ and Narongrit Lahpun²

¹Product Innovation and Technology Program, Faculty of Science and Technology,
Phranakhon Rajabhat University Bangkok 10220

²Cosmetic Science Program, Faculty of Science and Technology,
Phranakhon Rajabhat University Bangkok 10220

*E-mail: sutatip.t@pnru.ac.th

Received: 29-03-2023

Revised: 19-05-2023

Accepted: 25-05-2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตเซรามิกรูพรุนจากแก้วโซดาไลม์เพื่อใช้เป็นวัสดุกักเก็บและปลดปล่อยน้ำมันหอมระเหย ทำโดยการนำแก้วโซดาไลม์มาบดให้เป็นผงผสมกับ 10% สารสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ในอัตราส่วน 1:1 1:1.5 1:2 1:2.5 1:3 และ 1:3.5 (g:ml) ขึ้นรูปโดยหล่อลงแม่พิมพ์ซิลิโคน นำไปเผาที่อุณหภูมิ 700 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จะได้เซรามิกรูพรุนประเภทแมโครพอร์สที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 50 นาโนเมตร โดยเซรามิกรูพรุนที่ดีที่สุดในการทดลองนี้คืออัตราส่วน 1:2.5 ซึ่งแสดงค่าความพรุนสูงที่สุด (34.50%) ค่าการดูดซึมน้ำสูงที่สุด (21.43%) และมีความหนาแน่นต่ำที่สุด (1.607 g/cm³) จากนั้นนำเซรามิกรูพรุนเงื่อนไขนี้ไปกักเก็บน้ำมันหอมระเหยโดยการหยดน้ำมันหอมระเหยมะกรูดและมะนาวบรรจุลงในเซรามิกรูพรุน ศึกษาอัตราการระเหยของน้ำมันหอมระเหยทั้งสองชนิด พบว่าอัตราการระเหยของน้ำมันหอมระเหยที่บรรจุลงในเซรามิกรูพรุนจะสูงกว่าน้ำมันหอมระเหยที่อยู่ในบรรยากาศ นั่นคือรูพรุนในเซรามิกจะเพิ่มอัตราการระเหยของน้ำมันหอมระเหยซึ่งจะช่วยให้การกระจายกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยในบรรยากาศได้ดีขึ้น

คำสำคัญ: แก้วโซดาไลม์ เซรามิกรูพรุน ความพรุน การดูดซึมน้ำ น้ำมันหอมระเหย

ABSTRACT

This research aimed to produce porous ceramics from soda lime glass for collecting and releasing essential oils. The soda lime glass was ground into powders, then mixed with 10% polyvinyl alcohol solution in 1:1, 1:1.5, 1:2, 1:2.5, 1:3 and 1:3.5 (g:ml). These mixtures were molded by casting them into a silicone mold, dried, and calcined at 700 °C for 3 hours. It was found that the porous ceramics showed mesoporous structure with a diameter of more than 50 μm . The best porous ceramic sample in this work was the 1:2.5 sample, which showed the highest porosity (34.50%), highest water absorption values (21.43%) and lowest density (1.607 g/cm³). Then the kaffir lime and key lime oils were collected into the best porous ceramic sample by dropping essential oils into these ceramics. Studying the evaporation rates of both types of essential oil, it was found that the evaporation rates of the essential oils contained in the porous ceramic were higher than those of the essential oils in the atmosphere. The pores in the porous ceramics increased the evaporation rate of essential oils which also, increased the volatility in the atmosphere.

Keywords: Soda lime glass, Porous ceramics, Porosity, Water absorption, Essential oil

บทนำ

วัสดุรูพรุน (Porous materials) เป็นวัสดุที่มีช่องว่างหรือโพรงขนาดเล็กภายในโครงสร้าง มีพื้นที่ผิวจำเพาะและปริมาตรรูพรุนสูง ลักษณะของรูพรุนมี 2 แบบ คือ รูพรุนแบบเปิด (Open pores) โดยที่รูพรุนมีการเชื่อมต่อไปที่ผิวของวัสดุ ถูกนำไปใช้งานด้านต่าง ๆ เช่น เป็นตัวดูดซับ เป็นคะตะลิสต์ และเซ็นเซอร์ และ รูพรุนแบบปิด (Closed pores) เป็นรูพรุนที่ไม่เปิดสู่ภายนอก นำไปใช้งานจำพวกเป็นวัสดุในการเก็บเสียง การเป็นฉนวนกันความร้อนหรือเป็นวัสดุสำหรับโครงสร้างที่ต้องการน้ำหนักเบา วัสดุรูพรุนสามารถแบ่งได้ตามขนาดของรูพรุนตามนิยามของสหภาพเคมีบริสุทธิ์และเคมีประยุกต์ระหว่างประเทศ (International Union of Pure and Applied Chemistry) หรือที่มีชื่อย่อเรียกว่า IUPAC โดยจัดแบ่งได้เป็น 3 ประเภทคือ ไมโครพอร์ส (Microporous) เป็นรูพรุนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 2 nm เมโซพอร์ส (Mesoporous) เป็นรูพรุนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 2 – 50 nm และ แมโครพอร์ส (Macroporous) เป็นรูพรุนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 50 nm ขึ้นไป (Li et al., 2001; Rungrojchaipon, 2011)

เซรามิกรูพรุน (Porous ceramics) เป็นวัสดุรูพรุนชนิดหนึ่งที่น่าสนใจ รูพรุนมีทั้งแบบเปิดและแบบปิด เซรามิกที่มีรูพรุนแบบเปิดนิยมใช้เป็นตัวกรองสาร ส่วนเซรามิกที่มีรูพรุนแบบปิดนิยมใช้เป็นฉนวนกันความร้อน เซรามิกรูพรุนมีสมบัติเด่นหลายด้าน ได้แก่ น้ำหนักเบา ความหนาแน่นต่ำ พื้นที่ผิวสูง การนำความร้อนต่ำ เป็นฉนวนความร้อนที่ดี มีสมบัติการไหลผ่านสูง มีความแข็งแรงเชิงกลดี ทนต่อการขีดสีและการกัดกร่อนของสารเคมีที่อุณหภูมิสูง และทนต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างฉับพลัน สามารถขึ้นรูปได้หลากหลายรูปแบบ เช่น ท่อกลวง ท่อตัน แผ่นรวงผึ้ง โฟม และสามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ไส้กรองน้ำ เบ้าเผาสาร แผ่นรองเผา ฉนวนในเตาเผา เป็นต้น (Mongkolkachit & Sinjaroenlert, 2018).

งานวิจัยนี้มีแนวคิดจะผลิตเซรามิกที่มีรูพรุนแบบเปิดขนาดเล็ก ซึ่งรูพรุนเปิดนี้จะทำให้เกิดแรงแคปิลลารี (Capillary) ทำหน้าที่ในการดูดของเหลวเข้าไปกักเก็บไว้ภายใน (Punsukmtana et al., 2013) เซรามิกรูพรุนที่ผลิตได้นี้ จะสามารถใช้เป็นวัสดุสำหรับกักเก็บน้ำมันหอมระเหยซึ่งเป็นของเหลวชนิดหนึ่งที่มีกลิ่นเฉพาะตัวและสามารถระเหยได้ ในบรรยากาศ เมื่อเซรามิกรูพรุนถูกนำไปกักเก็บน้ำมันหอมระเหยแล้ว น้ำมันหอมระเหยที่อยู่ภายในจะกระจายออกมาสู่บรรยากาศได้ดีเพราะเซรามิกรูพรุนจะทำให้ น้ำมันหอมระเหยมีพื้นที่ผิวสัมผัสกับอากาศสูงกว่าน้ำมันหอมระเหย ในปริมาณเท่ากันแต่บรรจุในภาชนะเหมาะสำหรับใช้เป็นผลิตภัณฑ์เซรามิกกระจายกลิ่นเพื่อปรับอากาศ ในบริเวณต่าง ๆ เช่น อาคาร บ้านเรือน ในรถยนต์ เป็นต้น ซึ่งน้ำมันหอมระเหยจะมีกลิ่นเฉพาะตัว มีคุณสมบัติช่วยลดความเครียด ช่วยในเรื่องปัญหาระบบทางเดินหายใจ บรรเทาอาการโรคหอบหืด ลดกลิ่นและเพิ่มความสดชื่นในบรรยากาศ และมีฤทธิ์ ในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ (Cruz-Valenzuela et al., 2016; Samadi et al., 2017) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปัจจุบัน ประเทศไทยกำลังเผชิญกับผลกระทบจากฝุ่น PM2.5 ซึ่งเป็นฝุ่นละอองขนาดเล็กที่กระจายอยู่ทั่วไปภายในอากาศ ซึ่งเกิดจากการจราจร กิจกรรมในชุมชน การเผาในที่โล่ง เป็นต้น ฝุ่นละอองขนาดเล็กเหล่านี้ยังสามารถกระจาย จากภายนอกอาคารเข้าสู่ภายในอาคารได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งห้องภายในอาคารที่เป็นระบบเปิด ปริมาณฝุ่น PM2.5 มีปริมาณไม่ต่างจากพื้นที่ภายนอกอาคาร ซึ่งฝุ่น PM2.5 จะมีเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคต่าง ๆ อยู่ร่วมด้วยทำให้เกิดโรค บางชนิดได้ เช่น โรคภูมิแพ้ โรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ และโรคผิวหนังบางชนิด (Khawgrib et al., 2021) ส่งผลทำให้น้ำมันหอมระเหยได้รับความนิยมสูงขึ้นในการใช้เป็นเครื่องหอมปรับอากาศภายในบ้าน

นอกจากนี้เซรามิกรูพรุนเมื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ปรับอากาศด้วยการนำมากักเก็บน้ำมันหอมระเหย สามารถทดแทนการใช้ผลิตภัณฑ์ปรับอากาศที่มีในท้องตลาดอื่น ๆ และช่วยลดการเกิดขยะในครัวเรือนจากผลิตภัณฑ์ เครื่องหอมต่าง ๆ ได้ เพราะสามารถใช้ซ้ำได้อย่างต่อเนื่องด้วยการหดย่น้ำมันหอมระเหยเพิ่มเติมเมื่อกลิ่นหมดไป แนวคิด การใช้เซรามิกรูพรุนกักเก็บและควบคุมการปลดปล่อยน้ำมันหอมระเหยนี้ได้จากงานวิจัยของ Booppha et al. (2010) ซึ่งได้นำน้ำมันหอมระเหยของตะไคร้หอมไปกักเก็บไว้ในเซรามิกรูพรุน รูพรุนนี้จะควบคุมการปลดปล่อยน้ำมันหอมระเหย ตะไคร้หอมในรังผึ้งได้เป็นระยะเวลาหนึ่ง ให้น้ำมันหอมระเหยนี้ควบคุมและจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคในรังผึ้งได้ และจากการศึกษาของงานวิจัยของ Punsukmtana et al. (2013) ซึ่งผลิตเซรามิกจากดินสำเร็จรูป พอร์ซเลนและเติม อะลูมินาเข้าไปจะช่วยลดการหดตัวของเซรามิกจากกระบวนการแพร่ของของแข็งในระหว่างการเผาซินเตอร์ได้ ทำให้ ได้เซรามิกหลังเผามีรูพรุนแบบเปิดที่สามารถดูดซึมของเหลวคือน้ำหอมเข้าไปในเนื้อเซรามิกได้และปลดปล่อย กลิ่นน้ำหอมได้ดี

ในงานวิจัยนี้จะผลิตเซรามิกรูพรุนจากแก้วโซดาไลม์ซึ่งเป็นขยะที่เหลือจากการบริโภคผลิตภัณฑ์จำพวก เครื่องดื่มประเภทต่าง ๆ ตามท้องตลาดทั่วไป ถึงแม้จะสามารถนำไปรีไซเคิลได้แต่กลับมีปริมาณไม่มากนักเมื่อเทียบกับ ปริมาณการผลิตขวดแก้วถึงหลายหมื่นตันต่อปี นอกจากนี้แก้วโซดาไลม์เป็นวัสดุที่มีความเสถียร และไม่เป็นพิษ ต่อร่างกายและสิ่งแวดล้อมจึงเหมาะสำหรับผลิตเป็นเซรามิกรูพรุนสำหรับกักเก็บน้ำมันหอมระเหย เมื่อน้ำมันหอม ระเหยระเหยออกจากเซรามิกรูพรุนนี้ก็จะไม่มีสารอันตรายปะปนมาด้วย อีกทั้งอุณหภูมิในการเผาซินเตอร์แก้วโซดาไลม์ ให้เป็นเซรามิกจะต่ำกว่าเซรามิกที่ผลิตจากวัสดุชนิดอื่นที่ต้องเผาที่อุณหภูมิสูงกว่า 1000 °C เช่น ซิลิกา (SiO_2) อะลูมินา (Al_2O_3) พอร์ซเลน (Porcelain) เป็นต้น จากการศึกษางานวิจัยของ Monich et al. (2018) พบว่า แก้วโซดาไลม์ชนิดหยาบ เมื่อทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางความร้อน (Differential Thermal Analysis, DTA) จะพบว่าช่วงอุณหภูมิ T_g (glass transition temperature) ถึงอุณหภูมิ T_c (Crystallization temperature) อยู่ในช่วง 620-850 °C แก้วโซดาไลม์เมื่อให้ความร้อนถึงอุณหภูมิ T_g อนุภาคของแก้วจะเริ่มมีการเคลื่อนที่เพื่อเปลี่ยนสถานะแล้ว

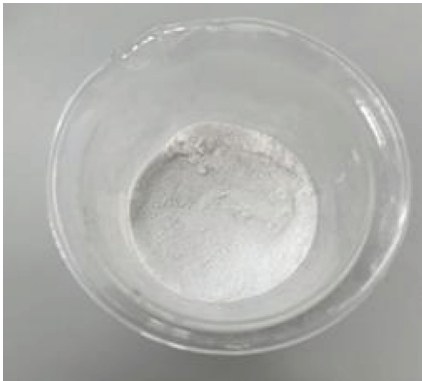
จะเปลี่ยนสถานะเป็นเซรามิกเมื่อถึงอุณหภูมิ T_c ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเผาซินเตอร์ของแก้วโซดาไลม์ จึงอยู่ในช่วง $620-850\text{ }^{\circ}\text{C}$ นี้ โดยในการทดลองนี้จะเลือกเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ $700\text{ }^{\circ}\text{C}$

การผลิตเซรามิกรูปทรงจะใช้วิธีการอย่างง่ายในการสร้างรูปทรงจากการหลุดออกของสารบางชนิดในระหว่างกระบวนการเผาซินเตอร์ อาศัยกลไกจากกระบวนการทางกายภาพ (Physical process) คือ การระเหย (Evaporation) กับ การระเหิด (Sublimation) หรือปฏิกิริยาทางเคมี (Chemical reaction) คือ การเผาไหม้ (Combustion) กับ การสลายตัว (Pyrolysis) ของสารที่เลือกใช้นั้น (Sopyan et al., 2007; Thonglem, 2010) จากงานวิจัยของ Thonglem et al. (2013) สามารถผลิตแก้วเซรามิกรูปทรงเคลือบฟอสเฟตโดยใช้เทคนิคการสร้างรูปทรงจากการระเหิดออกของการบู่ในระหว่างกระบวนการเผาซินเตอร์ที่มีขนาดของรูปทรงในระดับ $150-400\text{ }\mu\text{m}$ ได้และมีความพรุนสูงถึง 50%

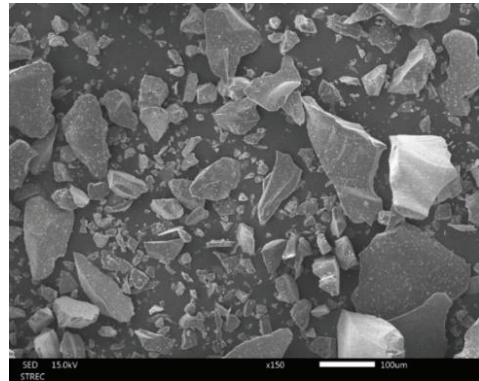
ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้จะทำการผลิตเซรามิกรูปทรงจากผงแก้วโซดาไลม์ด้วยการผสมกับสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่อัตราส่วนต่าง ๆ ศึกษาสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่น ความพรุน การดูดซึมน้ำ และโครงสร้างทางจุลภาค เพื่อหาเงื่อนไขเซรามิกรูปทรงที่สามารถกักเก็บของเหลวได้ดีที่สุดในงานวิจัยนี้ จากนั้นนำเซรามิกเงื่อนไขนี้ไปทดสอบลักษณะการปลดปล่อยน้ำมันหอมระเหยซึ่งจะทำการทดสอบกับน้ำมันหอมระเหย 2 ชนิดเปรียบเทียบกัน โดยจะเลือกใช้น้ำมันหอมระเหยจากผิวมะกรูดและผิวมะนาว จากวัตถุดิบที่พบในพื้นที่อำเภอยะบาดาล จังหวัดลพบุรี นำมาสกัดด้วยวิธีการกลั่นด้วยน้ำ (Hydro-distillation) สำหรับทดสอบ เนื่องจากมะกรูดและมะนาวเป็นพืชตระกูลซิตรัสซึ่งน้ำมันหอมระเหยจากพืชกลุ่มนี้นิยมนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ปรับอากาศ อีกทั้งมะกรูดและมะนาวเป็นพืชเศรษฐกิจที่นิยมปลูกเป็นจำนวนมากในประเทศรวมถึงในเขตพื้นที่อำเภอยะบาดาล จังหวัดลพบุรี ซึ่งเป็นพื้นที่บริการวิชาการของมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครและคณะผู้วิจัยมีความสนใจในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากมะกรูดและมะนาวในพื้นที่เพื่อเพิ่มมูลค่าทางการตลาด

วิธีการ

ผงแก้วโซดาไลม์ได้จากการนำขวดแก้วโซดาไลม์มาบดให้ละเอียดร่อนด้วยตะแกรงไนลอน 80 US Mesh ทำให้อนุภาคที่จะผ่านตะแกรงจะมีขนาดตั้งแต่ $180\text{ }\mu\text{m}$ ลงไป ดังแสดงในภาพที่ 1 (ก) เมื่อศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของผงแก้วโซดาไลม์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด กำลังขยาย 150 เท่า (150X) ดังแสดงในภาพที่ 1 (ข) พบว่า อนุภาคของผงแก้วมีขนาดแตกต่างกัน ขนาดของผงแก้วโซดาไลม์ที่บดละเอียดมีขนาดอยู่ในช่วง $20-100\text{ }\mu\text{m}$ โดยมีค่าเฉลี่ยขนาดอนุภาคเท่ากับ $58.626\pm 42.797\text{ }\mu\text{m}$ จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Image J



(ก)



(ข)

ภาพที่ 1 (ก) ลักษณะทางกายภาพ และ (ข) ลักษณะสัณฐานวิทยาที่ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด กำลังขยาย 150 เท่า ของผงแก้วโซดาไลม์

ต่อมาผสมผงแก้วโซดาไลม์กับ 10 wt% สารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ในอัตราส่วน 1:1 1:1.5 1:2 1:2.5 1:3 และ 1:3.5 (g:ml) จากนั้นเทลงไปในแม่พิมพ์ซิลิโคนขนาด 2.5 cm x 2.5 cm x 2 cm (กว้าง x ยาว x สูง) นำไปอบให้แข็งตัวที่อุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 3 วัน และเผาขึ้นเตอรที่อุณหภูมิ 700 โดยให้อัตราการขึ้นลงของอุณหภูมิเป็น 20 °C/นาท เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และศึกษาลักษณะสมบัติต่าง ๆ ดังนี้

- การหดตัวเชิงปริมาตร (Volume shrinkage) ของเซรามิกรูปทรงแปดหน้า ด้วยสมการที่ 1 เมื่อกำหนดให้ V_0 คือปริมาตรของชิ้นงานก่อนเผา และ V_1 คือ ปริมาตรของเซรามิกรูปทรงแปดหน้าหลังเผา

$$\text{Volume shrinkage (\%)} = \frac{V_0 - V_1}{V_0} \times 100 \quad \dots\dots\dots(1)$$

- ศึกษาความหนาแน่นรวม (Bulk density) ค่าความพรุนปรากฏ (Apparent porosity) และค่าการดูดซึมน้ำ (Water absorption) ของเซรามิกรูปทรงแปดหน้า โดยประยุกต์ใช้หลักการของอาร์คิมิดีส (Archimedes Principle) ตามมาตรฐาน ASTM C20 โดยใช้ชุดอุปกรณ์วัดความหนาแน่น (Density determination kit; Sartorius รุ่น YDK03) ประกอบกับเครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง (Analytical Balance; Sartorius รุ่น PRACTUM224-1S) หลักการของอาร์คิมิดีสทำได้ดังนี้ นำชิ้นงานเซรามิกแห้งที่อบให้ความร้อน ประมาณ 100 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง มาชั่งในอากาศ น้ำหนักที่ได้บันทึกเป็น m_1 ต่อมานำเซรามิกแช่ในน้ำ เพื่อให้ให้น้ำเข้าไปแทนที่อากาศในรูพรุน กระตุ้นด้วยการต้มในน้ำเดือด เป็นเวลา 6 ชั่วโมง และแช่ทิ้งไว้อีก 24 ชั่วโมง นำชิ้นงานที่ผ่านการต้มและแช่น้ำค้างคืนแล้ว ไปชั่งในน้ำ บันทึกเป็น m_2 จากนั้นนำชิ้นงานที่ผ่านการแช่ค้างคืนแล้ว ไปชั่งในอากาศ บันทึกเป็น m_3 จากข้อมูลข้างต้น คำนวณหาความหนาแน่น (ρ) ของเซรามิก ด้วยสมการ 2 คำนวณหาค่าร้อยละความพรุนที่ปรากฏของเซรามิก ด้วยสมการ 3 และคำนวณค่าการดูดซึมน้ำ (WA) ด้วยสมการ 4 โดยในการทดลองนี้ศึกษาที่อุณหภูมิ 28 °C ดังนั้น ρ_0 เท่ากับ 0.996262 g/cm³

$$\rho = \frac{m_1}{m_3 - m_2} \rho_0 \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{Apparent porosity (\%)} = \frac{m_3 - m_1}{m_3 - m_2} \times 100 \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$WA = \frac{m_3 - m_1}{m_1} \times 100 \quad \dots\dots\dots(4)$$

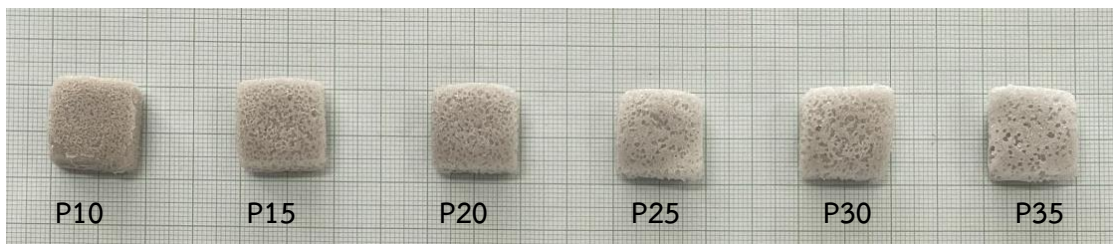
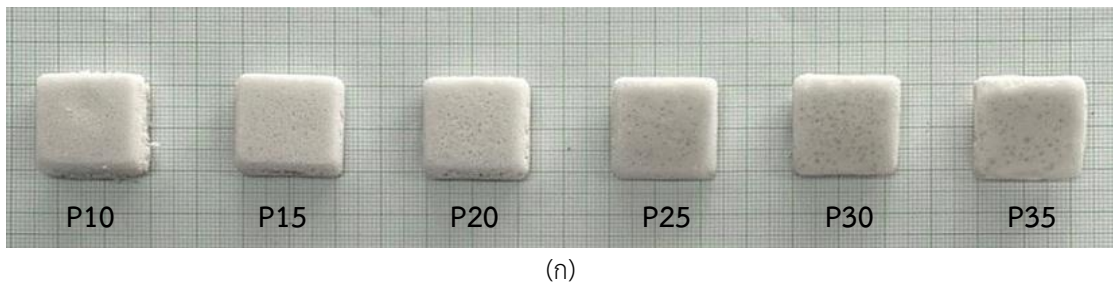
- ศึกษาลักษณะโครงสร้างทางจุลภาคกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscopy, SEM: JEOL, JSM-IT500HR)

- ศึกษาลักษณะการปลดปล่อยน้ำมันหอมระเหยมะกรูดและมะนาวของเซรามิกรูปพรุน โดยประยุกต์วิธีจากงานวิจัยของ Janatova et al. (2015) ที่ใช้วิธีหดยดน้ำมันหอมระเหยลงบนเซรามิกรูปพรุนและวัดค่าน้ำหนักที่ลดลงเมื่อเวลาผ่านไป โดยในงานวิจัยนี้จะหดยดน้ำมันหอมระเหยปริมาณ 0.3 g ลงในเซรามิกรูปพรุนและชั่งน้ำหนักทุกชั่วโมงเป็นเวลา 6 ชั่วโมง เทียบกับน้ำมันหอมระเหย 0.3 g ที่ไม่ได้หดยดลงในเซรามิกรูปพรุน จากนั้นคำนวณร้อยละการระเหยออกของน้ำมันหอมระเหย โดยเปรียบเทียบน้ำหนักของน้ำมันหอมระเหยที่ลดลงกับน้ำหนักน้ำมันหอมระเหยก่อนการทดลอง

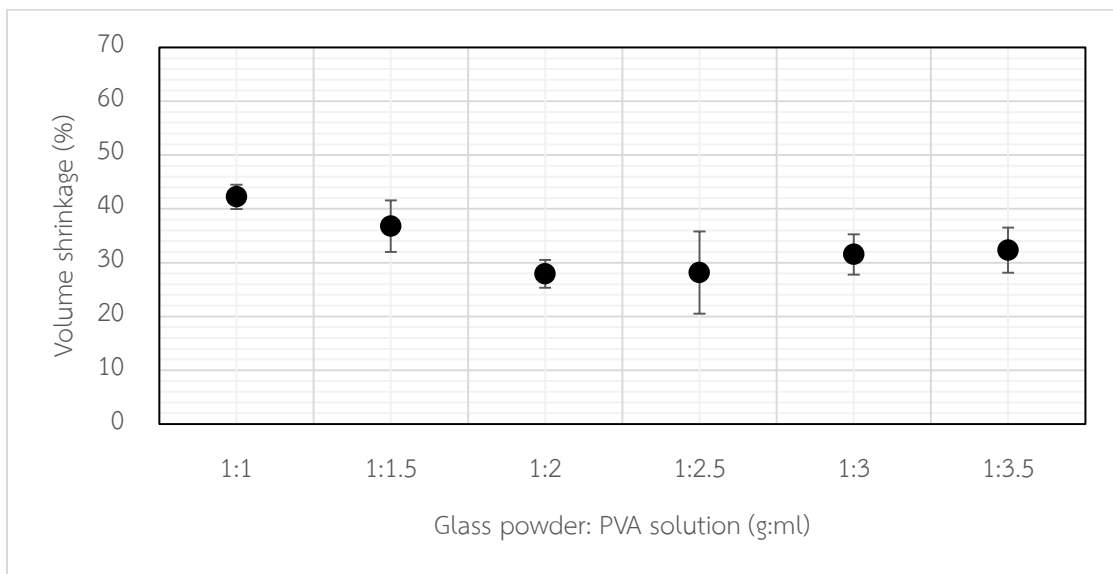
ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ลักษณะทางกายภาพของเซรามิกรูปพรุน

เซรามิกรูปพรุนที่ถูกเตรียมจากผงแก้วโซดาไลม์ผสมกับ 10 wt% สารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ในอัตราส่วน 1:1 1:1.5 1:2 1:2.5 1:3 และ 1:3.5 (g:ml) จะมีการกำหนดชื่อของสารตัวอย่างเป็น P10 P15 P20 P25 P30 และ P35 ตามลำดับ เทดลองไปในแม่พิมพ์ซิลิโคนขนาด 2.5 cm x 2.5 cm x 2 cm (กว้าง x ยาว x สูง) หลังอบให้แห้งแล้วขนาดชิ้นงานตัวอย่างมีการหดตัวเล็กกว่าแม่พิมพ์ซิลิโคน ลักษณะชิ้นงานหลังอบแสดงดังภาพที่ 2 (ก) เมื่อนำไปเผาที่อุณหภูมิ 700 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ลักษณะชิ้นงานหลังเผา แสดงในภาพที่ 2 (ข) จะหดตัวเล็กลงอีกครั้งและชิ้นงานหลังเผามีการกระจายตัวของรูพรุนเกิดขึ้นจากการหลุดออกของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์และน้ำ เมื่อพิจารณาการหดตัวของชิ้นงานหลังเผาเทียบกับขนาดของชิ้นงานก่อนเผา พบว่าชิ้นงานอัตราส่วน 1:1 (P10) จะมีการหดตัวสูงที่สุดประมาณ 42% จากนั้นการหดตัวจะลงเมื่อเพิ่มปริมาณสารละลายโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ จนถึงช่วงอัตราส่วน 1:2 ถึง 1:3.5 การหดตัวจะใกล้เคียงกันประมาณ 30% ดังภาพที่ 3



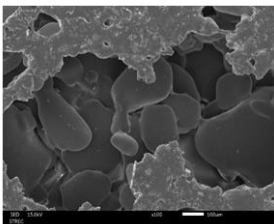
ภาพที่ 2 ชิ้นงานที่ขึ้นรูปโดยนำผงแก้วผสมกับสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ในอัตราส่วน 1:1 ถึง 1:3.5
(ก) ก่อนเผาและ (ข) หลังเผา ที่อุณหภูมิ 700 °C



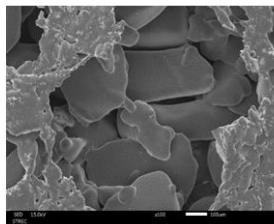
ภาพที่ 3 การหาค่าเชิงปริมาณของเซรามิกรูปทรงหลังเผาที่ได้จากผงแก้วผสมสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์
ที่อัตราส่วน 1:1 ถึง 1:3.5

2. ลักษณะโครงสร้างทางจุลภาค

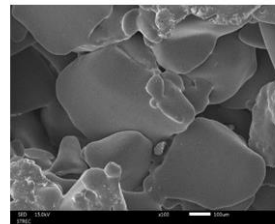
โครงสร้างทางจุลภาคของเซรามิกรูพรุนเงื่อนไขต่าง ๆ ถูกศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด กำลังขยาย 100 เท่า (100X) แสดงดังภาพที่ 4 พบว่ามีการกระจายตัวของรูพรุนในเนื้อเซรามิกทุกเงื่อนไขอย่างเห็นได้ชัด และรูพรุนของเซรามิกทุกเงื่อนไขมีลักษณะใกล้เคียงกัน รูพรุนมีรูปร่างไม่แน่นอน เนื่องจากเป็น รูพรุนจากการระเหยออกของสารที่เตรียมให้เป็นของเหลวในเบื้องต้น รูพรุนที่ได้เป็นรูพรุนประเภทแมคโครพอร์ส (Macroporous) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 50 μm



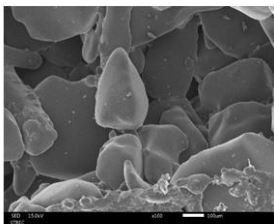
P10



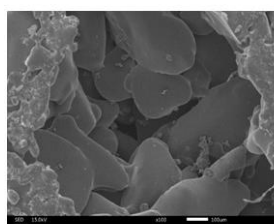
P15



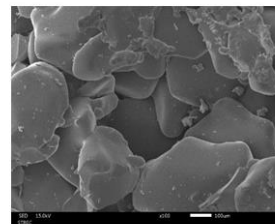
P20



P25



P30



P35

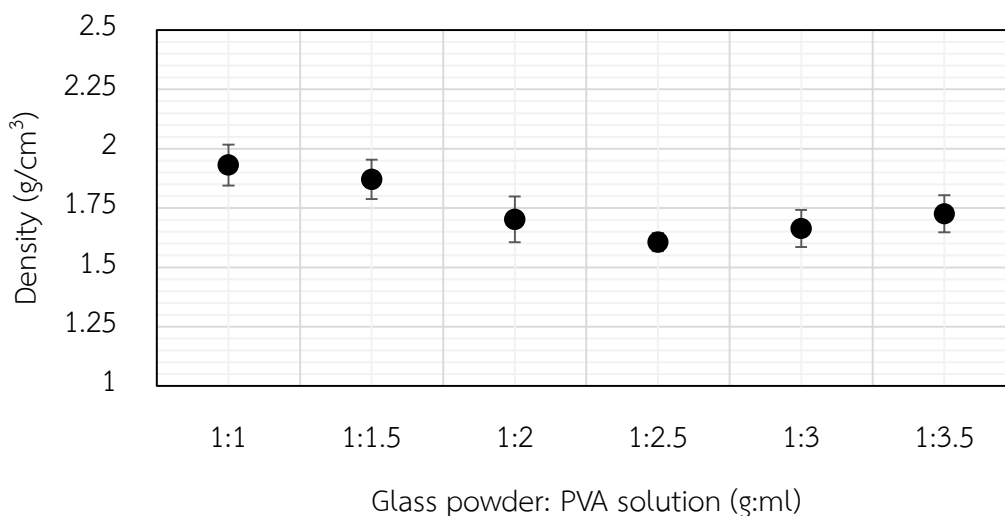
ภาพที่ 4 โครงสร้างทางจุลภาคของเซรามิกรูพรุนจากผงแก้วผสมสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์
อัตราส่วน 1:1 ถึง 1:3.5

3. ความหนาแน่น ความพรุนปรากฏ และการดูดซึมน้ำ

การศึกษาความหนาแน่นรวม ความพรุนปรากฏ และการดูดซึมน้ำ ของชิ้นงานเซรามิกรูพรุนหลังการเผาซินเตอร์ จะใช้วิธีการแช่ของอาร์คิมิดีส มาตรฐาน ASTM C20 (Archimedes immersion technique with ASTM C20 standard test methods) ทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง (28 °C) โดยใช้น้ำกลั่นไร้ประจุ (Deionized water) เป็นสารมาตรฐานในการแช่ชิ้นงาน เรียกวิธีการนี้ว่าเทคนิคการดูดซึมน้ำ (Water absorption) ผลการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

3.1 ความหนาแน่น

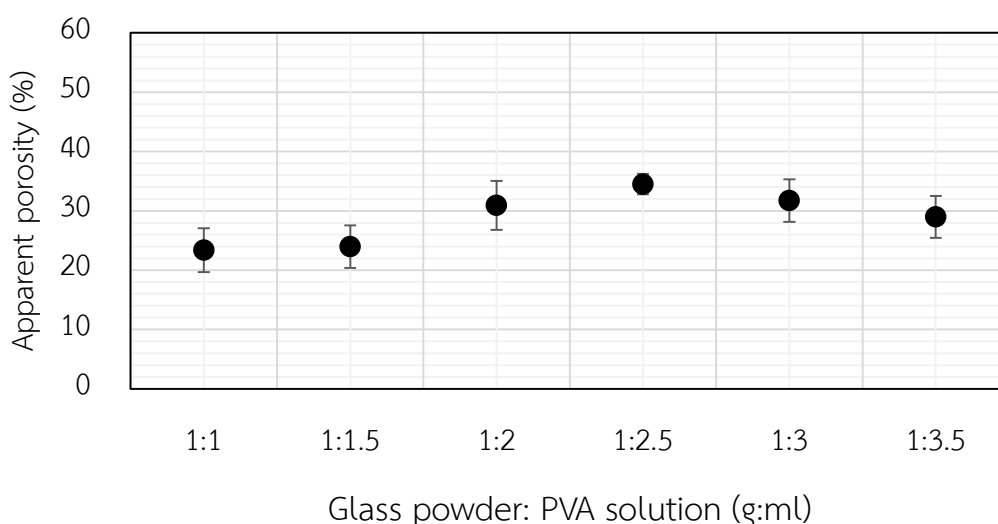
ความหนาแน่นของชิ้นงานเซรามิกรูพรุนมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ จนกระทั่งมีค่าต่ำที่สุดที่อัตราส่วน 1:2.5 หรือชิ้นงาน P25 มีค่าความหนาแน่นต่ำที่สุดเฉลี่ย 1.607 g/cm^3 จากนั้นค่าความหนาแน่นจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอีกครั้งหนึ่ง แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ค่าความหนาแน่นของเซรามิกที่พ่นที่ได้จากผงแก้วผสมสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์
ที่อัตราส่วน 1:1 ถึง 1:3.5

3.2 ความพรุนปรากฏ

ความพรุนปรากฏของชิ้นงานเซรามิกที่พ่น มีลักษณะดังภาพที่ 6 จากกราฟจะเห็นได้ว่าค่าความพรุนปรากฏของชิ้นงานเซรามิกที่พ่นมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ก่อนเผาขึ้นเตา จนกระทั่งถึง 1:2.5 หรือชิ้นงาน P25 มีความพรุนปรากฏสูงที่สุด โดยมีความพรุนเฉลี่ย เท่ากับ 34.50% จากนั้นค่าความพรุนปรากฏจะลดลงเมื่อเพิ่มสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ชิ้นงาน P25 จึงมีค่าความพรุนสูงที่สุด

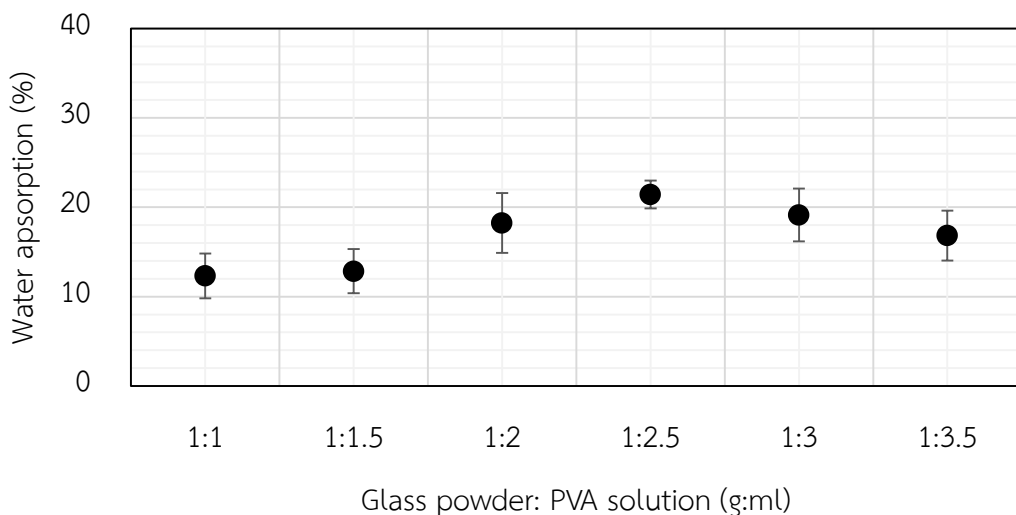


ภาพที่ 6 ค่าความพรุนปรากฏของเซรามิกที่พ่นที่ได้จากผงแก้วผสมสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์
ที่อัตราส่วน 1:1 ถึง 1:3.5

การหดตัวของเซรามิกกรุพูนเป็นผลจากการผืนึกกันของอนุภาคแก้วโซดาไลม์ในระหว่างเผาซินเตอร์ โดยแก้วโซดาไลม์เป็นแก้วที่มีองค์ประกอบของโซเดียม (Na) ซึ่งเป็นธาตุที่ทำหน้าที่เป็นฟลักซ์หรือสารช่วยหลอมที่ทำให้อุณหภูมิในการเผาซินเตอร์ต่ำลง เพราะเกิดกลไกของการเผาแบบมีเฟสของเหลว (Liquid phase sintering) ที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย (Guechi et al., 2004) การเคลื่อนย้ายของเฟสของเหลวไปตามรูพูนในระหว่างการเผาจึงส่งผลทำให้เซรามิกกรุพูนหลังเผามีการหดตัวค่อนข้างสูง เห็นได้จากชิ้นงานอัตราส่วน 1:1 (P10) จะมีการหดตัวสูงมากถึงประมาณ 42% ทั้งยังส่งผลทำให้ความหนาแน่นของชิ้นงานนี้สูงที่สุดและความพรุนต่ำที่สุดอีกด้วย ดังนั้นจึงได้มีการเพิ่มปริมาณสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการกระจายตัวของผงแก้วโซดาไลม์ให้มากขึ้น ซึ่งการเพิ่มปริมาณสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ส่งผลทำให้มีแนวโน้มของการหดตัวเชิงปริมาตรลดลง ความหนาแน่นลดลง และความพรุนปรากฏสูงขึ้น แต่เมื่อเพิ่มปริมาณสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์สูงกว่าอัตราส่วน 1:2.5 (P25) แนวโน้มการหดตัวเชิงปริมาตรกลับสูงขึ้น ความหนาแน่นสูงขึ้นและความพรุนปรากฏลดลงคาดว่าเป็นผลจากสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่มีมากเกินไปในระหว่างการขึ้นรูปทำให้เกิดการแยกชั้นของสารละลาย พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ส่วนหนึ่งที่ไม่ฝังแก้วโซดาไลม์กระจายอยู่ไปอยู่บริเวณด้านบนของชิ้นงานก่อนเผา เมื่อนำไปเผาก็สลายตัวไปโดยไม่มีส่วนทำให้เกิดรูพูนส่งผลทำให้การหดตัวของเซรามิกกรุพูนเริ่มคงที่ อีกทั้งน้ำหนักของชิ้นสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่แยกออกมานี้ยังไปกดทับผงแก้วโซดาไลม์ที่กระจายอยู่ด้านล่าง ทำให้การกระจายของผงแก้วโซดาไลม์ลดลง เซรามิกหลังเผาอัตราส่วน 1:3 (P30) และ 1:3.5 (P35) จึงมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ความพรุนปรากฏลดลง

3.3 ค่าการดูดซึมน้ำ

ค่าการดูดซึมน้ำของของชิ้นงานเซรามิกกรุพูนมีลักษณะดังภาพที่ 7 จากกราฟจะเห็นว่าแนวโน้มของค่าการดูดซึมน้ำสอดคล้องกับค่าความพรุนปรากฏ โดยในช่วงแรกค่าการดูดซึมน้ำจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ จนมีค่ามากที่สุดที่เงื่อนไข P25 เท่ากับ 21.43% จากนั้นค่าการดูดซึมน้ำจะลดลงจะเห็นว่าแนวโน้มของค่าความหนาแน่นของเซรามิกกรุพูนจะสวนทางกับค่าความพรุนปรากฏและค่าการดูดซึมน้ำ



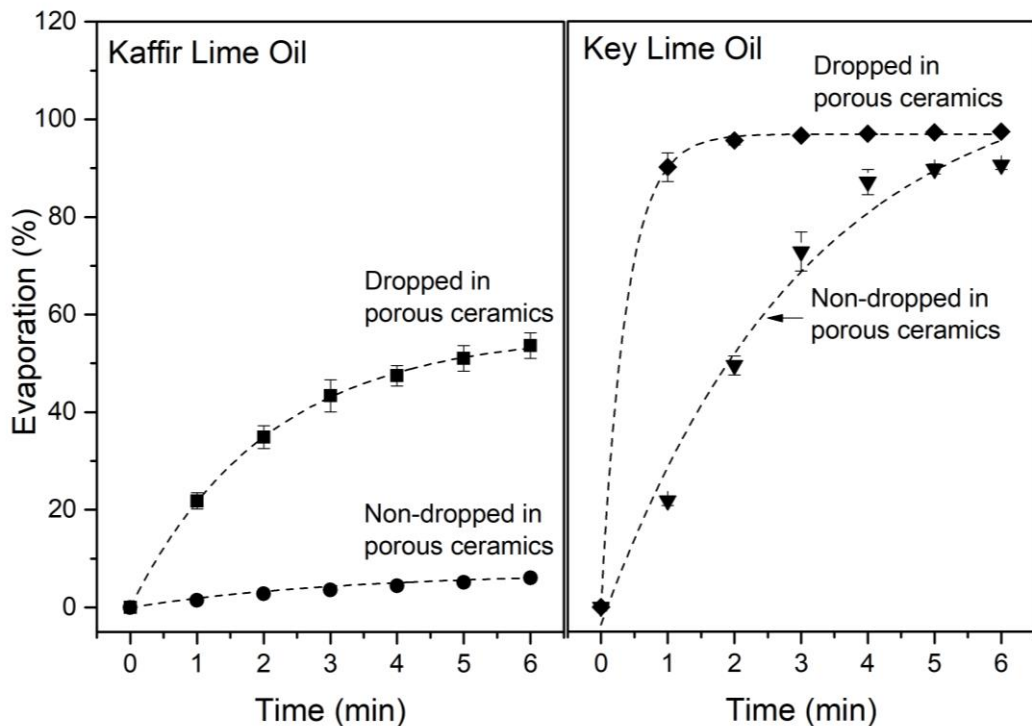
ภาพที่ 7 ค่าการดูดซึมน้ำของเซรามิกกรุพูนที่ได้จากผงแก้วผสมสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์
ที่อัตราส่วน 1:1 ถึง 1:3.5

เมื่อพิจารณาจากความหนาแน่น ค่าความพรุนปรากฏ และค่าการดูดซึมน้ำของเซรามิกรูปพรุนทุกเงื่อนไขร่วมกัน พบว่าเซรามิกรูปพรุนที่ดีที่สุดในการทดลองนี้ คือเซรามิกรูปพรุนที่ได้จากผงแก้วผสมสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่อัตราส่วน 1:2.5 (P25) เผาที่อุณหภูมิ 700 °C ซึ่งเป็นเซรามิกรูปพรุนที่มีค่าความพรุนสูงที่สุดสามารถดูดซึมของเหลวได้มากที่สุดซึ่งสามารถบรรจุน้ำมันหอมระเหยได้สูงที่สุด

4. ศึกษาการระเหยออกของน้ำมันหอมระเหยเซรามิกรูปพรุน

การศึกษากการระเหยออกของน้ำมันหอมระเหยจากเซรามิกรูปพรุนจะศึกษาโดยใช้น้ำมันหอมระเหย 2 ชนิด คือน้ำมันหอมระเหยมะกรูดและมะนาวทำโดยหยดน้ำมันหอมระเหยปริมาณ 0.3 g ลงในเซรามิกรูปพรุนและวัดค่าน้ำหนักที่ลดลงทุกชั่วโมงเป็นเวลา 6 ชั่วโมง เทียบกับน้ำมันหอมระเหย 0.3 g ที่ไม่ได้หยดลงในเซรามิกรูปพรุนค่าการระเหยของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกผิวมะกรูดและมะนาว แสดงดังภาพที่ 8

เมื่อเปรียบเทียบการระเหยของน้ำมันหอมระเหยจากผิวมะกรูดและมะนาวที่มิได้หยดลงในเซรามิกรูปพรุน พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากผิวมะกรูดจะมีอัตราการระเหยประมาณร้อยละ 0.97 ต่อชั่วโมง ซึ่งช้ากว่าน้ำมันหอมระเหยจากผิวมะนาวที่มีอัตราการระเหยประมาณร้อยละ 21.91 ต่อชั่วโมง ในช่วง 4 ชั่วโมงแรก จากนั้นอัตราการระเหยจะเริ่มคงที่เมื่อน้ำมันหอมระเหยระเหยออกไปแล้วประมาณ 90% ในขณะที่การระเหยของน้ำมันหอมระเหยที่หยดลงในเซรามิกรูปพรุนจะมีอัตราการระเหยสูงกว่าน้ำมันหอมระเหยที่มิได้หยดลงในเซรามิกรูปพรุน โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำมันหอมระเหยจากผิวมะนาวการระเหยสูงถึง 90% ในชั่วโมงแรก แสดงให้เห็นว่าการหยดน้ำมันหอมระเหยลงในเซรามิกรูปพรุน จะช่วยการกระจายกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยในบรรยากาศได้ดีขึ้น



ภาพที่ 8 การระเหยของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกผิวมะกรูด เมื่อหยด (□) และไม่หยด (●) ลงเซรามิกรูปพรุน และน้ำมันหอมระเหยจากผิวมะนาว เมื่อหยด (◆) และไม่หยด (□) ลงเซรามิกรูปพรุน

อัตราการระเหยของน้ำมันหอมระเหยจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีที่อยู่น้ำมันหอมระเหยชนิดนั้น ๆ จากการศึกษางานวิจัยของ Duanyai et al. (2020) ซึ่งศึกษาสมบัติของน้ำมันหอมระเหยของพืชสมุนไพรหลากหลายชนิดที่พบในอำเภอวังหิน จังหวัดศรีสะเกษ พบว่าน้ำมันหอมระเหยของผิวมะกรูดและมะนาวที่สกัดด้วยวิธีการกลั่นด้วยน้ำพบสารสำคัญดังนี้ สารสำคัญในน้ำมันผิวมะกรูด คือ เบต้าไพเนน (β -pinene) 25.92% ดีลิมอนีน (D-Limonene) 20.80% ซาบินีน (Sabinene) 16.84% และ ซิโตรเนลลัล (Citronellal) 13.56% สารสำคัญในน้ำมันผิวมะนาว คือ ดีลิมอนีน (D-Limonene) 58.01% เบต้าไพเนน (β -pinene) 17.78% พาราไซมินีน (p-cymenene) 10.27% และ ซาบินีน (Sabinene) 2.64% มีคุณสมบัติดังตารางที่ 1 เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีจะพบว่าน้ำหนักโมเลกุลโดยรวมของน้ำมันจากผิวมะกรูดมีค่าสูงกว่าน้ำมันจากผิวมะนาว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในน้ำมันผิวมะกรูดมีซิโตรเนลลัลจะมีน้ำหนักโมเลกุลสูงกว่าสารสำคัญชนิดอื่นๆ และจากเอกสารข้อมูลความปลอดภัยของสารเคมี (Material safety data sheet; MSDS) ยังระบุว่าซิโตรเนลลัลมีจุดเดือด 207 °C ซึ่งสูงกว่าสารสำคัญอื่นๆ ที่พบในน้ำมันหอมระเหยทั้ง 2 ชนิด จึงส่งผลให้การระเหยของน้ำมันจากผิวมะกรูดระเหยได้ช้ากว่าน้ำมันจากผิวมะนาว จะเห็นได้ว่าเซรามิกกรุพูนที่ผลิตขึ้นนี้สามารถนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เซรามิกสำหรับกักเก็บและกระจายกลิ่นสารระเหยจำพวกน้ำมันหอมระเหยหรือน้ำหอมเพื่อปรับอากาศได้

นอกจากนี้น้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดจะเหมาะกับเซรามิกกรุพูนที่มีความพรุนแตกต่างกัน โดยสามารถพิจารณาจากสารสำคัญที่พบในน้ำมันหอมระเหยที่เลือกใช้ว่ามีน้ำหนักโมเลกุลและจุดเดือดในระดับใด หากน้ำมันหอมระเหยนั้นมีองค์ประกอบของสารสำคัญที่น้ำหนักโมเลกุลต่ำหรือจุดเดือดต่ำ อาจจะเลือกเซรามิกกรุพูนที่มีความพรุนสูงที่สามารถกักเก็บน้ำมันหอมระเหยได้เป็นจำนวนมากเพื่อเพิ่มระยะเวลาในการระเหยของน้ำมันหอมระเหยนั้นให้สูงขึ้น แต่ถ้าน้ำมันหอมระเหยที่เลือกใช้มีน้ำหนักโมเลกุลสูงหรือจุดเดือดสูงซึ่งจะระเหยได้ช้า ก็สามารถเลือกใช้เซรามิกกรุพูนที่มีความพรุนต่ำกว่าที่สามารถกักเก็บน้ำมันหอมระเหยในปริมาณที่ต่ำกว่าได้

ตารางที่ 1 แสดงสูตรทางเคมี ปริมาณ และจุดเดือด ของสารสำคัญที่พบในน้ำมันหอมระเหยจากผิวมะกรูดและมะนาว (Duanyai et al., 2020)

ชนิดน้ำมันหอมระเหย	สารสำคัญ	สูตรทางเคมี	ปริมาณสารสำคัญ (%)	จุดเดือด (°C)
ผิวมะกรูด	β -pinene	$C_{10}H_{16}$	25.92	169 – 179 °C
	D-Limonene	$C_{10}H_{16}$	20.80	175 – 178 °C
	Sabinene	$C_{10}H_{16}$	16.84	163 – 164 °C
	Citronellal	$C_{10}H_{18}O$	13.56	207 °C
ผิวมะนาว	D-Limonene	$C_{10}H_{16}$	58.01	175 – 178 °C
	β -pinene	$C_{10}H_{16}$	17.78	169 – 179 °C
	p-cymenene	$C_{10}H_{12}$	10.27	176 °C
	Sabinene	$C_{10}H_{16}$	2.64	163 – 164 °C

สรุป

ขวดแก้วโซดาไลม์ที่เป็นขยะที่เหลือจากการบริโภคผลิตภัณฑ์จำพวกเครื่องดื่มประเภทต่าง ๆ ตามท้องตลาดทั่วไป สามารถนำไปผลิตเป็นเซรามิกกรุพูนได้ด้วยเทคนิคอย่างง่ายด้วยการนำไปบดให้ละเอียดผสมกับสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์ซิลิโคน เผาที่อุณหภูมิ 700 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ได้ เซรามิกกรุพูนเงื่อนไขที่ที่ดีที่สุดของงานวิจัยนี้คือ เซรามิกกรุพูนที่เตรียมจากอัตราส่วน 1:2.5 หรือชิ้นงาน P25 ได้ กรุพูนประเภทแมคโครพอร์ส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 50 μm ค่าความพรุนสูงที่สุด 34.50% และค่าการดูดซึมน้ำสูงที่สุด 21.429% ในขณะที่มีความหนาแน่นต่ำที่สุด 1.607 g/cm^3 เมื่อนำน้ำมันหอมระเหยบรรจุลงในเซรามิกกรุพูน ทำให้อัตราการระเหยของน้ำมันหอมระเหยสูงขึ้น ช่วยการกระจายกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยในบรรยากาศได้ดีขึ้นเมื่อเทียบกับน้ำมันหอมระเหยที่ไม่ได้หยดลงในเซรามิกกรุพูน จะเห็นได้ว่าเซรามิกกรุพูนที่ผลิตขึ้นนี้สามารถนำไปพัฒนาเป็นวัสดุกักเก็บและกระจายกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) และมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ที่พิจารณาอนุมัติทุนวิจัย งบประมาณด้านวิจัยและนวัตกรรม ประเภท Fundamental Fund ประจำปีงบประมาณ 2565 รหัสโครงการ 169914 ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Booppha, B., Eittsayeam, S., Pengpat, K., & Chantawannakul, P. (2010). Development of bioactive ceramics to control mite and microbial diseases in bee farms. **Advanced Materials Research, 93-94**, 553-557.
- Cruz-Valenzuela, M.R., Tapia-Rodríguez, M.R., Vazquez-Armenta, F.J., Silva-Espinoza, B.A., & Ayala-Zavala, J.F. (2016). Lime (*Citrus aurantifolia*) Oils. **Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety**, 531-537.
- Duanyai, S., Manok, S., & Rodpo, P. (2020). Antioxidant and Antimicrobial Activities of Essential Oil from Thai Herbs to Microorganisms Causing Dermatitis. **KKU Science Journal, 48(1)**, 76-85. (In Thai)
- Guechi, A., Achour, S., & Harabi, A. (2004). Effect of Temperature and Na_2CO_3 Additions on Sintering and Crystallisation of Anorthite. **Key Engineering Materials, 264**, 257-260.
- Janatova, A., Bernardos, A., Smid, J., Frankova, A., Lhotka, M., Kourimská, L., Pulkrabek, J., & Kloucek, P. (2015). Long-term antifungal activity of volatile essential oil components released from mesoporous silica materials. **Industrial Crops and Products, 67**, 216-220.
- Khawgrib, S., Chaiyanan, S., Chaiyanan, S., Niyomtoon, I., & Patampa, S. (2021). Impact of PM2.5 on Building Hygiene, A Case Study of Chanthaburi National Archives. **Phranakhon Rajabhat Research Journal (Science and Technology), 16(2)**, 34-44. (In Thai)

- Li, Y., Rong, L., & Li, Y. (2001). Pore characteristics of porous NiTi alloy fabricated by combustion synthesis. **Journal of Alloys and Compounds**, 325(1-2), 259–262.
- Mongkolkachit, C., & Sinjaroenlert, I. (2018). **Porous ceramic**. Retrieved from <https://www.mtec.or.th/post-knowledges/52223/> [2023, 4 Apr.]
- Monich, P. R., Romero, A. R., Höllen, D., & Bernardo, E. (2018). Porous glass-ceramics from alkali activation and sinter-crystallization of mixtures of waste glass and residues from plasma processing of municipal solid waste. **Journal of Cleaner Production**, 188, 871–878.
- Punsukmtana, L., Markhapattanasin, I., Bangluang, V. (2013). A physical properties study of porous ceramics for the development of the fragrance ceramic. **Bulletin of Applied Science**, 2(2), 9-16. (In Thai)
- Rungrojchaipon, P. (2011) Porous Materials?. **Journal of Science Ladkrabang**, 20(1), 60-69. (In Thai)
- Samadi, M., Abidin, Z. Z., Yunus, R., Awang Biak, D. R., Yoshida, H., & Lok, E. H. (2017). Assessing the kinetic model of hydro-distillation and chemical composition of *Aquilaria malaccensis* leaves essential oil. **Chinese Journal of Chemical Engineering**, 25(2), 216–222.
- Sopyan, I., Mel, M., Ramesh, S., & Khalid, K. A. (2007). Porous hydroxyapatite for artificial bone applications. **Science and Technology of Advanced Materials**, 8(1-2), 116–123.
- Thonglem, T. (2010). **Fabrication of porous bioactive glasses and glassceramics from non-silicate based glass system for artificial bone applications**. (master's dissertation). Chiang Mai University, Chiang Mai.
- Thonglem, S., Rujijanagul, G., Eitssayeam, S., Tunkasiri, T., & Pengpat, K. (2013). Effect of Camphor Addition on Mechanical Properties and Bioactivity of P_2O_5 -CaO- Na_2O Bioactive Glass. **Integrated Ferroelectrics**, 142(1), 135–143.

=====

ผลของผงดักด้งไหมอีรี่ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์บราวนี่

EFFECT OF ERI SILKWORM PUPA POWDER ON QUALITY CHANGES OF BROWNIES

อินทิรา ลิจันทรพร* นันทชนก นันทะไชย และ ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์

สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Intira Lichanporn*, Nanchanok Nanthachai and Palida Tunganurat

Division of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology,

Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thanyaburi, Pathumthani 12110

*E-mail: intira_l@rmutt.ac.th

Received: 10-05-2023

Revised: 14-06-2023

Accepted: 15-06-2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของผงดักด้งไหมอีรี่ต่อสมบัติทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และความชอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บราวนี่ โดยพบว่าผงดักด้งไหมอีรี่มีสีน้ำตาลอ่อนเป็นผงละเอียด วัดค่าสี L^* a^* และ b^* เท่ากับ 42.040 และ 5.32 ตามลำดับ มีปริมาณความชื้น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน โยอาหาร และเถ้าร้อยละ 5.20 0.025 72.77 16.51 4.75 และ 5.66 ตามลำดับ มีปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (water activity; aw) เท่ากับ 0.55 ส่วนสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 44.09 mg Trolox eq./g และ 8.41 mg Gallic eq./100g จากการนำผงดักด้งไหมอีรี่ไปทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บราวนี่ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้งพบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบโดยรวมในบราวนี่ที่ใช้ผงดักด้งไหมอีรี่ร้อยละ 10 มากที่สุดโดยมีค่า L^* a^* และ b^* เท่ากับ 39.47 0.85 และ 2.22 ตามลำดับ ส่วนเนื้อสัมผัส ค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 94.28 นิวตัน และองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ความชื้น เถ้า ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร โปรตีน ไขมัน และโยอาหารร้อยละ 31.82 16.92 1.14 0.87 10.29 32.73 และ 2.91 ตามลำดับ ส่วนปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 43.61 mg Trolox eq./g และ 3.02 mg Gallic eq./100g เมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน

คำสำคัญ: ดักด้งไหมอีรี่ สารต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด บราวนี่

ABSTRACT

This research aims to study the effect of Eri silkworm pupa powder on the physical properties, chemical composition, and sensory liking of brownies. It was found that Eri silkworm pupa powder had a light brown color and a fine powder consistency. The measured color values L^* , a^* , and b^* were 42, 0.40, and 5.32, respectively. Moisture, carbohydrate, protein, fat, crude fiber, and ash contents of Eri silkworm pupa powder were 5.20%, 0.025%, 72.77%, 16.51%, 4.75%, and 5.66% of the total, while water activity (a_w) was 0.55. The bioactive compounds, including antioxidants and phenolic compounds, were found to be 44.09 mg Trolox equivalent/g and 8.41 mg Gallic equivalent/100g, respectively. Eri silkworm pupa powder was incorporated into brownies, replacing wheat flour at 0, 10, 20, 30, and 40% of the starch weight. In sensory evaluations, the brownies containing 10% Eri silkworm pupa powder received the highest rating in overall preference, with L^* , a^* , and b^* values of 39.47, 0.85, and 2.22, respectively. The firmness was determined to be 94.28 N. The chemical composition of the product, in terms of carbohydrates, moisture, ash, free water content, protein, fat, and fiber, was found to be 31.82%, 16.92%, 1.14%, 0.87%, 10.29%, 32.73%, and 2.91%, respectively. After storage for 6 days, the brownies contained antioxidants and phenolic compounds equivalent to 43.61 mg Trolox eq./g and 3.02 mg Gallic eq./100g.

Keywords: Eri silk pupae, antioxidant, total phenolic content, brownie

บทนำ

บราวนีเป็นผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่นิยมรับประทานเป็นอาหารว่างได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากสะดวกต่อการบริโภค และได้รับอิทธิพลการบริโภคอาหารจากตะวันตก และจัดอยู่ในกลุ่มของคุกกี้ซึ่งมีเนื้อสัมผัสอยู่ระหว่างเค้กและคุกกี้ ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ส่วนใหญ่ให้พลังงาน ไขมัน และน้ำตาลสูง แต่ให้ใยอาหารน้อย ดังนั้นการบริโภคอาหารประเภทนี้บ่อย ๆ จึงเป็นสาเหตุของความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคอ้วน โรคไขมันอุดตันในหลอดเลือด และเบาหวาน (Jonjait et al., 2007) ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้สูงอายุชื่นชอบและนิยมรับประทานเนื่องจากรสชาติที่ถูกปาก มีลักษณะนิ่มและเคี้ยวกลืนได้ง่าย บริโภคเป็นอาหารหลักหรืออาหารว่างได้ อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ส่วนใหญ่ทำมาจากแป้งสาลีมีองค์ประกอบของกลูเตนที่ส่งผลให้ผู้บริโภคบางกลุ่มที่แพ้งลูเตนไม่สามารถรับประทานได้โดยผู้บริโภคกลุ่มนี้คิดเป็นร้อยละ 1 ของประชากรทั่วโลก ดังนั้นในหลายประเทศจึงหันมาให้ความสำคัญต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ปลอดจากกลูเตน (Gluten-free Foods) วางจำหน่ายมากขึ้น (Gallagher, 2009) บราวนีเป็นผลิตภัณฑ์เบเกอรี่อย่างหนึ่งที่รู้จักกันทั่วไปและรับประทานง่าย โดยมีลักษณะคล้ายเค้กช็อกโกแลตเข้มข้น แต่เนื้อแน่นกว่าเค้ก เพราะมีปริมาณผงฟูน้อย บราวนีนิยมอบในถาดแบนรูปสี่เหลี่ยมสูง 1 นิ้ว แล้วตัดแบ่งเป็นชิ้นลักษณะสี่เหลี่ยม อย่างไรก็ตามมีหลายงานวิจัยที่ศึกษาการทดแทนการใช้แป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บราวนีเพื่อเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภคที่แพ้งลูเตน และผู้สูงอายุที่ได้รับโปรตีนไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายเพราะเคี้ยวเนื้อสัตว์ได้น้อยลง ดังเช่นงานวิจัยของ Boonsean et al. (2021) ได้พัฒนาบราวนีจากถั่วสามสี โดยเลือกใช้เป็นตัวดำ:ถั่วขาว:ถั่วแดง ร้อยละ 50:25:25 (M1) 25:50:25 (M2) และ 25:25:50 (M3) ของปริมาณแป้งสาลี จากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสพบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบบราวนีอัตราส่วนสูตร M2 สูงสุด มีค่าคะแนน

ความชอบอยู่ในช่วง 6.8 - 7.5 (ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง) สำหรับบราวนี่ถั่วสามสีอัตราส่วนสูตร M2 นั้น มีค่าสี L^* a^* และ b^* เท่ากับ 6.75 2.24 และ 1.18 ตามลำดับ และปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ 0.75 บราวนี่จากถั่วสามสี มีปริมาณโปรตีน และใยอาหารเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 14.31 และ 67.72 ตามลำดับ และเมื่อทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ บราวนี่จากถั่วสามสีอัตราส่วนสูตร M2 กับผู้บริโภคนาน 100 คน พบว่าผู้บริโภคทั่วไปให้การยอมรับและตัดสินใจซื้อ ร้อยละ 88 อย่างไรก็ตามการใช้โปรตีนจากแหล่งอื่นโดยเฉพาะโปรตีนจากถั่วเหลืองที่มีรายงานวิจัยว่ามีโปรตีนสูง จึงเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับอาหารสำหรับผู้สูงอายุ

ถั่วเหลืองจากการเลี้ยงไหมอิตาลีเป็นอาชีพเสริมเพื่อสร้างรายได้ให้ครอบครัว มีการรวมกลุ่มของเกษตรกร เข้ารับการฝึกอบรมการเลี้ยงไหมอิตาลี การต้มลอกกาบ การย้อมสี การปั่นเส้นใย และได้ใช้ประสบการณ์และภูมิปัญญา ในแต่ละท้องถิ่นปรับปรุงวิธีการเลี้ยงเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดีขึ้น จังหวัดสระแก้วเป็นจังหวัดหนึ่งที่มีการเลี้ยงไหมอิตาลี โดยใช้ใบมันสำปะหลังเป็นอาหาร ประโยชน์ของไหมอิตาลี เช่น เส้นใยไหมใช้ทอเป็นเสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่ม ผ้าปูเตียง ผ้าปูโต๊ะ และทอเป็นพรม ตัวหนอนไหมและดักแด้เป็นอาหารของคนได้ มีปริมาณไขมันในดักแด้ในในระดับที่ปลอดภัย ต่อการบริโภคมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยพบว่าดักแด้มีโปรตีนสูงถึงร้อยละ 54 และมีไขมัน ร้อยละ 26 ซึ่งเป็น ไขมันดี ดักแด้ไหมอิตาลีมีเลขชี้ดัชนีการย่อยที่มีคุณสมบัติต่อต้านอนุมูลอิสระได้สูงมาก และเป็น emulsifier ที่ดี คือ ทำให้ emulsion มีความคงตัวสูง (Jintasataporn et al., 2001) นอกจากนั้นยังพบว่าดักแด้ไหมอิตาลีมีความมันและมีรสชาติ อร่อยถูกปากเกษตรกรและผู้คนที่บริโภค และยังมีคุณค่าทางอาหารสูง ตัวหนอนไหมและดักแด้สามารถพัฒนาเป็นอาหาร เลี้ยงสัตว์ได้เป็นอย่างดี เช่น เป็ด ไก่ หมู และปลา โดยเฉพาะหนอนไหมวัย 3 และ 4 ที่ถูกคัดทิ้งไหมอิตาลียังสามารถพัฒนา เป็นอาหารสำหรับปลา เพื่อวัตถุประสงค์อื่นๆ เช่น เเร่งสีในปลาประเภทปลาสวยงาม อย่างไรก็ตามการนำดักแด้ไหมอิตาลี มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ด้านเบเกอรี่ยังมีน้อยมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของผงดักแด้ไหมอิตาลี ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี และความชอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บราวนี่

วิธีการ

นำดักแด้ที่ได้หลังจากต้มรังไหม และนำตัวดักแด้มาอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 ชั่วโมง ความชื้นไม่เกินร้อยละ 5 จากนั้นนำตัวอย่างที่อบแห้งแล้วไปบดละเอียดด้วยเครื่องบดสมุนไพร และร่อนผ่านตะแกรง ขนาด 212 ไมครอน บรรจุในถุงปิดสนิทป้องกันอากาศ และความชื้น นำมาศึกษาทดลองในห้องปฏิบัติการ คณะเทคโนโลยี การเกษตร จากนั้นศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพ เคมี และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของดักแด้ไหมอิตาลีโดยนำตัวอย่าง ดักแด้ที่ผ่านการบดแล้วไปทดสอบคุณภาพทางกายภาพจำนวน 3 ซ้ำ ๆ ละ 30 กรัม นำไปวิเคราะห์ผลดังนี้ วัดค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี (รุ่น Color Reader CR-10 Plus, Osaka, Japan) แสดงค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีเขียว-แดง (a^*) และค่าสีน้ำเงิน-เหลือง (b^*) วัดความชื้นด้วยเครื่องวิเคราะห์ความชื้น (รุ่น DW-105 MW, Shanghai, China) วิเคราะห์หาสารประกอบหลัก (Proximate analysis) ได้แก่ ความชื้นด้วยวิธี hot air oven ไขมันด้วยวิธี Soxhlet โปรตีน ด้วยวิธี Kjeldahl method ใยอาหาร (Crude fiber) เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธี AOAC (2000) สารต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) (Iqbal et al., 2005) และปริมาณ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Pongpien, 2008)

ศึกษาผลของผงดักแด้ไหมอิตาลีต่อคุณสมบัติทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และความชอบทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์บราวนี่ โดยนำผงหนอนไหมอิตาลีไปทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บราวนี่ วางแผนการทดลองแบบสุ่ม อย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) มี 3 ซ้ำ แบ่งสิ่งทดลองเป็น 5 สิ่งทดลองดังนี้

ผงผักแต่ใหม่อีร์ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง ทำการผลิตบราวนีด้วยการชั่งวัตถุดิบดังนี้ แป้งเอนกประสงค์ (150 กรัม) ผงโกโก้ (25 กรัม) น้ำตาลทราย (120 กรัม) เกลือ (1.5 กรัม) ไข่ไก่ (150 กรัม) นมข้นจืด (45 กรัม) เนยสดละลาย (150 กรัม) กลิ่นวนิลา (1.5 กรัม) จากนั้นเตรียมร่อนแป้งเอนกประสงค์ผสมกับผงโกโก้ เกลือ น้ำตาลทรายให้เป็นเนื้อเดียวกันและพักไว้ เติมน้ำตาลทรายในส่วนผสมแป้งที่เตรียมพักไว้ใช้ไม้พายพลาสติกคนให้เนื้อเนียนเข้ากัน หลังจากนั้นเติมนมข้นจืดใช้พายคนตลอดเวลา เติมนเนยสดที่ละลาย กลิ่นวนิลา คนจนเข้ากันอีกครั้ง นำภาตสแตนเลสทาไขมันบุทึบด้วยกระดาษไขเพื่อป้องกันการติดของตัวผลิตภัณฑ์บราวนีกับภาชนะ จากนั้นนำส่วนผสมที่เตรียมไว้เทใส่ภาตสแตนเลสที่เตรียมไว้ อบบราวนีด้วยอุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 30 นาทีหรือจนบราวนีสุก นำบราวนีออกจากพิมพ์ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง และตัดเป็นชิ้นตามต้องการ บรรจุในถุงพอยด์ขนาด 7 x 7 เซนติเมตร เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน อ้างอิงตามงานวิจัยของ Chodnakarin et al. (2021) นำผลิตภัณฑ์บราวนีมาทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้การทดสอบความชอบ (hedonic test) แบบ 5 สเกล (คะแนน 1 = ไม่ชอบมาก และ คะแนน 5 = ชอบมาก) ในเรื่องสี กลิ่นรสปกติของบราวนี ความหวาน ความชุ่มชื้น ความแน่นเนื้อ และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบทั่วไปที่มีอายุ 40 ปีขึ้นไป จำนวน 30 คน เสริฟตัวอย่างละ 1 ชิ้น (วางในภาตพลาสติก) ตีตรัส 3 ตัว จัดตัวอย่างให้ผู้ทดสอบแบบสมดุล (Balance order) นำตัวอย่างบราวนีมาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี $L^* a^* b^*$ และความแน่นเนื้อ ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer รุ่น TA.XT plus ใช้ aluminum cylinder probe ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มม. เพื่อวัด firmness) ทดสอบคุณค่าทางโภชนาการ ทั้งองค์ประกอบทางเคมี และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพวันแรกและวันสุดท้ายดังนี้ คาร์โบไฮเดรต ความชื้น เถ้า ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน และปริมาณเส้นใยตามวิธีของ AOAC (2000) ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH (Iqbal et al., 2005) และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Pongpien, 2008)

การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยผงใหม่อีร์แทนแป้งสาลีที่ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 ในผลิตภัณฑ์บราวนีวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ส่วนการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบ Randomized Completed Block Design (RCBD) วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติโดย Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพ เคมี และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของผงผักแต่ใหม่อีร์ พบว่าผงผักแต่ใหม่อีร์มีสีน้ำตาลอ่อนเป็นผงละเอียด วัดค่าสี $L^* a^*$ และ b^* เท่ากับ 42.04 และ 5.32 ปริมาณความชื้นเมื่อวัดด้วยเครื่อง moisture analyzer และความชื้นด้วยวิธี hot air oven เท่ากับร้อยละ 5.02 และ 5.20 มีองค์ประกอบหลักได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน โยอาหาร และเถ้าร้อยละ 0.025 72.77 16.51 4.75 และ 5.66 ตามลำดับ มีค่า Water activity (a_w) เท่ากับ 0.55 ส่วนสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้แก่ สารต้านอนุมูลอิสระ และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 44.09 mg Trolox eq./g และ 8.41 mg Gallic eq./100g ดังตารางที่ 1 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงผงผักแต่ใหม่อีร์มีปริมาณโปรตีนและไขมันสูงถึงร้อยละ 72.77 และ 16.51 ซึ่งสูงกว่างานวิจัยของ Longvah et al. (2011) และ Nowak et al. (2016) ที่มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 49-54 ในขณะที่ Pratum Sri et al. (2009) ได้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของหนอนไหมอีร์ในรูปน้ำหนักแห้ง และโปรตีนไฮโดรไลเซต พบว่าหนอนไหมอีร์

มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 52.46 และไขมันร้อยละ 3.59 ไขมันที่สกัดได้จากหนอนไหมอีรี่เป็นกรดลิโนเลอิก (linoleic; 18:2 n-6) และกรดกลูทอโนเลอิก (linolenic; 18:3 n-3) (Jintasataporn et al., 2001)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางกายภาพ เคมี และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของดักแด้ไหมอีรี่

องค์ประกอบของดักแด้ไหมอีรี่	ปริมาณ
ค่าสี	
L*	42.00 + 1.61
a*	0.40 + 0.22
b*	5.32 + 0.77
ความชื้น ด้วยเครื่อง moisture analyzer (ร้อยละ)	5.02 + 0.20
ความชื้นด้วยวิธี hot air oven (ร้อยละ)	5.20 + 0.12
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	0.025 + 6.66
โปรตีน (ร้อยละ)	72.77 + 6.13
ไขมัน (ร้อยละ)	16.51 + 0.51
ใยอาหาร (ร้อยละ)	4.75 + 0.39
เถ้า (ร้อยละ)	5.66 + 3.86
Water activity (aw)	0.55 + 0.005
สารต้านอนุมูลอิสระ(mg Trolox eq./g)	44.09 + 0.26
สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (mg Gallic eq./100g)	8.41 + 0.43

จากการนำผงดักแด้ไหมอีรี่ไปทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บราวนี่ โดยใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้งมาผลิตบราวนี่ พบว่าจากการประเมินทางประสาทสัมผัสจากจำนวนผู้ทดสอบชิมทั้งหมด 30 คน ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบด้านสีไม่แตกต่างกันในบราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ทดแทนแป้งสาลี และให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นสูงในบราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 และ 10 รองลงมาคือบราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 20 และ 30 ส่วนบราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 40 มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นต่ำสุด (ตารางที่ 2) อีกทั้งผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบด้านรสชาติในบราวนี่ที่ใช้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 10 และ 20 มากกว่าบราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 30 และ 40 อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมผู้ทดสอบชิมให้คะแนนบราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่สูงไม่แตกต่างจากบราวนี่ที่ไม่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ อย่างไรก็ตามการใส่ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 30 และ 40 ส่งผลให้ผู้บริโภคให้คะแนนด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมน้อยสุดทั้งนี้ผงดักแด้ไหมอีรี่มีกลิ่นเฉพาะตัว เมื่อใช้ในปริมาณสูงจึงทำให้บราวนี่มีกลิ่นของผงดักแด้ไหมอีรี่ และเนื้อสัมผัสแตกต่างซึ่งสอดคล้องกับตารางที่ 4 แสดงปริมาณเนื้อสัมผัสของบราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 30 และ 40 มีค่าสูงกว่าบราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 10 และ 20 ดังนั้นจึงทำให้มีคะแนนด้านกลิ่น รส และเนื้อสัมผัสน้อย

ตารางที่ 2 การประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ทดแทนแป้งสาลี ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 วัน

Eri silkworm pupa powder (%)	Sensory liking (score)				
	Color ^{ns}	Odor [*]	Taste [*]	Texture [*]	Overall liking [*]
0	3.92 + 1.50	3.79 ^a + 1.23	3.68 ^a + 1.36	3.94 ^a + 1.70	4.02 ^a + 1.07
10	3.93 + 1.20	3.74 ^a + 1.11	3.63 ^a + 1.10	4.00 ^a + 1.20	3.94 ^a + 1.05
20	3.78 + 1.00	3.39 ^b + 1.35	3.52 ^{ab} + 1.20	3.46 ^b + 1.65	3.72 ^b + 1.10
30	3.50 + 1.25	3.37 ^b + 1.54	3.18 ^c + 1.84	3.46 ^b + 1.02	3.06 ^c + 1.28
40	3.56 + 1.30	2.79 ^c + 1.02	3.00 ^c + 1.04	3.07 ^c + 1.04	3.03 ^c + 1.60

หมายเหตุ : a-d ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p < 0.05$) และ ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p > 0.05$) คะแนนในตารางหมายถึง คะแนน 1= ไม่ชอบมาก และ คะแนน 5 = ชอบมาก

จากการนำผงดักแด้ไหมอีรี่ไปทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บราวนี่ โดยใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้งพบว่าค่า L^* ของผลิตภัณฑ์บราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 10 และ 40 มีค่า L^* มากที่สุดเท่ากับ 45.38 และ 46.55 ตามลำดับ ส่วนบราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 30 มีค่า L^* น้อยที่สุดเท่ากับ 32.90 ส่วนบราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 20 และ 30 มีค่า L^* เท่ากับ 36.10 38.53 และ 32.90 (ตารางที่ 3) เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์บราวนี่ 6 วัน พบว่าบราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 และ 30 มีค่า L^* เพิ่มขึ้น ในขณะที่บราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 10 20 และ 40 มีค่า L^* ลดลงจากวันแรก ค่าสี a^* เป็นลบ แสดงถึงสีแดง และ a^* เป็นบวก แสดงสีเขียว บราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 มีค่า a^* เท่ากับ -0.10 0.01 0.75 2.35 และ 1.94 เมื่อเก็บรักษาผ่านไป 6 วัน ค่า a^* มีค่าเพิ่มขึ้นในบราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 10 และ 20 ในขณะที่การเพิ่มผงดักแด้ไหมอีรี่ในบราวนี่ร้อยละ 30 และ 40 มีค่า a^* ลดลง ค่าสี b^* เป็นบวกแสดงสีเหลือง b^* เป็นลบแสดงสีน้ำเงิน บราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 มีค่า a^* เท่ากับ -0.25 0.08 0.65 1.92 และ 1.51 เมื่อเก็บรักษาผ่านไป 6 วัน ค่า a^* มีค่าเท่ากับ 1.34 2.22 1.80 1.32 และ 2.80 ในบราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผลิตภัณฑ์บราวนี่ใช้ช็อกโกแลตที่มีสีน้ำตาลเข้มเป็นองค์ประกอบ จึงทำให้บราวนี่ทุก สูตรมีสีน้ำตาลเข้มและมีการใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ทดแทนแป้งสาลีซึ่งผงดักแด้ไหมอีรี่เป็นวัตถุดิบที่มีสีน้ำตาล นอกจากนี้การที่บราวนี่ทุกสูตรมีสีน้ำตาลเข้มน่าจะเป็นผลร่วมของการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ ซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างกรดอะมิโนและน้ำตาลรีดิวซ์ที่เกิดขึ้น ระหว่างการอบบราวนี่โดยมีอุณหภูมิและค่าพีเอชเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Purlis, 2010) บราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 10 20 และ 40 มีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น เมื่อเก็บรักษาผ่านไป 6 วัน เนื้อสัมผัสมีค่าลดลง (ตารางที่ 4) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะโปรตีนกลูเตนมักพบมากในแป้งสาลีแต่ไม่พบในผงดักแด้ไหมอีรี่ ดังนั้นเมื่ออัตราส่วนของผงดักแด้ไหมอีรี่เพิ่มมากขึ้นในขณะที่ปริมาณแป้งสาลิลดลงทำให้ปริมาณกลูเตนลดลงส่งผลให้โครงสร้างของผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงน้อยลงจึงทำให้ค่าความแน่นเนื้อลดต่ำลง ซึ่งสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์โดนัทที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมนิล ที่มีค่าการคั้นตัว และค่าการเกาะตัวลดลงเมื่อระดับการทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมนิลเพิ่มมากขึ้น (Sirichokworakit et al., 2016) เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์บราวนี่ใช้แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่

ทดแทนแป้งสาลีมีค่าความแน่นเนื้อและค่าการคืนตัวของผลิตภัณฑ์บราวนี่ลดลงเมื่อปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่เพิ่มมากขึ้น (Sinchaipanit et al., 2017)

ตารางที่ 3 ลักษณะทางกายภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์บราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 วัน

Eri silkworm pupa powder (%)	Color					
	<i>L</i> *		<i>a</i> *		<i>b</i> *	
	Days after storage					
	0	6	0	6	0	6
0	36.10 ± 1.09 ^c	40.35 ± 0.33 ^a	-0.10 ± 0.10 ^c	0.32 ± 0.10 ^b	-0.25 ± 0.37 ^c	1.34 ± 0.63 ^c
10	45.38 ± 0.20 ^a	39.47 ± 1.44 ^a	0.01 ± 0.31 ^c	0.85 ± 0.58 ^{ab}	0.08 ± 0.09 ^c	2.22 ± 0.39 ^{ab}
20	38.53 ± 2.26 ^b	33.80 ± 3.75 ^b	0.75 ± 0.20 ^b	1.25 ± 0.94 ^{ab}	0.65 ± 0.14 ^b	1.80 ± 0.61 ^{bc}
30	32.90 ± 1.29 ^d	40.16 ± 0.65 ^a	2.35 ± 0.50 ^a	0.48 ± 0.27 ^b	1.92 ± 0.56 ^a	1.32 ± 0.20 ^c
40	46.55 ± 0.54 ^a	40.90 ± 0.81 ^a	1.94 ± 0.08 ^a	1.76 ± 0.24 ^a	1.51 ± 0.06 ^a	2.80 ± 0.19 ^a

หมายเหตุ : a-d ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

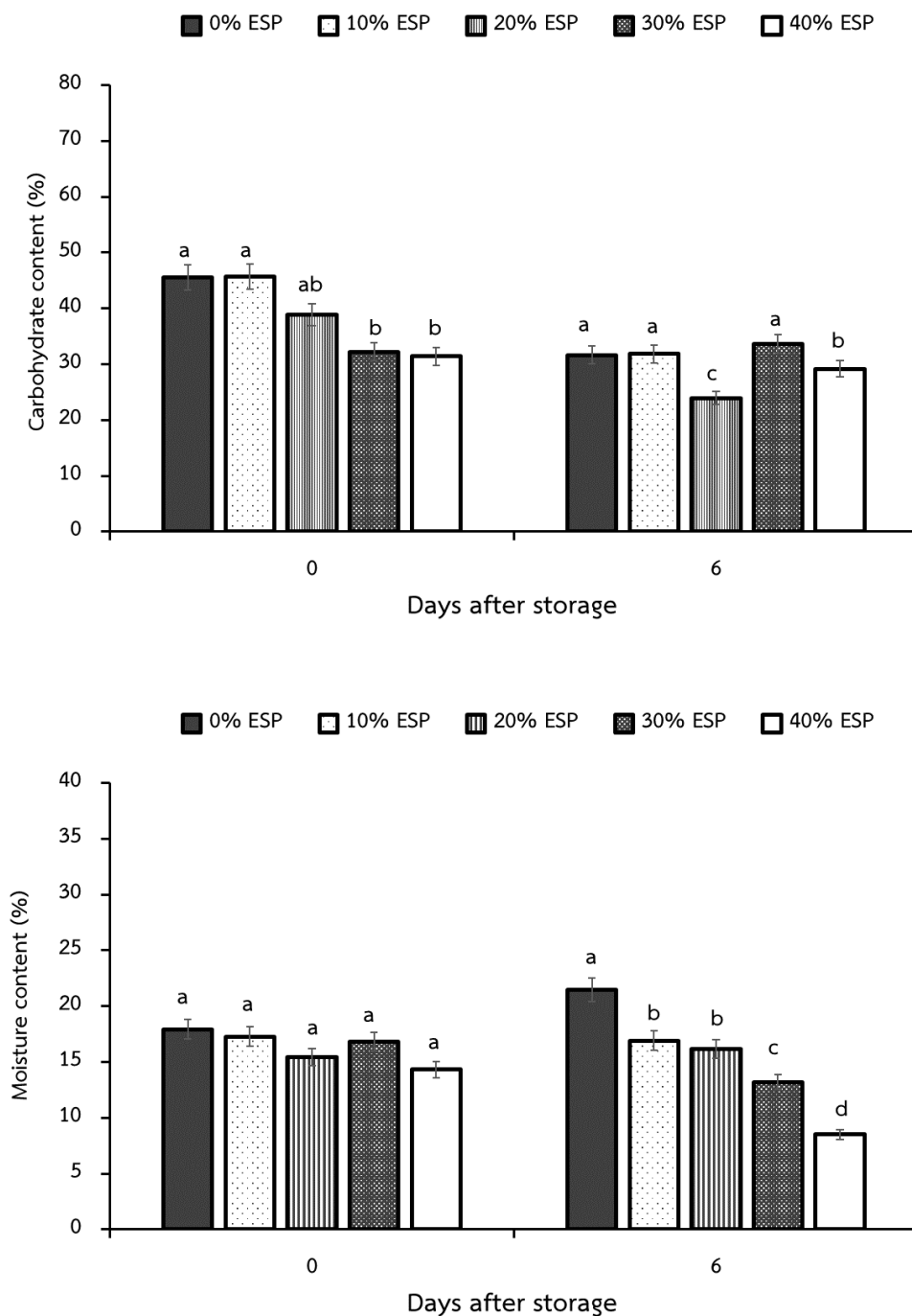
ตารางที่ 4 ลักษณะทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์บราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 วัน

Eri silkworm pupa powder (%)	Firmness (N)	
	Days after storage	
	0	6
0	86.55 ± 7.24 ^b	85.94 ± 3.63 ^b
10	95.00 ± 6.99 ^b	94.28 ± 17.40 ^b
20	94.14 ± 4.40 ^b	99.21 ± 5.23 ^b
30	128.56 ± 9.28 ^{ab}	124.89 ± 13.49 ^a
40	171.22 ± 54.44 ^a	105.90 ± 7.72 ^{ab}

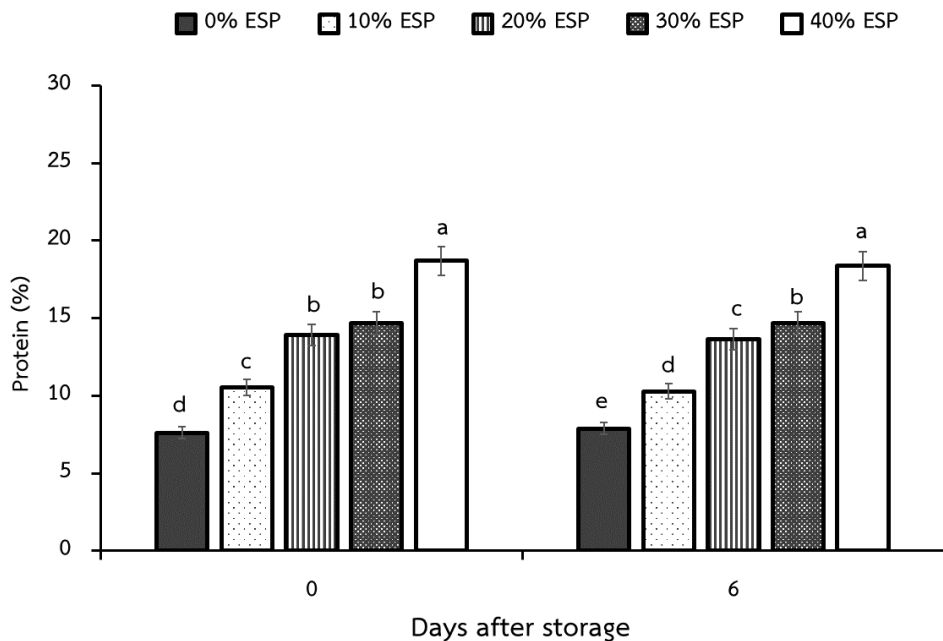
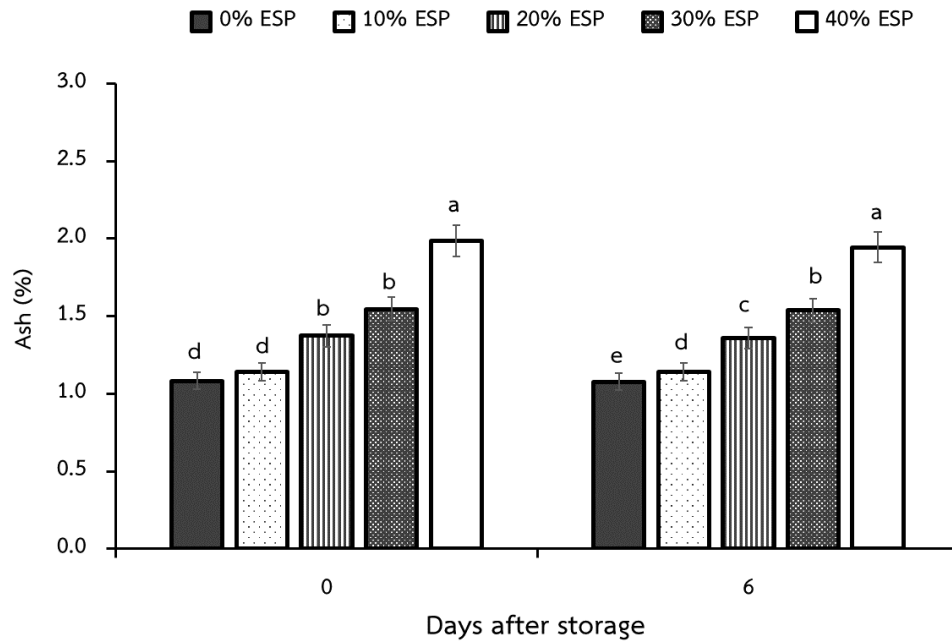
หมายเหตุ : a-d ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

เมื่อนำผลิตภัณฑ์บรววนีที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 10 20 และ 40 ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่ามีการโบไฮเดรตมีค่าลดลงเมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน เนื่องจากโปรตีนสามารถเกิดโครงสร้างเชิงซ้อนร่วมกัน ระหว่างอะมิโลสจากแป้งสาลีและโปรตีนจากแมลง (Amylose-protein complex) จึงอาจทำให้ปริมาณของคาร์โบไฮเดรตลดลงได้ (Fuengkajomfung, 2023) บรววนีที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 มีการโบไฮเดรตสูงที่สุดทั้งนี้เนื่องจากในสูตรมีปริมาณแป้งสาลีมากที่สุดจึงมีการโบไฮเดรตมากกว่าสูตรที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ทดแทนแป้งสาลี ปริมาณความชื้นที่ลดลงในบรววนีที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 40 ส่งผลต่อบรววนีที่มีลักษณะแตกร่วน (รูปที่ 1) เนื่องจากผงดักแด้ไหมอีรี่ที่ไปทดแทนแป้งสาลีทำให้ปริมาณกลูเตนในผลิตภัณฑ์ลดลงจึงมีความยืดหยุ่นน้อย ซึ่งกลูเตนมีลักษณะเป็นยางเหนียว ยืดหยุ่นได้อีกทั้งกลูเตนยังเป็นตัวเก็บก๊าซไว้ทำให้เกิดโครงสร้างที่จำเป็นของผลิตภัณฑ์และเป็นโครงสร้างแบบฟองน้ำเมื่อได้รับความร้อน (Jammek & Naivikul, 1982) จึงทำให้บรววนีแข็ง แน่น ไม่ยืดหยุ่น และแตกร่วนได้ บรววนีที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 40 มีปริมาณเถ้าสูงกว่าทุกสูตร และการเก็บรักษานาน 6 วัน ปริมาณเถ้ามีค่าใกล้เคียงกับวันแรก ทั้งนี้ผงดักแด้ไหมอีรี่ที่วิเคราะห์ได้มีเถ้าในปริมาณเท่ากับร้อยละ 5.66 จึงส่งผลให้เมื่อเพิ่มปริมาณผงดักแด้ไหมอีรี่ในผลิตภัณฑ์บรววนีจึงมีปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้นด้วย ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ในปริมาณเพิ่มขึ้น (รูปที่ 2) โดยบรววนีที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 40 มีโปรตีนมากที่สุดเนื่องจากมีรายงานว่าการสกัดโปรตีนจากดักแด้ไหมอีรี่มีปริมาณเท่ากับร้อยละ 59.40 (Sengupta et al., 1995; Sheikh et al., 2018) และในการทดลองนี้ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จากผงดักแด้ไหมอีรี่เท่ากับร้อยละ 72.77 ดังนั้นการทดแทนผงดักแด้ไหมอีรี่ในผลิตภัณฑ์บรววนีจึงไปเพิ่มปริมาณโปรตีนมากขึ้น

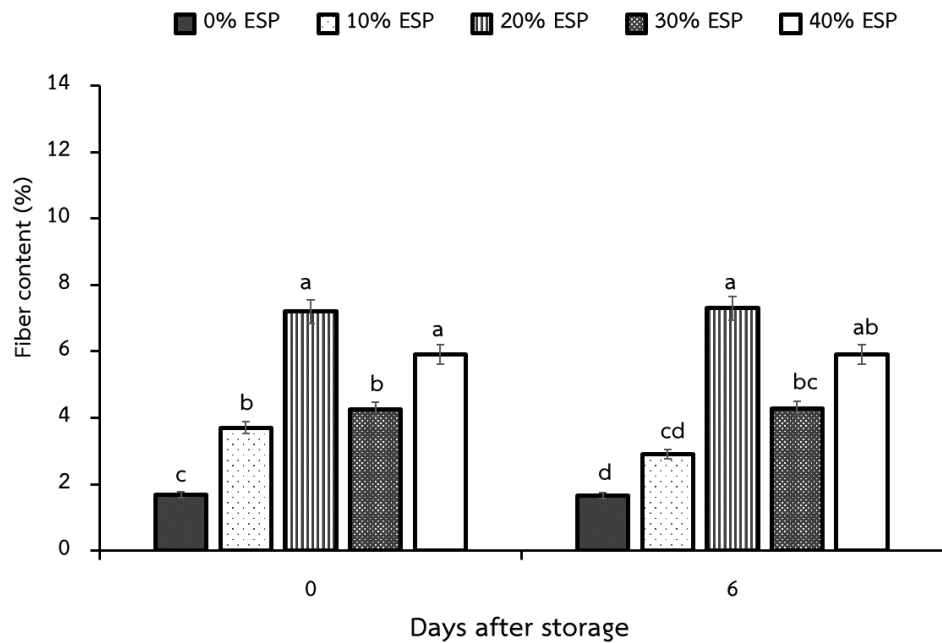
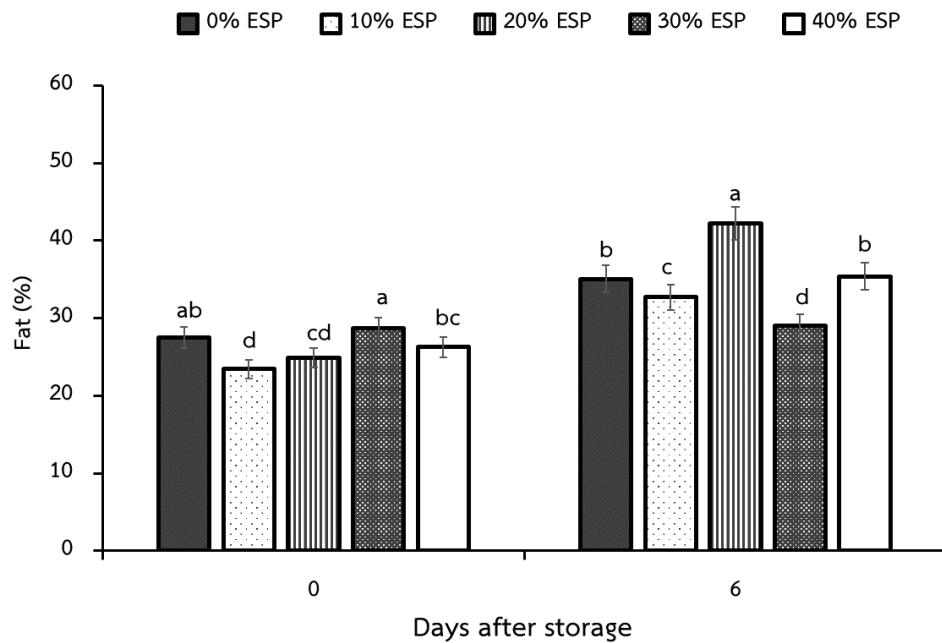
บรววนีที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 มีไขมันเท่ากับร้อยละ 27.47 23.45 24.87 28.66 และ 26.30 เมื่อเก็บรักษาผ่านไป 6 วัน ไขมันเพิ่มขึ้นจากวันแรกเท่ากับร้อยละ 35.04 32.73 42.23 29.07 และ 35.40 ในผลิตภัณฑ์บรววนีที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 ตามลำดับ ทั้งนี้ปริมาณไขมันในผงดักแด้ไหมอีรี่ในการทดลองนี้มีปริมาณเท่ากับร้อยละ 16.51 เมื่อนำทดแทนแป้งสาลีมีปริมาณไขมันเพิ่มขึ้น อาจมาจากส่วนผสมของบรววนีที่มีส่วนผสมของเนย นม และผงโกโก้ และไขมันที่พบในดักแด้ไหมอีรี่เป็นไขมันที่จำเป็น เช่น Palmitoleic acid (16:1, n-7) Elaidic acid (18:1, n-9) Dihomo- γ -linolenic acid, DGLA (20:3, n-6) Adrenic acid (22:4, n-6) และ Docosaheaxaenoic (22:6, n-3) เป็นต้น (Jintasataporn et al., 2001) จากรายงานของ Ekpo & Onigbinde (2005) พบว่าปริมาณไขมันร้อยละ 8.0-8.6 พบในหนอนไหมอีรี่พันธุ์ *Castor tapioca* ซึ่งเป็นวัยก่อนเข้าดักแด้ (prepupae) และวัยดักแด้ (pupae) มีน้อยกว่าในตัวอ่อนของ *Rhynchophorus phoenicis* (ร้อยละ 25) ปริมาณไขมันของหนอนไหมอีรี่ทั้ง 2 วัย เป็นแหล่งน้ำมันที่ดี (Rao, 1994) และยังพบว่าหนอนผีเสื้อที่กินได้ 23 ชนิดใน Zaire ให้พลังงานมากถึง 1923 kJ/100 g (Malaisse และ Parent, 1980) บรววนีที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 มีเส้นใยอาหารเพิ่มขึ้น เท่ากับร้อยละ 1.69 3.71 7.20 4.26 และ 5.91 ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาผ่านไป 6 วัน เส้นใยอาหารเท่ากับร้อยละ 1.66 2.91 7.30 4.29 และ 5.91 ตามลำดับ ในบรววนีที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 ตามลำดับ การทดแทนผงดักแด้ไหมอีรี่ในบรววนีส่งผลให้มีปริมาณใยอาหารเพิ่มขึ้นตามปริมาณที่ผงดักแด้ไหมอีรี่ที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากผงดักแด้ไหมอีรี่ในการทดลองนี้มีใยอาหารเท่ากับร้อยละ 4.75 ซึ่งใกล้เคียงกับการทดลองของ Longvah et al. (2011) ที่พบใยอาหารในดักแด้อบแห้งเท่ากับร้อยละ 3.45-3.62 (รูปที่ 3)



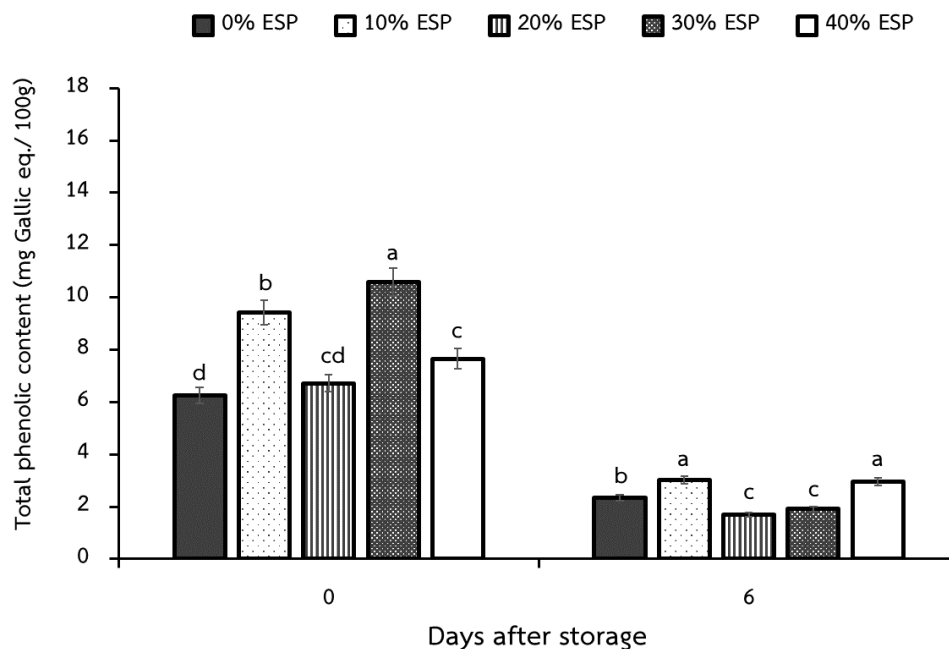
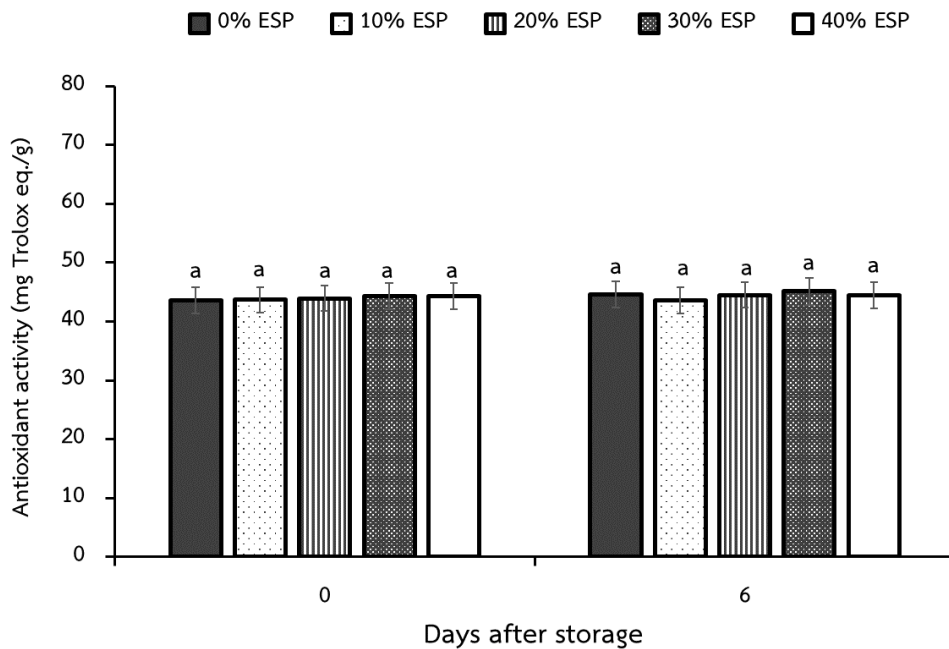
รูปที่ 1 คาร์โบไฮเดรตและความชื้นของผลิตภัณฑ์บราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรีทดแทนแป้งสาลี ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 วัน ตัวอักษรอังกฤษกำกับต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตัวอักษรตัวเดียวกันในแต่ละคอลัมน์ในวันเดียวกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 2 ปริมาณเถ้า และโปรตีน ของผลิตภัณฑ์บราวนี่ที่ใช้ผงดักแด่ไหมอีรีทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 วัน ตัวอักษรอังกฤษกำกับต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



รูปที่ 3 ปริมาณไขมัน และใยอาหารของผลิตภัณฑ์บราวนี่ที่ใช้ผงดักแด่ไหมอีรี
ทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 วัน
ตัวอักษรอังกฤษกำกับต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



รูปที่ 4 สารต้านอนุมูลอิสระ และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของผลิตภัณฑ์บราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ใหม่
อัตราทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 วัน
ตัวอักษรอังกฤษกำกับต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตัวอักษรตัวเดียวกัน
ในแต่ละคอลัมน์ในวันเดียวกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

บรวานีที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 43.61 43.69 43.94 44.29 และ 44.31 mg Trolox eq./g ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาผ่านไป 6 วัน ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 44.55 43.61 44.53 45.12 และ 44.51 mg Gallic eq./100g ในบรวานีที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 ตามลำดับ บรวานีที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 มีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 6.25 9.43 6.72 10.59 และ 7.65 mg Gallic eq./100g เมื่อเก็บรักษาผ่านไป 6 วัน สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลงเท่ากับ 2.34 3.02 1.69 1.91 และ 2.96 mg Gallic eq./100g ในบรวานีที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 ตามลำดับ (รูปที่ 4) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระพบในไหมเชริชินที่สกัด (SSE) จากหนอนไหมหม่อนไทย (*Bombyx mori*) และหนอนไหมที่ไม่ใช่หม่อน (*Samia ricini*) SSE จากทุกสายพันธุ์พบว่า มีสารประกอบฟลาโวนอยด์เป็นหลัก ได้แก่ (+)-catechin (20.63–145.64 mg/100 g), quercetin (7.89–35.95 mg/100 g) และ (-)-epicatechin (3.36–44.19 mg/100 g) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของ SSE มีค่า EC_{50} ต่ำ (0.96 mg/ml) ความเข้มข้นของ SSE ที่มี DPPH ลดลงร้อยละ 50 บ่งบอกถึงกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระสูง ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของ SSE มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับกิจกรรมการกำจัดของ DPPH และ ABTS (Butkhup et al., 2012) จากการทดลองเมื่อเก็บรักษาบรวานีผ่านไป 6 วัน ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลงอาจขึ้นอยู่กับชนิดของสารฟีนอลิกในตัวของผลิตภัณฑ์ (Ploenchit, 2012) นอกจากนี้สารประกอบฟีนอลิกที่อยู่ภายในเซลล์มีทั้งรูปแบบอิสระ (free form) ซึ่งสามารถละลายน้ำได้และแบบไม่อิสระ (bound form) ซึ่งไม่ละลายน้ำ เนื่องจากการสร้างพันธะกับสารประกอบอื่น โดยมากมักจะรวมอยู่กับโมเลกุลของน้ำตาลในรูปของสารประกอบไกลโคไซด์ หรือรวมตัวกับสารประกอบฟีนอลิกด้วยกันเองหรือกับสารประกอบอื่น ๆ เช่น กรดอินทรีย์ กรดอะมิโน แอลคาลอยด์ ลิพิด และเทอร์ปีนอยด์ เป็นต้น (Anson et al., 2009) ดังนั้นในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์บรวานีสารประกอบฟีนอลิกอาจอยู่ในรูปไม่อิสระซึ่งอาจสร้างพันธะกับโมเลกุลของน้ำตาลหรือกรดอะมิโนจึงสามารถทำให้เกิดการสูญเสียปริมาณสารประกอบฟีนอลิกได้

สรุป

การใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ทดแทนแป้งสาลีในบรวานีในระดับที่สูงขึ้นส่งผลให้คุณภาพด้านสี เนื้อสัมผัส แตกกร่อน มีกลิ่นเฉพาะตัวของดักแด้ไหมอีรี่ อย่างไรก็ตามบรวานีที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 10 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมซึ่งมีค่า L^* a^* และ b^* เท่ากับ 39.47 0.85 และ 2.22 ตามลำดับ ส่วนเนื้อสัมผัสเท่ากับ 94.28 นิวตัน และองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ความชื้น เถ้า ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร โปรตีน ไขมัน และใยอาหารร้อยละ 31.82 16.92 1.14 0.87 10.29 32.73 และ 2.91 ส่วนปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 43.61 mg Trolox eq./g และ 3.02 mg Gallic eq./100g เมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน ดังนั้นผงดักแด้ไหมอีรี่จึงเป็นแหล่งของโปรตีน และสามารถนำไปพัฒนาเป็นส่วนประกอบของอาหารประเภทอื่น ๆ ได้อีก

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากทุนอุดหนุนการวิจัย และนวัตกรรมจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีงบประมาณ 2565 และขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ได้สนับสนุนเครื่องมือ อุปกรณ์ในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Anson, N.M., van den Berg, R., Havenaar, R., Bast, A., & Haenen, G.R.M.M. (2009). Bioavailability of ferulic acid is determined by its bioaccessibility. **Journal of Cereal Science**, **49**, 296-300.
- AOAC. (2000). Official Methods of Analysis. 17th Edition, The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA. Methods 925.10, 65.17, 974.24, 992.16.
- Attatham, T. (2021). Erie silk road to green Industry promotion. **Research Community**, **93**, 9.
- Boonsean, S., Boonbai, N., Poonyim, S., Sirisubjareon, A., Ngamnikom, P., & Surin, S. (2021). Development of Healthy Brownie from Three Colored Beans. **Research Journal Rajamangala University of Technology Thanyaburi**, **20**(1), 30–39.
- Butkhup, L., Jeenphakdee, M., Jorjong, S., Samappito, S., Samappito, W., & Butimal, J. (2012). Phenolic composition and antioxidant activity of Thai and Eri silk sericins. **Food Science and Biotechnology**, **21**, 10.1007/s10068-012-0050-0.
- Chodnakarin, A., Phugan, P., Inkert, S., Sam-ang, P., & Jansukon, E. (2021). Effects of wheat flour substitution with Hom Nin broken rice flour on quality changes of brownie. **Christian University Journal**, **27**(1), 84–96.
- Ekpo, K.E., & Onigbinde, A.O. (2005). Nutritional potentials of the larvae of *Rhynchophorus phoenicis*. **Pakistan Journal of Nutrition**, **4**, 287–290.
- Fuengkajomfung, N. (2023). Effect of various colored rice flours on the quality of cricket protein powder fortified chiffon cake. **Christian University Journal**, **29**(1), 68-79.
- Gallagher, E. (2009). **Gluten-Free Food Science and Technology** (1st ed.). Oxford: Wiley-Blackwel.
- Iqbal, S., Bhangar, M.I., & Anwar, F. (2005). Antioxidant properties and components of some commercially available varieties of rice bran in Pakistan. **Food Chemistry**, **93**(2), 265–272.
- Jammek, J., & Naivikul, A. (1982). **Introduction to Bakery Technology**. (2nd ed.). Kasetsart University. Faculty of Agro-Industry.
- Jintasataporn, O., Tabthipwon, P., & Ohshima, Y. (2001). Chemical composition, lipid class and fatty acid composition of Eri Silkworm (*Philosamia ricini* Bois). **Proceeding of The JSPS 70th International commemorative symposium** (pp. 1637–1638). Tokyo, Japan.
- Jonjaitet, N., Yinglerrattanukul, P., Phammuang, P. & Phungphan, W. (2007). **Trans fat content in baked and fried foods** (Research Report). Bangkok: Division of Nutrition, Department of Health, Ministry of Public Health.
- Longvah, T., Mangthya, K., & Ramulu, P. (2011). Nutrient composition and protein quality evaluation of eri silkworm (*Samia ricinii*) prepupae and pupae. **Food Chemistry**, **128**, 400–403.
- Malaisse, F., & Parent, G. (1980). Les chemilles comestibles du shaba meridional (Zaire). **Naturalistes Beges**, **61**, 2–24.

- Nowak, V., Persijn, D., Rittenschober, D., & Charrondiere, U. R. (2016). Review of food composition data for edible insects. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.114> [2023, 12 Jan.]
- Ploenchit, J. (2012). **Stability of phenolic-acids in subcritical water** (Research report). Nakronprathom: Silpakorn University.
- Pongpien, W. (2008). **The study of the properties of antioxidants and all phenolic compounds in the hatch** (Master's thesis). Phetchabun: Phetchabun Rajabhat University.
- Pratumsri, N., Tabtipwan, P., Jintastaporn, O., & Srisaporn, P. (2009). Use of protein hydrolysate from Erie silkworm. (*Philosamia ricini*, Boisd) substitutes fishmeal in hybrid catfish feed (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*). 47th: Fisheries. *Kasetsart University Academic Conference* (pp. 154–161). Thailand Research Fund.
- Purlis, E. (2010). Browning development in bakery products. **Journal of Food Engineering**, 99(3), 239-249.
- Rao, P.U. (1994). Chemical composition and nutritional evaluation of spent silkworm pupae. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 42, 2201–2203.
- Sengupta, S., Choudhury, K., Bhattacharya, I. K., & Choudhury S.K. (1995). Effect of feeding muga silk worm pupae waste as a substitute of fishmeal in broiler ration. **Indian Journal of Animal Sciences**, 65(7), 827–829,
- Sheikh, I.U., Bandy, M.T., Baba, I.A., Adil, S., Shaista, S., Nissa, Bushra Zaffer & KH Bul, K.H. (2018). Utilization of silkworm pupae meal as an alternative source of protein in the diet of livestock and poultry: A review. **Journal of Entomology and Zoological studies**, 6(4),1010–1016.
- Sinchaipanit, P., Budpong, K., Disnil, S., & Twichatwitayakul, R. (2017). Influences of rice berry flour as a wheat flour substitute in brownie: textural and quality attributes. **SDU Research Journal Humanities and Social Sciences**, 10(2), 69-80.
- Sirichokworakit, S., Intasen, P., & Angkawut, C. (2016). Quality of donut supplemented with Hom Nin rice flour. **International Scholarly and Scientific Research & Innovation**, 10(7), 443-446.
- =====

การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์แชมพูและโลชั่นที่มีส่วนผสมของน้ำมันเมล็ดเงาะ

SHAMPOO AND LOTION DEVELOPMENT CONTAINING RAMBUTAN SEED OIL

พนิดา แสนประกอบ* ฉัตรทริกา เวียงแก้ว และ เปรมฤดี อินทนะ
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
กรุงเทพมหานคร 10220

Panida Saenprakob*, Chattarika Wiangkaew and Premruedee Intana
Cosmetic Science Department, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Rajabhat University
Bangkok 10220

*E-mail: panida@pnru.ac.th

Received: 31-05-2023

Revised: 16-06-2023

Accepted: 19-06-2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาสูตรแชมพูและโลชั่นที่มีส่วนผสมของน้ำมันเมล็ดเงาะ 2) ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพเคมีและทดสอบความคงตัวผลิตภัณฑ์แชมพูและโลชั่น เมล็ดเงาะถูกนำมาบดละเอียดและสกัดด้วยวิธีแช่หมักกับปิโตรเลียมอีเทอร์ จากนั้นระเหยตัวทำละลายออกแล้วนำน้ำมันมาใช้ในการตำรับสูตร การพัฒนาสูตรแชมพูและโลชั่นทั้งสองสูตรจะใช้อัตราส่วนของน้ำมัน 1.00 - 2.50% ทุกสูตรถูกนำไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพเคมีและความคงตัว พบว่า อัตราส่วนของน้ำมันเมล็ดเงาะ 2.50% มีความเหมาะสมในสูตรแชมพู และ 2.00% มีความเหมาะสมในสูตรโลชั่น เนื่องจากทั้งผลิตภัณฑ์แชมพูและโลชั่นไม่เกิดการแยกชั้น จากการทดสอบด้วยเครื่อง pH meter พบว่าค่า pH ของแชมพูเท่ากับ 4.36 ± 0.02 - 5.08 ± 0.06 และโลชั่นเท่ากับ 4.92 ± 0.01 - 5.03 ± 0.08 ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมกับสภาพผิวหนังและเส้นผม นอกจากนี้แชมพูยังมีความหนืดระหว่าง $1,103.33 \pm 13.65$ - $1,576.56 \pm 7.12$ cP และโลชั่นมีความหนืดระหว่าง $2,245 \pm 32.34$ - $2,978.02 \pm 13.43$ cP ซึ่งทำให้การไหลของผลิตภัณฑ์สะดวกกับการใช้งาน ข้อมูลเหล่านี้จะช่วยสนับสนุนและเพิ่มมูลค่าให้กับเมล็ดเงาะที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งในโรงงานอุตสาหกรรมเงาะแปรรูปและยังเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่มีส่วนผสมจากธรรมชาติอีกด้วย

คำสำคัญ: เมล็ดเงาะ โลชั่น แชมพู เครื่องสำอาง

ABSTRACT

The purposes of this research were to 1) develop a shampoo and lotion formula containing rambutan seed oil, 2) study the physico-chemical properties and test the stability of shampoo and lotion products. Rambutan seeds were ground and extracted by maceration with petroleum

ether and then solvent was evaporated. The resulting oil was used in the shampoo and lotion formulas. The oil ratio of 1.00 - 2.50% was used in shampoo and lotion formula development. All formulas were tested for physical, chemical and stability properties. It was found that the ratio of rambutan seed oil of 2.50% was appropriate in the shampoo formula and 2.00% was appropriate in the lotion formula, because both shampoo and lotion products did not separate. Shampoo pH Range 4.36 ± 0.02 - 5.08 ± 0.06 and lotion 4.92 ± 0.01 - 5.03 ± 0.08 , which was suitable for skin and hair condition. In addition, the viscosity $1,103.33 \pm 13.65$ - $1,576.56 \pm 7.12$ cP for shampoo and $2,245 \pm 32.34$ - $2,978.02 \pm 13.43$ cP for lotion is a convenient flow range for use. These data will support and value added for rambutan seed, a waste material in the rambutan processing industry, and also to develop cosmetic products with natural ingredients.

Keywords: Rambutan seed, Lotion, Shampoo and Cosmetics

บทนำ

เงาะเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยชนิดหนึ่ง เนื่องจากมีรสชาติดี มีรูปร่างและสีสันทนแปลกตา เป็นไม้ผลเมืองร้อน มีถิ่นกำเนิดในประเทศอินโดนีเซีย และมาเลเซีย โดยทั่วไปเงาะเป็นไม้ผลที่เจริญเติบโตได้ดีในบริเวณที่มีความชื้นค่อนข้างสูง จึงนิยมปลูกในบริเวณภาคตะวันออกและภาคใต้ของประเทศไทย ปัจจุบันไทยปลูกเงาะ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ เงาะโรงเรียน เงาะพันธุ์สีชมพู และเงาะสีทอง ปัจจุบันในอุตสาหกรรมอาหารมีการนำเงาะมาแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่า และยืดเวลาการเก็บรักษา โดยที่ยังสามารถคงสภาพและรสชาติไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งมีความสะดวกในการรับประทาน หาซื้อง่าย และหาได้ตลอดทั้งปีจึงสามารถตอบโจทย์ผู้บริโภคได้เป็นอย่างดี ซึ่งในขณะเดียวกันก็จะมีของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตอย่างเมล็ดเงาะจำนวนมากที่จะต้องกำจัดทิ้งและไม่ได้นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ภาครัฐได้มีการกระตุ้นให้มีการนำเศษวัสดุเหลือทิ้งนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น การนำไปเป็นชีวมวลเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการทำเชื้อเพลิง การนำไปเตรียมเป็นอาหารสัตว์ หรือปุ๋ยหมัก เป็นต้น ในรายงานวิจัยเกี่ยวกับเงาะพบว่าในเมล็ดเงาะมีปริมาณไขมันและกรดไขมันบางชนิดที่มีเสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation reaction) (Górnas et al., 2013) ประกอบกับมีคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีอันประกอบด้วยไขมันสามารถใช้ทดแทนเนยและโกโก้ในอาหาร หรือใช้เป็นเทียนไข อีกทั้งยังมีกรดไขมันที่สำคัญทางเครื่องสำอางในปริมาณสูง (Gunstone et al., 1986) ทำให้น้ำมันจากเมล็ดเงาะมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารหรือการผลิตเครื่องสำอาง (สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ องค์การมหาชน) จากรายงานการวิจัยพบว่ากรดไขมันที่พบในเมล็ดเงาะที่เป็นทั้งกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว ได้แก่ Oleic acid (31.08 ± 0.75), Arachidic acid (28.65 ± 0.72) เป็นกรดไขมันหลักตามด้วย Palmitic acid, Stearic acid, Behenic acid, Linoleic acid, Palmitoleic acid ตามลำดับ (Lourith et al., 2016) นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของไขมันยังแสดงให้เห็นว่าไขมันเมล็ดเงาะ (Mohibbe et al., 2005) ประกอบด้วยผลึกในพอร์มเบต้าเป็นส่วนใหญ่ จากสมบัติดังกล่าวอาจมีการนำไขมันเมล็ดเงาะไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง (Lourith et al., 2014) เช่น ใช้เป็นสารกักเก็บความชุ่มชื้นในครีมบำรุงผิว หรือลิปสติก ทำความสะอาดหรือลดการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย (Letawe et al., 1998) เป็นต้น นอกจากนี้

อาจนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารได้ แต่ทั้งนี้ในการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารต้องผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ และประเมินความสามารถในการบริโภคก่อน (Suksawat et al., 2016)

ผู้วิจัยจึงมีความสนใจและมีแนวคิดที่จะนำเมล็ดเงาะมาสกัดเอาน้ำมันออกมาแล้วนำน้ำมันนั้นไปพัฒนาเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง ได้แก่ แชมพูและโลชั่น ช่วยเพิ่มคุณค่าราคาให้กับเมล็ดเงาะที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งสามารถนำไขมันจากเมล็ดเงาะนี้ไปต่อยอดในเชิงพาณิชย์ได้ และยังจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับวัสดุเหลือทิ้งอย่างเมล็ดเงาะให้เกิดประโยชน์อย่างยั่งยืน นอกจากนี้ยังสามารถนำข้อมูลจากงานวิจัยในครั้งนี้ไปใช้เพื่อถ่ายทอดผลงานวิจัยไปสู่ชุมชน เช่น การบริการวิชาการแก่ครู นักเรียน นิสิต ประชาชนทั่วไป หรือนักวิจัยที่มีความสนใจทางด้านอุตสาหกรรมอาหารและการผลิตเครื่องสำอางได้อีกด้วย

วิธีการ

การเตรียมเมล็ดเงาะ : นำเมล็ดเงาะสายพันธุ์เงาะโรงเรียนที่ออกผลในช่วงเดือน ตุลาคม - พฤศจิกายน 2565 นำเมล็ดเงาะมาทำความสะอาด โดยทำการแกะเนื้อเงาะที่ยังติดอยู่กับเมล็ดออกให้หมด จากนั้นนำไปล้างด้วยน้ำสะอาด ผึ่งลมให้แห้ง อบด้วย Hot air oven ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน เมื่อครบเวลาให้นำเมล็ดเงาะมาแกะเปลือกออกให้หมด นำเนื้อเมล็ดเงาะที่ได้มาปั่นหรือบดให้ละเอียด ก่อนนำไปสกัด

การสกัด : ชั่งเมล็ดเงาะที่บดแล้ว 400 กรัม ลงในบีกเกอร์ จากนั้นเติมตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ ปริมาตร 400 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ ใช้ช้อนยาวคนตัวทำละลายให้แทรกซึมทั่วถึงเมล็ดเงาะทั้งหมด ใช้พลาสติกแรป ปิดปากบีกเกอร์ป้องกันไม่ให้ปิโตรเลียมอีเทอร์ระเหยออก ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง จากนั้นกรองหยาบผ่านผ้าขาวบางแยกเอากากออก และนำไปกรองละเอียดด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 ทั้งหมดสองรอบ แล้วนำสารละลายที่ได้ไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง Rotary evaporator เพื่อให้เหลือเพียงน้ำมันจากเมล็ดเงาะ จากนั้นนำน้ำมันเมล็ดเงาะที่ได้เข้าสู่อบลมร้อน Hot air oven ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วันเพื่อระเหยตัวทำละลายที่ยังเหลืออยู่ออกให้หมด (Manaf et al., 2013)

การตั้งตำรับผลิตภัณฑ์แชมพู : ทดลองตั้งตำรับทั้งหมด 4 สูตร โดยทั้ง 4 สูตรใช้ส่วนผสมที่เท่ากัน ดังนี้ DI Water, Tetrasodium EDTA, Glycerin, Sodium laureth sulfate, Disodium laureth Sulfosuccinate, PEG-40 Hydrogenated Castor Oil, Tween 20, PEG-120 Methyl Glucose, Fragrance, Phenoxyethanol และจะแตกต่างกันที่ปริมาณน้ำมันเมล็ดเงาะที่ใช้ในแต่ละสูตร แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 1 ขั้นตอนการทำโดยจะซึ่ง Phase A ผสมด้วยแมกเนติกบาร์จนสารละลายเข้ากันจนหมด แล้วนำไปให้ความร้อนถึงอุณหภูมิ 70-75 องศาเซลเซียส ซึ่ง Phase B นำไปให้ความร้อนถึงอุณหภูมิ 70-75 องศาเซลเซียส จากนั้นเท Phase B ลงใน Phase A ผสมให้เข้ากัน ทำให้เย็นลงถึงอุณหภูมิ 30-45 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการผสม Phase C นำไปให้ความร้อนจนละลายเข้ากัน แล้วนำ Phase D เติมลงใน Phase AB สุดท้ายค่อย ๆ เติม Phase C จนหมดผสมให้เข้ากัน

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบและปริมาณที่ใช้ในการตำรับผลิตภัณฑ์แชมพูทั้งหมด 4 สูตร (S_1 - S_4)

Phase	ส่วนผสม	สูตร (%w/w)			
		S_1	S_2	S_3	S_4
A	DI Water	63.05	61.55	61.05	60.55
	Tetrasodium EDTA	0.15	0.15	0.15	0.15
	Glycerin	4.00	4.00	4.00	4.00
	Sodium laureth sulfate	5.00	5.00	5.00	5.00
	Disodium Laureth Sulfosuccinate	3.00	3.00	3.00	3.00
B	PEG-40 Hydrogenated Castor Oil	2.00	2.00	2.00	2.00
	Tween 20	3.00	3.00	3.00	3.00
	น้ำมันเมล็ดเงาะ	1.00	1.50	2.00	2.50
C	DI Water	15.00	15.00	15.00	15.00
	PEG-120 Methyl Glucose	2.50	2.50	2.50	2.50
D	Fragrance	0.30	0.30	0.30	0.30
	Phenoxyethanol	1.00	1.00	1.00	1.00
Total		100	100	100	100

การตั้งตำรับผลิตภัณฑ์โลชั่น : ทดลองตั้งตำรับทั้งหมด 4 สูตร โดยทั้ง 4 สูตรใช้ส่วนผสมที่เท่ากัน ดังนี้ DI Water, Disodium EDTA, Glycerin, Butylene glycol, Xanthan Gum, Cetyl Alcohol, Glyceryl stearate (and) PEG-100 stearate, Stearic acid, Isopropyl Myristate, Glyceryl stearate citrate, Niacinamide, Fragrance, Phenoxyethanol และจะแตกต่างกันที่ปริมาณน้ำมันเมล็ดเงาะที่ใช้ในแต่ละสูตร แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 2 ขั้นตอนการทำโดยจะชั่ง Phase A ผสมด้วยแมกเนติกบาร์จนสารละลายเข้ากันจนหมด แล้วนำไปให้ความร้อนถึงอุณหภูมิ 70-75 องศาเซลเซียส ชั่ง Phase B นำไปให้ความร้อนถึงอุณหภูมิ 70-75 องศาเซลเซียส จากนั้นเท Phase B ลงใน Phase A ผสมให้เข้ากันทำให้เย็นลงถึงอุณหภูมิ 30-45 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการผสม Phase C ให้ละลายเข้ากันเติมลงในบีกเกอร์ Phase AB สุดท้ายเติม Phase D ผสมให้เข้ากัน

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบและปริมาณที่ใช้ในการตำรับผลิตภัณฑ์โลชั่นทั้งหมด 4 สูตร ($L_1 - L_4$)

Phase	ส่วนผสม	สูตร (%w/w)			
		L_1	L_2	L_3	L_4
A	DI Water	69.15	67.65	67.15	66.65
	Disodium EDTA	0.15	0.15	0.15	0.15
	Glycerin	5.00	5.00	5.00	5.00
	Butylene glycol	3.00	3.00	3.00	3.00
	Xanthan Gum	0.70	0.70	0.70	0.70
B	Cetyl Alcohol	3.00	3.00	3.00	3.00
	Glyceryl stearate (and) PEG-100 stearate	1.00	1.00	1.00	1.00
	Stearic acid	1.00	1.00	1.00	1.00
	Isopropyl Myristate	2.00	2.00	2.00	2.00
	Glyceryl stearate citrate	1.00	1.00	1.00	1.00
	น้ำมันเมล็ดเงาะ	1.00	1.50	2.00	2.50
C	DI water	10	10.00	10	10.00
	Niacinamide	1.50	1.50	1.50	1.50
D	Fragrance	0.50	0.50	0.50	0.50
	Phenoxyethanol	1.00	1.00	1.00	1.00
Total		100	100	100	100

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพเคมีและการทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์

ทำการทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์ในสภาวะเร่ง (Heating-Cooling Cycle Test) ผลิตภัณฑ์แชมพูและโลชั่นที่มีส่วนผสมของน้ำมันเมล็ดเงาะ ทำการเปรียบเทียบทั้ง 4 สูตร โดยจะทำการทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์ในสภาวะเร่งด้วยอุณหภูมิ ซึ่งจะเก็บผลิตภัณฑ์ในอุณหภูมิต่ำที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สลับกับการเก็บผลิตภัณฑ์ในอุณหภูมิสูงที่ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นับเป็น 1 วัฏจักร โดยมีระยะเวลาในการทดสอบทั้งหมด 7 วัฏจักร จากนั้นสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพลักษณะทั่วไปได้แก่ การแยกชั้น ค่าความเป็นกรดต่าง และความหนืด

การวัดการแยกชั้น : ทำการทดสอบการแยกชั้นของผลิตภัณฑ์แชมพูและโลชั่นทั้ง 4 สูตร ด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) รุ่น ROTOFIX 32 A ยี่ห้อ Hettich ZENTRIFUGE ประเทศเยอรมัน ด้วยวิธีการปั่นเหวี่ยง 3,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที เมื่อครบเวลาทำการสังเกตและบันทึกผลการทดลอง และนำผลที่ได้มาคิดค่าร้อยละดัชนีการเกิดคริม (Creaming index)

จากสูตร $CI (\%) = (H_L \div H_E) \times 100$

โดยที่ CI คือ ดัชนีการเกิดครีม (ร้อยละ)

H_L คือ ความสูงของส่วนที่มีการแยกชั้น (มิลลิเมตร)

H_E คือ ความสูงของตัวอย่างทั้งหมด (มิลลิเมตร)

การวัดค่าความเป็นกรดต่าง : นำผลิตภัณฑ์แชมพูและโลชั่นทั้ง 4 สูตรไปวัดค่าความเป็นกรดต่างด้วยเครื่อง pH meter (HALO™ Bluetooth® pH-Elektrode für Wein - HI10482) โดยการใช้โพรบจุ่มลงในเนื้อผลิตภัณฑ์ที่ต้องการวัด และสังเกตหน้าจอแสดงผลเป็นตัวเลข จากนั้นจดบันทึกตัวเลขที่วัดได้ (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ) นำผลที่ได้มาหาค่าร้อยละความเปลี่ยนแปลง (%C) ของค่าความเป็นกรด-ต่างของผลิตภัณฑ์โดยคำนวณร้อยละความเปลี่ยนแปลงจากสูตร ดังนี้ ร้อยละความเปลี่ยนแปลง (%C) = [(ค่าสุดท้าย-ค่าเริ่มต้น) ÷ ค่าเริ่มต้น] × 100

การวัดค่าความหนืด : นำผลิตภัณฑ์แชมพูและโลชั่นทั้ง 4 สูตร ไปวัดค่าความหนืดโดยใช้เครื่องวัดความหนืด (Viscometer DV2T™) ทำการเตรียมผลิตภัณฑ์ใส่บีกเกอร์ในแต่ละสูตร ทั้งหมด 4 บีกเกอร์ จากนั้นนำแต่ละบีกเกอร์ไปจุ่มในหัววัดความหนืด โดยผลิตภัณฑ์แชมพูใช้ Spindle LV-02 (62) ตั้งค่าความหนืดที่ 20 RPM ผลิตภัณฑ์โลชั่นใช้ Spindle LV-04 (64) ตั้งค่าความหนืดที่ 200 RPM ผลิตภัณฑ์แชมพูและโลชั่นทั้ง 4 สูตร ใช้ระยะเวลา 5 วินาที จากนั้นอ่านค่าตัวเลขบนหน้าจอแสดงผล และจดบันทึก (ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง) นำค่าที่ได้มาคำนวณร้อยละความเปลี่ยนแปลง (%C) ค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์จากสูตรข้างต้น

ผลการทดลองและวิจารณ์

การสกัดน้ำมันจากเมล็ดเงาะด้วยวิธีการสกัดแบบแช่หมักในปิโตรเลียมอีเทอร์ (อัตราส่วนการสกัด 1:1) เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง ภายหลังจากการระเหยตัวทำละลายออกเพื่อให้เหลือเพียงน้ำมันเมล็ดเงาะ (ภาพที่ 1 (ก)) เมื่อคำนวณน้ำหนักของน้ำมันที่สกัดได้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 64.16 ± 0.06 กรัมคิดเป็นร้อยละผลผลิต 16.04 ± 0.02 จากน้ำหนักเมล็ดแห้ง

ในการศึกษาดำรับผลิตภัณฑ์แชมพูทำการเปรียบเทียบทั้ง 4 สูตร โดยจะทำการทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์ในสภาวะเร่งด้วยอุณหภูมิซึ่งจะเก็บผลิตภัณฑ์ในอุณหภูมิต่ำที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สลับกับการเก็บผลิตภัณฑ์ในอุณหภูมิสูงที่ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นับเป็น 1 วัฏจักร โดยมีระยะเวลาในการทดสอบทั้งหมด 7 วัฏจักร ผลการทดสอบสี และกลิ่นไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากเริ่มต้นผลการทดสอบการแยกชั้นของผลิตภัณฑ์แชมพูด้วยวิธีการปั่นเหวี่ยง 3,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที ไม่เกิดการแยกชั้นของผลิตภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สูตร ค่าร้อยละดัชนีการเกิดครีม (Creaming index) แสดงดังตารางที่ 3

จากการทดสอบการวัดค่าความเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ต่างของตำรับผลิตภัณฑ์แชมพูก่อนและหลังเก็บผลิตภัณฑ์ ค่าความเป็นกรด-ต่างมีค่าที่เพิ่มขึ้นทั้ง 4 สูตร และผลของค่าร้อยละความเปลี่ยนแปลง (%C) ของค่าความเป็นกรด-ต่างของผลิตภัณฑ์แชมพูแสดงดังตารางที่ 3 ผลการทดสอบวัดค่าความเปลี่ยนแปลงความหนืดของผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังเก็บผลิตภัณฑ์แชมพูในสภาวะเร่งทั้ง 7 วัฏจักร ค่าความหนืดมีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิมทั้ง 4 สูตร และค่าร้อยละความเปลี่ยนแปลง (%C) ค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์แชมพูจากน้ำมันเมล็ดเงาะ

สูตร	Creaming Index (%)	ค่าความเป็นกรด - ด่าง (Mean±SD)		%C*	ค่าความหนืด (cP) (Mean±SD)		%C*
		เริ่มต้น	หลังทดสอบ		เริ่มต้น	หลังทดสอบ	
S ₁	0.00	4.36 ± 0.02	4.89 ± 0.02	12.16	1103.33 ± 13.65	1394.5 ± 3.97	26.38
S ₂	0.00	4.43 ± 0.01	4.98 ± 0.07	13.77	1236.67 ± 6.81	1465.33 ± 5.51	18.49
S ₃	0.00	4.51 ± 0.02	5.01 ± 0.01	11.09	1244.45 ± 4.35	1557.23 ± 5.03	25.13
S ₄	0.00	4.56 ± 0.02	5.08 ± 0.06	11.40	1310.22 ± 6.78	1576.56 ± 7.12	20.33

หมายเหตุ : %C คือ ร้อยละการเปลี่ยนแปลง

ในการศึกษาดำรับผลิตภัณฑ์โลชั่นทำการเปรียบเทียบทั้ง 4 สูตร โดยจะทำการทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์ด้วยสภาวะเร่งด้วยอุณหภูมิเหมือนกับผลิตภัณฑ์แชมพู ผลการทดสอบสี และกลิ่นไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากเริ่มต้น ผลการทดสอบการแยกชั้นของผลิตภัณฑ์โลชั่นด้วยวิธีการปั่นเหวี่ยง 3,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที ไม่เกิดการแยกชั้นของผลิตภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สูตร ค่าร้อยละดัชนีการเกิดคริม (Creaming index) แสดงดังตารางที่ 4

จากการทดสอบการวัดค่าความเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่างของตำรับผลิตภัณฑ์โลชั่นก่อนและหลังเก็บผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สูตร มีค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยโดยมีร้อยละการเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 11.09-13.77 และผลของค่าร้อยละความเปลี่ยนแปลง (%C) ของค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์โลชั่นแสดงดังตารางที่ 4 ผลการทดสอบวัดค่าความเปลี่ยนแปลงความหนืดของผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังเก็บผลิตภัณฑ์โลชั่นในสภาวะเร่งทั้ง 7 วันจักร ค่าความหนืดมีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิมทั้ง 4 สูตร และค่าร้อยละความเปลี่ยนแปลง (%C) ค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงผลการทดสอบความคงตัวของผลิตภัณฑ์โลชั่นจากน้ำมันเมล็ดเงาะหมายเหตุ : %C คือ ร้อยละการเปลี่ยนแปลง

สูตร	Creaming Index (%)	ค่าความเป็นกรด - ด่าง (Mean±SD)		%C*	ค่าความหนืด (cP) (Mean±SD)		%C*
		เริ่มต้น	หลังทดสอบ		เริ่มต้น	หลังทดสอบ	
L ₁	0.00	4.94 ± 0.01	4.97 ± 0.02	0.61	2238 ± 31.61	2499.67 ± 28.38	11.70
L ₂	0.00	4.92 ± 0.01	4.98 ± 0.07	1.22	2215 ± 31.80	2878.33 ± 75.43	29.95
L ₃	0.00	4.93 ± 0.01	4.98 ± 0.03	1.01	2245 ± 32.34	2912.27 ± 56.13	29.72
L ₄	0.00	4.95 ± 0.01	5.03 ± 0.08	1.62	2313.15 ± 23.12	2978.02 ± 13.43	28.74

หมายเหตุ : %C คือ ร้อยละการเปลี่ยนแปลง



ภาพที่ 1 น้ำมันเมล็ดเงาะ (ก) เนื่อผลิตภัณฑ์โลชั่น (ข) และเนื้อผลิตภัณฑ์แชมพู (ค)

นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าค่า pH ที่แตกต่างกันอาจเพิ่มประจุไฟฟ้าให้กับเส้นผมและเพิ่มแรงเสียดทานระหว่างเส้นผม สิ่งนี้อาจนำไปสู่ความเสียหายของเกล็ดผมได้ (Dias et al., 2014) ซึ่งสอดคล้องกับผลการตั้งตำรับสูตรแชมพูที่มีค่าการทดสอบ pH ที่อยู่ในช่วง 4.92 - 5.03 และอาจจะเป็นกลไกปกป้องตามธรรมชาติเพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและเชื้อราที่เส้นผมและหนังศีรษะ อีกทั้งทำให้เส้นใยของเส้นผมยึดหดตัวได้เป็นอย่างดีและช่วยปิดเกล็ดผมให้เรียงตัวดีเพื่อป้องกันสิ่งแปลกปลอมเข้าทำอันตรายเส้นผม (Darmstadt et al., 2002) การนำน้ำมันเมล็ดเงาะที่สกัดมาประยุกต์ใช้ในแชมพูและโลชั่นเป็นการแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของน้ำมันเมล็ดเงาะในการเป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมเครื่องสำอางและของใช้ส่วนตัวซึ่งน้ำมันอาจจะถูกสกัดออกมาได้หลายวิธี แต่วิธีการแช่หมักในตัวทำละลายที่มีขั้วต่ำก็สามารถทำให้ผลผลิตน้ำมันที่ได้นำไปใช้ต่อไปได้อย่างเหมาะสม ทั้งนี้ก็ต้องขึ้นอยู่กับคุณสมบัติหรือสารสำคัญที่เป็นส่วนประกอบของน้ำมันนั้น ๆ ด้วย นอกจากนี้สูตรแชมพูและโลชั่นที่พัฒนาขึ้นมามีความสามารถที่ดีในการชำระล้างทำความสะอาดเส้นผม และการบำรุงผิวของโลชั่น ทั้งนี้เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของน้ำมันเมล็ดเงาะ ควรป้องกันแสงและหลีกเลี่ยงการสัมผัสกับอุณหภูมิสูง และควรมีการทดสอบการระคายเคืองต่อผิวหนังผลิตภัณฑ์ในอาสาสมัครเพิ่มเติมเนื่องจากหากมีการยืนยันความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์จะเป็นตัวเลือกที่ดีสำหรับการทำแชมพูและโลชั่นจากน้ำมันธรรมชาติสำหรับการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ในอนาคตได้

สรุป

จากการนำน้ำมันเมล็ดเงาะมาใช้ประโยชน์ในการตำรับสูตรผลิตภัณฑ์แชมพูและโลชั่น ผลิตภัณฑ์ละ 4 สูตร ซึ่งแตกต่างกันที่ปริมาณน้ำมันเมล็ดเงาะที่ใช้ในแต่ละสูตร โดยแชมพูสูตรที่ 1 ที่ใช้น้ำมันเมล็ดเงาะ 1.00 สูตรที่ 2 ใช้น้ำมันเมล็ดเงาะ 1.50% สูตรที่ 3 ใช้น้ำมันเมล็ดเงาะ 2.00% สูตรที่ 4 ใช้น้ำมันเมล็ดเงาะ 2.50% พบว่า สูตรที่ 4 มีความเหมาะสม ในอัตราส่วนของน้ำมันเมล็ดเงาะร้อยละ 2.50 เนื้อผลิตภัณฑ์คงที่ไม่เหลวและเหนียวเกินไป เมื่อทำการศึกษาคูณสมบัติทางกายภาพเคมี การทดสอบความคงตัว การแยกชั้น ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง ค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าที่เพิ่มขึ้นทั้ง 4 สูตร ซึ่งมีค่า pH ที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ประเภทแชมพูที่เป็นผลิตภัณฑ์ใช้ทำความสะอาดผม โดยมีค่าเป็นกรดอยู่ในช่วงของผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับซึ่งจะมีค่าไม่เกิน 5.48 (Chandran et al., 2013) ในส่วนของผลิตภัณฑ์โลชั่นสูตรที่ 1 ที่ใช้น้ำมันเมล็ดเงาะ 1.00 สูตรที่ 2 ใช้น้ำมันเมล็ดเงาะ 1.50% สูตรที่ 3 ใช้น้ำมันเมล็ดเงาะ 2.00% สูตรที่ 4 ใช้น้ำมันเมล็ดเงาะ 2.50% พบว่า สูตรที่ 3 มีความเหมาะสม ในอัตราส่วนของน้ำมันเมล็ดเงาะร้อยละ 2.00 เพราะถ้าหากใส่ปริมาณน้ำมันเมล็ดเงาะที่มากกว่านี้จะทำให้น้ำของโลชั่นหนักเกินไป เกือบยาก ค่อนข้าง

ที่จะเป็นเนื้อครีม การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพเคมี การทดสอบความคงตัว การแยกชั้น สี กลิ่น ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง และจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำมันเมล็ดเงาะที่ใส่ทั้ง 4 สูตร ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเปลี่ยนแปลงจากเดิมเพียงเล็กน้อย โดยปกติค่าความเป็นกรดต่างบนหนังศีรษะนั้นจะค่อนข้างต่ำ กรดอ่อน ซึ่งจะมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 5-6.5 ซึ่งผลิตภัณฑ์แชมพูมีค่า pH ที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ประเภทแชมพูที่เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ทำความสะอาด

ข้อมูลจากงานวิจัยนี้จึงเป็นข้อมูลที่สามารถใช้สนับสนุนการนำไปใช้ประโยชน์ของน้ำมันเมล็ดเงาะในด้านของเครื่องสำอางไม่ว่าจะเป็นการผลิตแชมพูทำความสะอาดเส้นผมและหนังศีรษะและโลชั่นบำรุงผิว เป็นต้น ซึ่งถือเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัสดุเหลือทิ้งจากวงจรอุตสาหกรรมได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ที่สนับสนุนงบประมาณในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Chandran, S., Vipin, K.V., Augusthy, A.N., Lindumol, K.V. & Shirwaikar, A. (2013). Development and evaluation of antidandruff shampoo based on natural sources. **Journal of Pharmacy and Phytotherapeutics**, 1(4), 10- 14.
- Darmstadt, G.L., Mao-Qiang, M., Chi, E., Saha, S.K., Ziboh, V.A., Black, R.E., Santosham, M. & Elias, P.M. (2002). Impact of topical oils on the skin barrier: possible implications for neonatal health in developing countries. **Acta Paediatrica**, 91, 546-554.
- Dias, M. F. R. G., de Almeida, A. M., Cecato, P. M. R., Adriano, A. R. & Pichler, J. (2014). The Shampoo pH can Affect the Hair: Myth or Reality? **International Journal of Trichology** 6, (3): 95-9.
- Górnas', P., Siger, A. & Seglin, A. D. (2013). Physicochemical characteristics of cold-pressed Japanese quince seed oil: new promising unconventional bio-oil from by-products for the pharmaceutical and cosmetic industry. **Ind. Crops Prod**, 48, 178-182.
- Gunstone, F.D, Harwood IL. and Padley, F.B. (1986). **The Lipid Handbook Chapman and Hall New York**.
- Letawe, C., Boone, M. & Pierard, G.E. (1998). Digital image analysis of the effect of topically applied linoleic acid on acne microcomedone. **Clinical and Experimental Dermatology**, 23, 56-58.
- Lourith, N., Kanlayavattanakul, M., Mongkonpaibool, K., Butsaratrakool, T., & Chinmuang, T. (2016). Rambutan seed as a new promising unconventional source of specialty fat for cosmetics. **Industrial Crops and Products**, 83: 149-154.
- Lourith, N., Kanlayavattanakul, M., Sucontphunt, A. & Ondee, T. (2014). Para rubber seed oil: new promising unconventional oil for cosmetics. **Journal of Oleo Science**, 63, 709-716.

- Manaf, Y.N.A., Marikkar, J.M.N., Long, K. & Ghazali, H.M. (2013). Physico-chemical characterization of the fat from red-skin rambutan (*Nephellium lappaceum* L) seed. **Journal of Oleo Science**, **62**, 335–343.
- Mohibbe/M, Wars.A & Nahar NM (2005). Prospects and potential of fatty acid methyl esters of some non-taditional seed oils for use as biodiesel in India. **Biomass and Bicenergy**, **29**, 293-302.
- Suksawat, K., Oupathumpanont, O., Maisuthisakul, P. & Apintanapong, M. (2016). Effect of fat Extraction Methods on Physico and Chemical Properties of Fat from Rambutan Seed (*Nephelium lappaceum* L.). **The 6th STOU Nation Research Conference**. 1-9.
-



ภาคผนวก

รายละเอียดการเตรียมบทความ

วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

Preparation Process of PNRU Research Journal Science and Technology

วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นวารสารราย 6 เดือน เผยแพร่ปีละ 2 ฉบับ ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน และ ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม จัดทำขึ้นเพื่อเผยแพร่ผลงานในลักษณะบทความวิจัย (Research Article) บทความวิชาการ (Academic Article) และบทความปริทัศน์ (Review Article) ในสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแก่นักวิจัย นักวิชาการ และบุคคลทั่วไปที่สนใจ

► ขอบเขตของผลงานที่ตีพิมพ์

วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตีพิมพ์บทความด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้แก่ สาขาคณิตศาสตร์ สถิติ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา ชีวเคมี จุลชีววิทยา เทคโนโลยีชีวภาพ เกษตรศาสตร์ วิทยาศาสตร์การอาหาร คหกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ทางทะเล วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิทยาศาสตร์สุขภาพ การพยาบาล การสาธารณสุข คอมพิวเตอร์ วัสดุศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และอุตสาหกรรม สถาปัตยกรรม หรือวิทยาศาสตร์ประยุกต์

► การพิจารณาบทความ

บทความที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารนี้จะได้รับการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้อง (Peer Review) อย่างน้อย 3 ท่าน โดยผู้แต่งและผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทความจะไม่ทราบชื่อซึ่งกันและกัน (Double-blind Peer Review)

► ประเภทของบทความที่รับตีพิมพ์

1. บทความวิจัย (Research Article)

เป็นการนำเสนอผลงานวิจัยอย่างเป็นระบบ กล่าวถึงความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ การดำเนินการวิจัย

2. บทความวิชาการ (Academic Article)

งานเขียน ซึ่งเป็นเรื่องที่น่าสนใจ เป็นความรู้ใหม่ กล่าวถึงความเป็นมาของปัญหา วัตถุประสงค์ แนวทางการแก้ไขปัญหา มีการใช้แนวคิดทฤษฎี ผลงานวิจัยจากแหล่งข้อมูล เช่น หนังสือ วารสารวิชาการ อินเทอร์เน็ตประกอบการวิเคราะห์วิจารณ์ เสนอแนวทางแก้ไข

3. บทความปริทัศน์ (Review Article)

งานวิชาการที่ประเมินสถานะล่าสุดทางวิชาการ (State of the art) เฉพาะทางที่มีการศึกษาค้นคว้า มีการวิเคราะห์และสังเคราะห์องค์ความรู้ทั้งทางกว้าง และทางลึกอย่างทันสมัย โดยให้ข้อพิพากษ์ที่ชี้ให้เห็นแนวโน้ม ที่ควรศึกษาและพัฒนาต่อไป

➤ หลักเกณฑ์ในการส่งบทความ

1. บทความที่ผู้แต่งส่งมาเพื่อตีพิมพ์จะต้องเป็นบทความที่ยังไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่หรืออยู่ระหว่างการเสนอขอตีพิมพ์จากวารสารอื่น ๆ
2. เนื้อหาในบทความต้องไม่คัดลอก ลอกเลียน หรือไม่ตัดทอนจากบทความอื่นโดยเด็ดขาด (การละเมิดลิขสิทธิ์ถือเป็นความรับผิดชอบของผู้แต่งเท่านั้น)
3. ผู้แต่งต้องเขียนบทความตามรูปแบบที่กำหนดไว้ในระเบียบการส่งบทความของ วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. การพิจารณาบทความเพื่อตีพิมพ์ในวารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จะพิจารณาเฉพาะบทความที่ได้รับการประเมินให้ตีพิมพ์เผยแพร่จากผู้ทรงคุณวุฒิเท่านั้น
5. กรณีขอเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้แต่งต้องปรับแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ และชี้แจงการแก้ไขต้นฉบับดังกล่าว มายังกองบรรณาธิการ

➤ คำแนะนำการเตรียมต้นฉบับ

รับการตีพิมพ์บทความทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ จัดพิมพ์ด้วยโปรแกรม Microsoft Word 2003 ขึ้นไป โดยใช้ตัวหนังสือแบบ TH SarabunPSK ขนาด 14 pt. ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ กำหนดตั้งค่าหน้ากระดาษ บน 1.5 นิ้ว ซ้าย 1.5 นิ้ว ล่าง 1.0 นิ้ว ขวา 1.0 นิ้ว โดยความยาวของบทความควรเป็นดังนี้

- | | |
|--|--------------------------|
| 1. บทความวิจัย (Research article) | ประมาณ 12 หน้า ต่อบทความ |
| 2. บทความทางวิชาการ (Academic article) | ประมาณ 8 หน้า ต่อบทความ |
| 3. บทความปริทัศน์ (Review article) | ประมาณ 8 หน้า ต่อบทความ |

โดยมีส่วนประกอบดังนี้

บทความวิจัย (Research Article)	บทความวิชาการ (Academic Article)	บทความปริทัศน์ (Review Article)
1. บทนำ (Introduction)	1. บทนำ (Introduction)	1. บทนำ (Introduction)
2. วิธีการ (Methods)	2. เนื้อหา (Context)	2. เนื้อหา (Context)
3. ผลการทดลองและวิจารณ์ (Results and Discussions)	3. สรุป (Conclusions)	3. สรุป (Conclusions)
4. สรุป (Conclusions)	4. เอกสารอ้างอิง (References)	4. เอกสารอ้างอิง (References)
5. เอกสารอ้างอิง (References)		

ชื่อเรื่อง	ควรมีความกระชับและชัดเจน ไม่ยาวจนเกินไป บทความภาษาไทยต้องมีชื่อเรื่องทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยใช้ตัวพิมพ์ใหญ่ทั้งหมด
ชื่อผู้แต่ง	ระบุชื่อเต็มและนามสกุลเต็มของผู้แต่งทุกคนทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษโดยไม่ใส่ยศหรือตำแหน่ง สำหรับผู้แต่งหลักต้องใส่ E-mail address ที่ติดต่อได้และลงเครื่องหมายดอกจันกำกับ
บทคัดย่อ	บทคัดย่อภาษาไทยและภาษาอังกฤษควรมีความยาวระหว่าง 200 ถึง 250 คำ
คำสำคัญ	ให้มีคำสำคัญ 3-5 คำ ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
รูปภาพ	แยกบันทึกเป็นไฟล์ภาพที่มีนามสกุล TIFF, หรือ JPEG ถ้าเป็นภาพถ่ายกรุณาส่งภาพต้นฉบับเพื่อคุณภาพในการพิมพ์ หมายเลขรูปภาพและกราฟให้เป็นเลขอารบิก คำบรรยายและรายละเอียดต่าง ๆ อยู่ด้านล่างของรูปภาพ ปรับรูปแบบให้เหมาะสมกับการตีพิมพ์แบบขาว-ดำ หรือ Greyscale
เนื้อหา	ใช้ตัวหนังสือแบบ TH SarabunPSK ขนาด 14 พอยท์ จัดเนื้อหาตามรูปแบบบทความวิจัย (Research Article) บทความวิชาการ (Academic Article) หรือบทความปริทัศน์ (Review Article) หน่วยที่ใช้ให้เป็นไปตามรูปแบบสากล ศัพท์ภาษาอังกฤษในวงเล็บให้ใช้ตัวพิมพ์เล็กทั้งหมดยกเว้นชื่อเฉพาะ หากมีสมการให้ใช้ Equation Editor โดยจัดให้อยู่ในตำแหน่งกลางหน้ากระดาษ พร้อมระบุหมายเลขสมการ
ตาราง	หมายเลขตารางให้เป็นเลขอารบิก คำบรรยายและรายละเอียดต่าง ๆ อยู่ด้านบนของตาราง
เอกสารอ้างอิง	เป็นรายชื่อเอกสารที่ใช้อ้างถึงในบทความ โดยให้แปลเป็นภาษาอังกฤษทุกรายการ และจัดรูปแบบอ้างอิงตามระบบ APA 6 th edition

รูปแบบการอ้างอิง

1. การอ้างอิงในเนื้อหา (In-text citation)

กรณีอ้างอิงชื่อผู้แต่งก่อนข้อความ	ชื่อผู้แต่ง (ปีที่พิมพ์).....
ตัวอย่าง	Kelly (2004) แสดงให้เห็นว่า..... Saikaew & Kaewsarn (2009) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ..... Lui et al. (2000) พบว่า..... Saikaew & Kaewsarn (2009) และ Lui et al. (2000) พบว่า.....
กรณีอ้างอิงชื่อผู้แต่งท้ายข้อความ	 (ชื่อผู้แต่ง, ปีที่พิมพ์)
ตัวอย่าง	 (Kelly, 2004) (Saikaew & Kaewsarn, 2009) (Lui et al., 2000) (Saikaew & Kaewsarn, 2009; Lui et al., 2000)

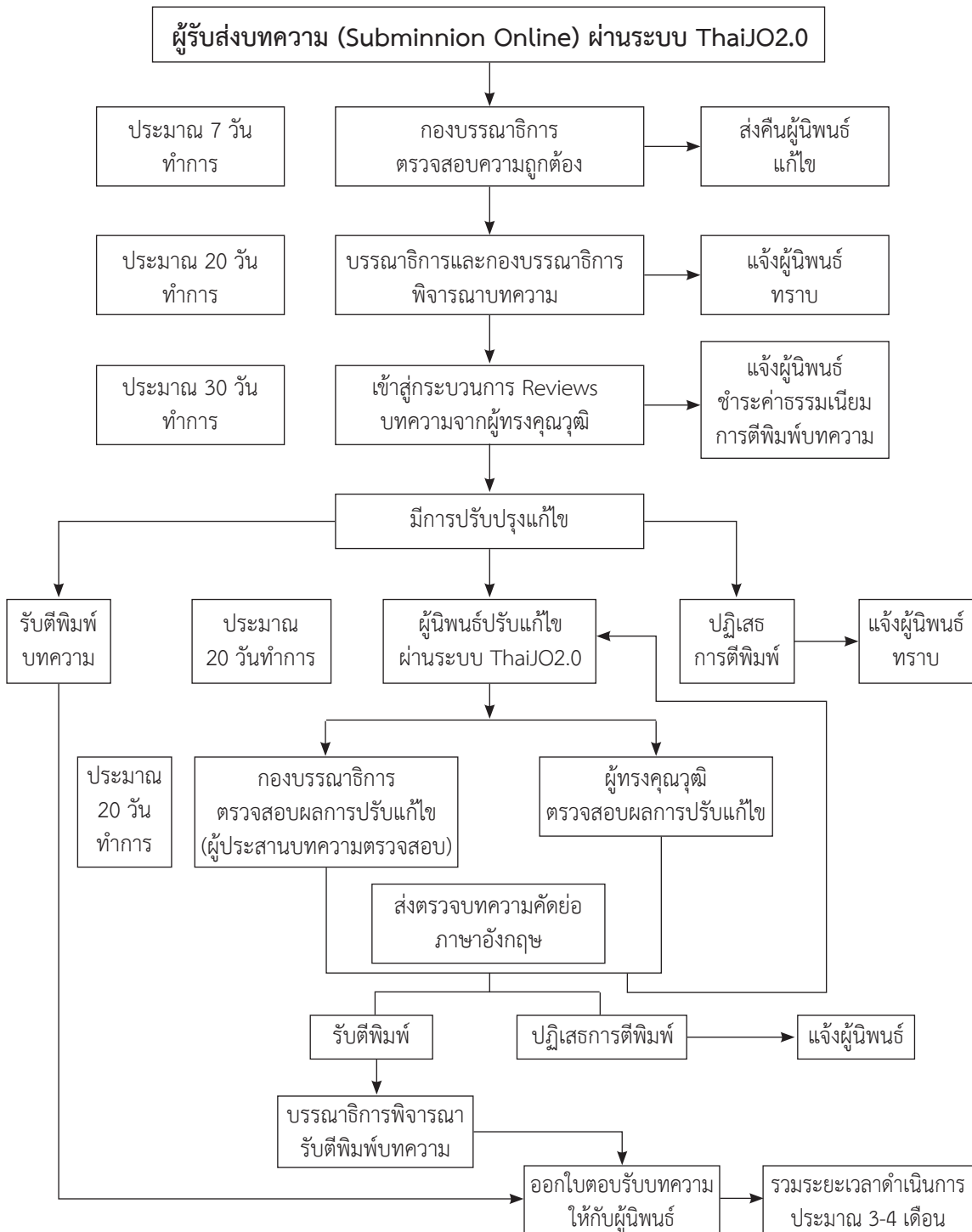
2. การอ้างอิงในส่วนท้ายบทความ (References)

2.1 อ้างอิงจากหนังสือ (Books)

รูปแบบ	ชื่อผู้เขียน. (ปีที่พิมพ์). ชื่อหนังสือ . (ครั้งที่พิมพ์). สถานที่พิมพ์: สำนักพิมพ์.
ตัวอย่าง	Crawley, R. B., Dockery, L. M., Branson, T. S., Carmichael, L. E., Carson, J. C., Findlay, A. F., & Smith, D. M. (2015). Manor houses of the early 1900s . London, England: Taylor & Francis.

ตัวอย่าง Phae-ngam, W. (2016, 10 Jan.). **How to write a good research article**. Assistant Professor. Faculty of Science and Technology. Phranakhon Rajabhat University.

ขั้นตอนการพิจารณาบทความ วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



หมายเหตุ: ทางวารสารขอสงวนสิทธิ์ที่จะเรียบเรียงและอาจปรับปรุงการนำเสนอบทความตามความเหมาะสม

รูปแบบบทความเพื่อส่งตีพิมพ์ในวารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ภาษาไทย)

ชื่อเรื่องภาษาไทย (TH SarabunPSK ขนาด 16pt. ตัวหนา)

ENGLISH TITLE (TH SarabunPSK 16pt. bold)

ชื่อ-สกุล ผู้แต่งบทความ^{1*} ชื่อ-สกุล ผู้แต่งบทความ² (TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวปกติ)

¹ชื่อหน่วยงานที่สังกัด (TH SarabunPSK ขนาด 12pt. ตัวปกติ)

²ชื่อหน่วยงานที่สังกัด (TH SarabunPSK ขนาด 12pt. ตัวปกติ)

Author ^{1*}, Author ² (TH SarabunPSK 14pt. normal)

¹Affiliation (TH SarabunPSK 12pt. normal)

²Affiliation (TH SarabunPSK 12pt. normal)

*E-mail: address@mailservice.com (TH SarabunPSK 12pt. normal)

Received: xx-xx-xx

Revised: xx-xx-xx

Accepted: xx-xx-xx

บทคัดย่อ (TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวหนา)

เนื้อหาบทคัดย่อในกรณีเป็นบทความภาษาไทยต้องมีบทคัดย่อเป็นภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ยกเว้น
บทความหนังสือ บทคัดย่อควรมีย่อหน้าเดียว ไม่ควรเกิน 250 คำ บทคัดย่อควรกล่าวถึงวัตถุประสงค์หลักของบทความ
ผลลัพธ์หรือ สรุปผลที่ได้จากการทำวิจัย คำสำคัญที่เป็นภาษาไทยต้องมีเครื่องหมายจุลภาค (,) ระหว่างคำ

(TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวปกติ).....

คำสำคัญ: คำสำคัญ1 คำสำคัญ2 คำสำคัญ3 คำสำคัญ4 คำสำคัญ5 (TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวปกติ)

ABSTRACT (TH SarabunPSK 14pt. bold)

For a Thai article, an abstract in English must accompany the Thai version. The abstract should contain a single paragraph and its length should not exceed 250 words. It should be prepared in concise statement of objectives and summary of important results.

Keywords: keyword1, keyword2, keyword3, keyword4, keyword5 (TH SarabunPSK 14pt. normal)

บทนำ (TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวหนา)

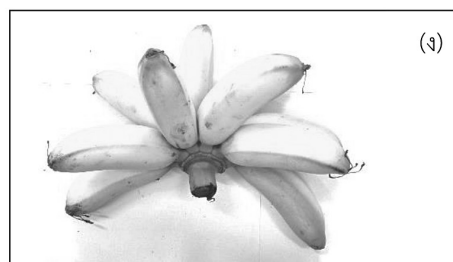
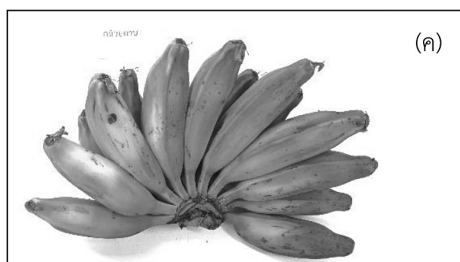
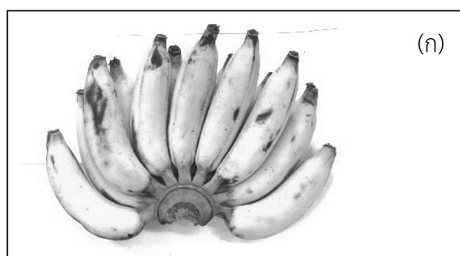
เนื้อหา (TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวปกติ).....

วิธีการ (TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวหนา)

เนื้อหา (TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวปกติ).....

ผลการทดลองและวิจารณ์ (TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวหนา)

เนื้อหา (TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวปกติ).....



ภาพที่ 1 ชื่อภาพ....(ก)..... (ข)..... (ค)..... (ง).....

ตารางที่ 1 ชื่อตาราง

เวลาที่ใช้ (นาท)	ความดัน (mbar)				ความดันเฉลี่ย (mbar)
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	
90	0.000061	0.000053	0.000037	0.000048	0.000050
95	0.000055	0.000053	0.000038	0.000044	0.000048
100	0.000055	0.000052	0.000037	0.000048	0.000048

หมายเหตุ : (TH SarabunPSK ขนาด 12pt. ตัวปกติ)

สรุป (TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวหนา)

เนื้อหา (TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวปกติ).....

.....

กิตติกรรมประกาศ (TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวหนา) (อาจมีหรือไม่มีก็ได้)

เนื้อหา (TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวปกติ).....

.....

เอกสารอ้างอิง (TH SarabunPSK ขนาด 14pt. ตัวหนา)

เนื้อหา (TH SarabunPSK ขนาด 14pt.).....

.....

.....

รูปแบบบทความเพื่อส่งตีพิมพ์ในวารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ภาษาอังกฤษ)

ENGLISH TITLE (TH SarabunPSK 16pt. bold)

Author 1*, Author 2 (TH SarabunPSK 14pt. normal)

¹Affiliation (TH SarabunPSK 12pt. normal)

²Affiliation (TH SarabunPSK 12pt. normal)

*E-mail: address@mailservice.com (TH SarabunPSK 12pt. normal)

Received: xx-xx-xx

Accepted: xx-xx-xx

Published: xx-xx-xx

ABSTRACT (TH SarabunPSK 14pt. bold)

The abstract should contain a single paragraph and its length should not exceed 250 words. It should be prepared in concise statement of objectives and summary of important results.

Keywords: keyword1, keyword2, keyword3, keyword4, keyword5 (TH SarabunPSK 14pt. normal)

Introduction (TH SarabunPSK 14pt. bold)

(TH SarabunPSK 14pt. normal).....

Methods (TH SarabunPSK 14pt. bold)

(TH SarabunPSK 14pt. normal).....

Results and Discussions (TH SarabunPSK 14pt. bold)

(TH SarabunPSK 14pt. normal).....

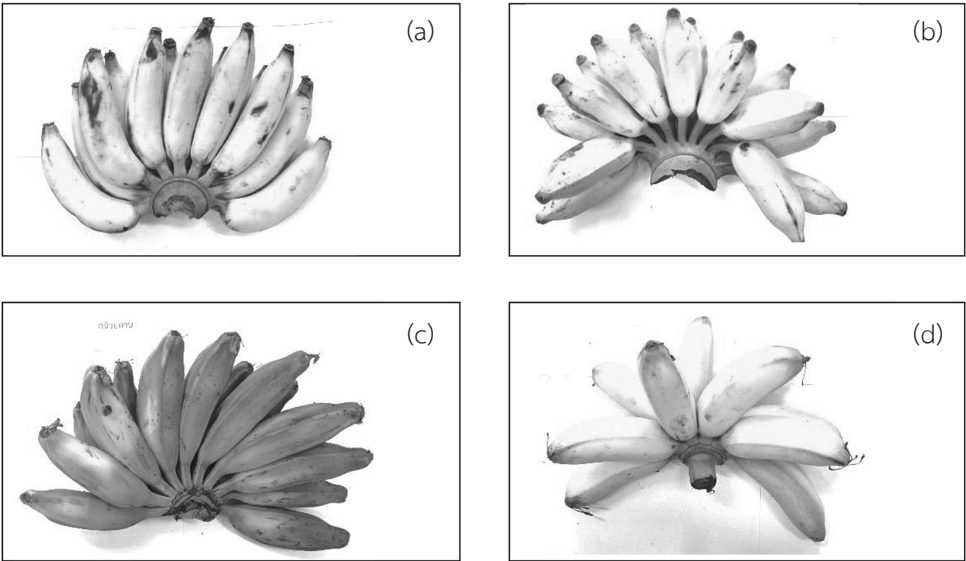


Figure 1(a)..... (b)..... (c)..... (d).....

Table 1 table name

Time (minuts)	Pressure (mbar)				Avg. Pressure (mbar)
	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	
90	0.000061	0.000053	0.000037	0.000048	0.000050
95	0.000055	0.000053	0.000038	0.000044	0.000048
100	0.000055	0.000052	0.000037	0.000048	0.000048

Note: (TH SarabunPSK 12pt. normal)

Conclusions (TH SarabunPSK 14pt. bold)

(TH SarabunPSK 14pt. normal).....
.....

Acknowledgement (TH SarabunPSK 14pt. bold) (optional)

(TH SarabunPSK 14pt. normal).....
.....

References (TH SarabunPSK 14pt. bold)

(TH SarabunPSK 14pt.).....
.....

จริยธรรมในการตีพิมพ์ Publication Ethics

วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีมาตรฐานทางจริยธรรมในการตีพิมพ์บทความ
ดังนี้

➤ จริยธรรมของผู้แต่งบทความ

1. บทความที่ส่งต้องเป็นบทความที่ไม่เคยมีการตีพิมพ์หรือเผยแพร่ที่ไหนมาก่อน และต้องไม่คัดลอกผลงาน
ผู้อื่นโดยขาดการอ้างอิงที่ถูกต้อง ยกเว้นบทความที่แปลจากภาษาต่างประเทศที่ผู้แต่งบทความได้รับการยินยอม
และมีหลักฐานแสดงแก่วารสาร
2. ชื่อบทความ ข้อความ รูปภาพ ตารางประกอบ และอื่น ๆ ที่ปรากฏในบทความเป็นความคิดเห็นของผู้แต่ง
ถือว่าเป็นความรับผิดชอบของผู้แต่ง กองบรรณาธิการไม่มีส่วนรับผิดชอบร่วมใด ๆ ทั้งสิ้น
3. บทความต้องรายงานผลการทดลอง รวมถึงข้อมูลต่าง ๆ ตามข้อเท็จจริง
4. หากมีการทดลองเกี่ยวกับมนุษย์หรือสัตว์ ผู้แต่งต้องปฏิบัติตามหลักจริยธรรมในการวิจัยและข้อกำหนด
ที่เกี่ยวข้อง
5. บทความต้องปฏิบัติตามหลักเกณฑ์ของวารสารอย่างเคร่งครัด ตาม "คำแนะนำสำหรับผู้แต่ง" ทั้งในรูปแบบ
การจัดบทความ การเขียนอ้างอิง และควรระบุแหล่งทุนที่สนับสนุนการวิจัย (ถ้ามี)
6. เมื่อผู้แต่งได้รับผลการประเมินบทความจากผู้ทรงคุณวุฒิ ควรเคารพความคิดเห็นทางวิชาการและแก้ไข
ตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ แล้วส่งกลับมายังกองบรรณาธิการตามระยะเวลาที่กำหนด
7. ชื่อผู้แต่งที่ปรากฏในบทความต้องเป็นผู้ที่มีส่วนในผลงานวิชาการนี้จริง

➤ จริยธรรมของบรรณาธิการ

1. บรรณาธิการและกองบรรณาธิการมีหน้าที่ดำเนินงานวารสารให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของวารสาร
2. บรรณาธิการมีหน้าที่พิจารณาความสอดคล้องของเนื้อหาบทความกับวัตถุประสงค์และขอบเขตของวารสาร
3. บรรณาธิการมีหน้าที่กลั่นกรองตรวจสอบคุณภาพและพิจารณาความถูกต้องของบทความร่วมกับ
กองบรรณาธิการ และผู้ทรงคุณวุฒิก่อนการตีพิมพ์
4. บรรณาธิการต้องไม่มีส่วนได้ส่วนเสียกับผู้แต่งผู้ประเมินบทความ และบุคคลอื่น ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง
5. บรรณาธิการต้องสนับสนุนให้มีกระบวนการพิจารณาการประเมินบทความจากผู้ประเมินที่มีความชำนาญ
ต่อเนื้อหาของบทความ รวมถึงระบบการปกปิดความลับของการพิจารณาการประเมิน และระบบการป้องกันข้อมูล
ส่วนตัวของผู้แต่งและผู้ประเมินบทความ (Double blinded)
6. บรรณาธิการมีหน้าที่รักษามาตรฐานของวารสาร รวมถึงพัฒนาวารสารให้มีคุณภาพอยู่เสมอ

➤ จริยธรรมของผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทความ

1. ผู้ทรงคุณวุฒิต้องตระหนักถึงความเชี่ยวชาญตามศาสตร์ของตนเองในการรับประเมินบทความ และพิจารณาบทความตามหลักวิชาการและจริยธรรมสากล โดยปราศจากอคติหรือความคิดเห็นส่วนตัวที่ไม่มีข้อมูลทางวิชาการรองรับ และไม่มีส่วนได้เสียหรือผลประโยชน์ทับซ้อนกับผู้แต่ง
2. ผู้ทรงคุณวุฒิต้องตรวจสอบความซ้ำซ้อนของบทความกับงานตีพิมพ์อื่น ๆ
3. ผู้ทรงคุณวุฒิต้องไม่เปิดเผยข้อมูลทุกส่วนของบทความที่ทำการประเมินให้แก่บุคคลอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องในระหว่างการประเมินบทความ
4. ผู้ทรงคุณวุฒิต้องไม่นำข้อมูลในบทความที่ตนประเมินไปเป็นผลงานของตนเองก่อนบทความนั้นได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่
5. ผู้ทรงคุณวุฒิควรตรงต่อเวลาในการส่งผลการประเมินบทความ และหากตรวจพบเนื้อหาในบทความที่มีความซ้ำซ้อนกับผลงานอื่น ผู้ทรงคุณวุฒิต้องแจ้งให้กับบรรณาธิการทราบ และปฏิเสธการตีพิมพ์บทความนั้น ๆ

