คุณลักษณะและส่วนประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหม (Bombyx mori)

Characteristics and chemical composition of silkworm (Bombyx mori) pupae fortified chicken bread spread

นางสาวณัฐวดี ธงภักดิ์

นางสาวทอฟ้า บุญราศรี

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

คุณลักษณะและส่วนประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหม (Bombyx mori)

Characteristics and chemical composition of silkworm (Bombyx mori) pupae fortified chicken bread spread

จัดทำโดย

นางสาวณัฐวดี ธงภักดิ์ รหัสนักศึกษา 59080020

นางสาวทอฟ้า บุญราศรี รหัสนักศึกษา 59080023

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

....20..../...พ.ค./...2563...

(ผศ.ดร.สุพัตรา กาญจนประทุม)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	คุณลักษณะและส่วนประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหม (Bombyx mori)
ชื่อนักศึกษา	นางสาวณัฐวดี ธงภักดิ์ รหัสนักศึกษา 59080020
	นางสาวทอฟ้า บุญราศรี รหัสนักศึกษา 59080023
หลักสูตร	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
พ.ศ.	2563
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. สุพัตรา กาญจนประทุม

บทคัดย่อ

งานปัญหาพิเศษนี้เป็นการศึกษาคุณลักษณะและส่วนประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหม (*Bombyx mori*) โดยมีการศึกษาผลของการเสริมดักแด้หนอนไหมทดแทนเนื้ออกไก่ที่อัตราส่วนต่างๆ (25%,50%,75% ของน้ำหนักเนื้อไก่เริ่มต้น) พบว่า ผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังที่ได้มีปริมาณโปรตีนที่ลดลงตามปริมาณสัดส่วนหนอนไหมที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังเสริมดักแด้หนอนไหมมีปริมาณไขมันสูงกว่าสูตรมาตรฐานที่ไม่มีการเสริมดักแด้หนอนไหม ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้การเสริมดักแด้หนอนไหมในผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังนี้ไม่มีผลต่อค่ากิจกรรมน้ำอิสระ (a_w) และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของผลิตภัณฑ์ แต่มีผลต่อการการเปลี่ยนแปลงค่าสีของผลิตภัณฑ์อย่างชัดเจน โดยค่าความสว่าง (L*) ของผลิตภัณฑ์ลดลง ในขณะที่ค่าความเป็นสีเหลืองและสีแดงเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของ a* และ b* เมื่อปริมาณดักแด้หนอนไหมเพิ่มขึ้น จากผลการตรวจวัดเนื้อสัมผัส ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) และแรงที่ใช้ในการปาด (Shear force) ของผลิตภัณฑ์ลดลงเมื่อสัดส่วนของดักแด้หนอนไหมเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ 75% ของการทดแทนเนื้อไก่ด้วยดักแด้หนอนไหม ($p \leq 0.05$) นอกจากนั้นการเสริมดักแด้หนอนไหมมีผลต่อการลดลงของค่าความคงตัวของอิมัลชั่นอีกด้วย จากผลการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ผลิตภัณฑ์ทาขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหมที่ 50% ได้รับการยอมรับเทียบเท่ากับสูตรมาตรฐาน จึงได้รับการคัดเลือกเพื่อใช้ในการศึกษาการลดปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ทาขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหม โดยการปรับลดปริมาณน้ำมันมะพร้าวในผลิตภัณฑ์ ที่ระดับ 10%, 40%, 70% ของสูตรตั้งต้น (100%) จากผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณลักษณะของเนื้อสัมผัส พบว่าการลดปริมาณน้ำมันมะพร้าว ไม่มีผลต่อปริมาณของโปรตีนในผลิตภัณฑ์แต่มีผลต่อการลดลงของปริมาณไขมันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้ยังมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่า pH ตามการลดลงของปริมาณน้ำมันมะพร้าวอีกด้วย ($p \leq 0.05$) การลดปริมาณน้ำมันมะพร้าวส่งผลให้ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ลดลง แต่ค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น และทำให้ค่าความแน่นเนื้อ แรงที่ใช้ในการปาด และค่าความคงตัวของอิมัลชั่นเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรตั้งต้น ($p \leq 0.05$) จากค่าคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัส ผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำมันมะพร้าว 40% จากสูตรเริ่มต้น ได้รับการยอมรับเทียบเคียงได้กับผลิตภัณฑ์สูตรตั้งต้น ($p > 0.05$) ในทุกคุณลักษณะที่ทำการทดสอบ ดังนั้นดักแด้หนอนไหมสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังจากเนื้อไก่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นอีกช่องทางหนึ่งของการนำวัตถุดิบจากแมลงทานได้มาเพิ่มมูลค่า

คำสำคัญ: ดักแด้หนอนไหม, ผลิตภัณฑ์ปาดขนมปัง, คุณลักษณะ, ส่วนประกอบทางเคมี, น้ำมันมะพร้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special problem title	Characteristics and chemical composition of silkworm (Bombyx mori) pupae fortified chicken bread spread
Student name	Nattawadee Thongpak Student ID 59080020
	Thorfa Boonrasri Student ID 59080023
Program	Bachelor of Science in Food Science and Technology
Year	2020
Advisor	Assist.Prof.Dr. Supattra Karnjanapratum

ABSTRACT

This study aimed to investigate the characteristics and chemical composition of silkworm (*Bombyx mori*) pupae fortified chicken bread spread by substitution chicken meat with silkworm pupae at different levels (25%,50%,75% of chicken meat weight). The result showed that the protein content of the silkworm pupae fortified chicken bread spread was decreased as increasing of silkworm pupae ratios ($p \leq 0.05$). Fat content of fortified bread spread was more than that of control sample (without fortification) ($p \leq 0.05$). Nevertheless, addition of silkworm pupae had no effect on water activity (aw) and pH value, but the color of resulting product. Lightness (L*) was decreased while yellowness and redness were increased as increasing of a* and b* values. Texture properties of product monitored as firmness, shear force as well as emulsion stability were decreased as increasing of silkworm pupae levels, especially at 75% replacement. From sensory evaluation results, the likeness score of the product with 50% substitution was comparable to those of control sample ($p > 0.05$). This formula was then selected for study on decreasing fat content by decreased coconut oil content from the recipe at 10%, 40%, 70% of initial formula (100% fat). Decreasing of coconut oil content could not affect protein content but fat content with Significant decrease ($p \leq 0.05$). pH value was increased with decreasing of lightness, especially at 10% coconut oil ($p \leq 0.05$). Firmness, shear force and emulsion stability were obviously increased, compared with those of initial formula ($p \leq 0.05$). From likeness score, the product with 40% coconut oil obtained a good acceptability which was comparable to the initial formula with 100% coconut oil. Therefore, the silkworm pupa could effectively be applied on fortification of chicken bread spread product, which could enhance the chance to utilize this edible insect as the value-added product.

Keywords: silkworm pupae, bread spread product, characteristic, chemical composition, coconut oil.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำปัญหาพิเศษในหัวข้อ คุณลักษณะและส่วนประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหม (Bombyx mori) สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความกรุณาอย่างยิ่ง ทั้งความช่วยเหลือ คำปรึกษาและข้อเสนอแนะต่างๆ อันเป็นประโยชน์ต่อการทำงานในครั้งนี้ จึงใคร่ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.สุพัตรา กาจนประทุม ที่ให้ความเอาใจใส่เป็นอย่างดี กรุณาสละเวลาอันมีค่ามาช่วยชี้แนะข้อบกพร่องต่างๆที่เกิดระหว่างการทำงาน แนะนำแนวทางการทำงานที่ถูกต้องและดีขึ้น ทำให้งานปัญหาพิเศษนี้ประสบความสำเร็จได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

อีกทั้งขอบพระคุณ ดร.เพ็ญศิริ แก้วทอง ที่ได้กรุณาสละเวลามาร่วมเป็นกรรมการในการนำเสนอปัญหาพิเศษและให้คำแนะนำแก่ข้าพเจ้า

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ และน้องๆของข้าพเจ้า ที่เป็นกำลังใจที่สำคัญของข้าพเจ้า อีกทั้งขอบคุณ คู่ร่วมทำงานปัญหาพิเศษนี้ และเพื่อนๆที่เป็นที่ปรึกษาทางจิตใจ อีกทั้งช่องยูทูป HEARTROCKER Iamsometimes วงGot7 และวงSF9 ที่ทำให้ข้าพเจ้าและคู่รวมทำงานผ่อนคลายและลดความกดดันหลังจากทำงานตลอดมา ขอขอบพระคุณทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องไว้ ณ โอกาสนี้

นางสาวณัฐวดี ธงภักดิ์
นางสาวทอฟ้า บุญราศรี
14 พฤษภาคม 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VI
สารบัญภาพ VII
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 ดักแด้หนอนไหม 3
2.2 น้ำมันมะพร้าว (Coconut oil) 4
2.3 ผลิตภัณฑ์ปาดขนมปัง (Bread spread) 5
2.4 อิมัลชัน (Emulsion) 5
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง 8
3.1 วัตถุดิบและสารเคมี 8
3.2 อุปกรณ์ 9
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง 9
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ 15
4.1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ทาขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหม 15
4.2 การลดปริมาณน้ำมันมะพร้าวในผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหม 19
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 25
5.1 สรุปผล 25
5.2 ข้อเสนอแนะ 25
บรรณานุกรม 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

ภาคผนวก 29
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี. 30
ภาคผนวก ข อุปกรณ์และเครื่องมือ. 34
ภาคผนวก ค แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส 39
ประวัติผู้เขียน 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 ส่วนผสมในการเตรียมผลิตภัณฑ์ขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหม.....11

3.2 สัดส่วนน้ำหนักดักแด้หนอนไหมต่อน้ำหนักเนื้อไก่.....12

3.3 ปริมาณน้ำมันมะพร้าวที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหม.....14

4.1 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมปังจากเนื้อไก่เสริม
ดักแด้หนอนไหมที่ระดับต่างๆ.....15

4.2 คุณสมบัติเชิงเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ขนมปังจากเนื้อไก่เสริม
ดักแด้หนอนไหมที่ระดับต่างๆ.....17

4.3 ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์
ขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหมที่ระดับต่างๆ.....19

4.4 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมปังจากเนื้อไก่เสริม
ดักแด้หนอนไหมที่ระดับน้ำมันมะพร้าวต่างๆ.....20

4.5 คุณสมบัติเชิงเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ขนมปังจากเนื้อไก่เสริม
ดักแด้หนอนไหมที่ระดับน้ำมันมะพร้าวต่างๆ.....21

4.6 ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์
ขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหมที่ระดับน้ำมันมะพร้าวต่างๆ.....24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 ดักแด้หนอนไหม(Bombyx mori).....3

2.2 ภาพจำลองอิมัลชันเชิงเดี่ยวชนิดน้ำมันในน้ำและชนิดน้ำในน้ำมัน.....6

2.3 อิมัลชันเชิงซ้อน.....6

3.1 แผนภาพแสดงการเตรียมผลิตภัณฑ์ปาขนมปังสูตรมาตรฐาน.....11

4.1 Total Expressible Fluid (TEF, %) ของผลิตภัณฑ์ขนมปังจาก เนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหมที่ระดับต่างๆ.....18

4.2 ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำมันที่ทดสอบโดยกระดาษลิตมัส.....21

4.3 Total Expressible Fluid (TEF, %) ของผลิตภัณฑ์ขนมปังจาก เนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหมที่ระดับน้ำมันมะพร้าวต่างๆ.....23

ข1. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven).....35

ข2. ถ้วยหาความชื้น (Moisture can).....35

ข3. โถดูดความชื้น (Desiccator).....36

ข4. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง.....36

ข5. เตาเผาอุณหภูมิสูง (Muffle furnace).....37

ข6. ชุดกลั่นโปรตีน.....37

ข7. ชุดย่อยโปรตีน.....38

ข8. บิวเรตต์ (Burette).....38

ข9. อุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน (Soxhlet apparatus).....39

ค1. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส.....40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แมลงมีบทบาทสำคัญในฐานะแหล่งอาหารในประวัติศาสตร์โภชนาการของมนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในประเทศกำลังพัฒนา (Bodenheimer, 1951) แมลงมีปริมาณโปรตีนที่สูงมากและโปรตีนของแมลงเป็นแหล่งที่ดีของกรดอะมิโนที่จำเป็นเทียบเท่าหรือเหนือกว่าโปรตีนถั่วเหลือง (Frink, deFoliart และ Benevenga, 1989) อีกทั้งแมลงยังเป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพดีที่ราคาถูก และหนึ่งในนั้นคือ ดักแด้หนอนไหม (Silkworm pupae) ซึ่งดักแด้หนอนไหม เป็นระยะดักแด้ของผีเสื้อไหม ตัวสีครีม ลำตัวอ้วนบินไม่ได้ ประกอบด้วยปริมาณโปรตีนร้อยละ 38.9, ไขมันร้อยละ 28.9 (อรนุช และคณะ, 2561) มีการนำดักแด้หนอนไหมมาเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เช่น การนำมาทำเค้กดักแด้หนอนไหมในประเทศญี่ปุ่น (Majumder, 1997) และมีการนำน้ำมันจากดักแด้หนอนไหมมาใช้ในการรักษาโรคตับและโรคเกี่ยวกับทางเดินโลหิต (Koul และคณะ, 1994).

ผลิตภัณฑ์ปาดขนมปัง เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้ในการปาดบนขนมปังหรือแซนวิช พื้นผิวอาหารต่างๆ ตามที่ Moran (1993) ได้ให้ความหมายไว้ว่า ผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังเป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ ที่มีปริมาณไขมันน้อยกว่าร้อยละ15 อีกทั้งมีการนำเนื้อสัตว์ที่ปรุงสุกมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังได้เช่นกัน ซึ่งมีส่วนผสมเช่น เนื้อสัตว์ ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งโปรตีนที่ดี ในปัจจุบันได้มีการวิจัยและศึกษาเพื่อพัฒนาในกลุ่มผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังได้แก่ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังจากตับด้วยการใช้น้ำมันมะกอกร่วมกับไขมันหมูเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ รสชาติของผลิตภัณฑ์ (Martin และคณะ, 2008) การพัฒนาแซนวิชสเปรดลดไขมันจากน้ำมันถั่วเหลืองเพื่อปรับปรุงให้เป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ (วราภรณ์ และคณะ,2555) การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์สะเต๊ะสเปรดเพื่อเพิ่มทางเลือกให้ผู้บริโภคจากการปรับปรุงรสชาติเนื้อสัมผัสให้เข้มข้นและมีความคงตัวมากขึ้น (ศุภัทรกาญจน์ และคณะ, 2550) และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังจากเนื้ออกไก่ (Arya และคณะ, 2017) ที่มีการปรับปรุงเนื้อสัมผัสเพื่อให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ความต้องการของผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังที่เหมาะสมเพื่อเติมเต็มก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยทั่วไปทุกครัวเรือนใช้เนย แต่ปัญหาของเนยคือ มีปริมาณคอเลสเตอรอลสูงที่เกิดจากไขมันอิ่มตัว ในขณะที่สเปรดผลไม้ คือตัวอย่างเช่นแยม เยลลี่ ฯลฯ ส่วนใหญ่มีคาร์โบไฮเดรตและขาดสารอาหารที่เพียงพอ เช่นปริมาณโปรตีน, ไขมัน, เหล็กและแคลเซียม แต่ความต้องการของผู้บริโภคนั้นมีการเติบโตมากขึ้นสำหรับผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพที่ทั้งมีรสชาติและมีเนื้อสัมผัสที่ดี (Pawan, 2014)

ผู้ศึกษาวิจัยได้เล็งเห็นถึงความเป็นไปได้ในการนำดักแด้หนอนไหมมาเป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ปาดขนมปัง ซึ่งเป็นอีกช่องทางหนึ่งในการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ และเป็นการนำวัตถุดิบแมลงกินได้มาพัฒนาให้เกิดผลิตภัณฑ์เพิ่มมูลค่าได้อีกด้วย ดังนั้นการศึกษาปัญหาพิเศษนี้จึงมีความมุ่งหมายที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหม พร้อมทั้งทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ความคงตัวของอิมัลชั่น องค์ประกอบทางเคมี และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหมที่มีคุณค่าทางอาหารและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหม

1.2.2 ศึกษาผลของปริมาณการทดแทนเนื้อไก่ด้วยดักแด้หนอนไหม ที่อัตราส่วนต่างๆ (25-75%) ต่อคุณลักษณะ องค์ประกอบทางเคมี และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

1.2.3 ศึกษาผลของการลดปริมาณน้ำมันมะพร้าว ในผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหม ที่อัตราส่วนต่างๆ (10-70% ของปริมาณน้ำมันมะพร้าวในสูตรตั้งต้น) ต่อคุณลักษณะองค์ประกอบทางเคมี และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1ทราบปริมาณสัดส่วนของการเสริมดักแด้หนอนไหมและ ปริมาณน้ำมันมะพร้าวที่เหมาะสมแก่การนำมาทำผลิตภัณฑ์ทาขนมปังที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่ดีและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

1.3.2 เพิ่มผลิตภัณฑ์ทางเลือกกลุ่มผลิตภัณฑ์ทาขนมปังเพื่อสุขภาพ

1.3.3 สามารถวางแผนการทำงานอย่างเป็นระบบ และใช้เครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ค่าต่างๆได้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ดักแด้หนอนไหม

ดักแด้หนอนไหม เป็นระยะดักแด้ของผีเสื้อไหม ตัวสีครีม ลำตัวอ้วนบินไม่ได้ ก่อนเป็นดักแด้หนอนไหมจะคายเส้นใยออกจากปากมาพันรอบๆตัว เรียกว่า รังไหม ในระยะดักแด้มีระยะเวลาการเจริญเติบโตอยู่ที่ 10-12 วัน เมื่อตัวไหมในระยะดักแด้เจริญเป็นตัวเต็มวัยแล้ว มันจะพ่นของเหลวออกจากปากเพื่อทำให้ใยไหมนิ่ม ช่วยให้ตัวเต็มวัยออกจากรังไหมได้ง่าย ดักแด้หนอนไหมประกอบด้วยปริมาณโปรตีนร้อยละ 38.9, ไขมันร้อยละ 28.9, เถ้าร้อยละ3, คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 29.2, ความชื้นร้อยละ 60.7 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ (อรนุช และคณะ, 2561) ดักแด้ประกอบด้วยวิตามินบี 1, บี 2 และวิตามินอี สารที่สำคัญเช่น ไคตินและไตรเอทานอล ปริมาณของกรดโอเลอิกและกรดลิโนเลอิกในไขมันของดักแด้หนอนไหมใกล้เคียงกับไขมันที่ได้จากสัตว์ อีกทั้งมีปริมาณโปรตีนของดักแด้หนอนไหมมีสูงกว่าโปรตีนของถั่วเหลือง ปลา หรือเนื้อวัว มีการนำดักแด้หนอนไหมมาเป็นวัตถุดิบสำหรับการเตรียมเปปโตน กรดอะมิโน และเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เช่น การนำมาทำเค้กดักแด้หนอนไหมในประเทศญี่ปุ่น (Majumder, 1997) และมีการนำน้ำมันจากดักแด้หนอนไหมมาใช้ในการรักษาโรคตับและโรคเกี่ยวกับทางเดินโลหิต (Koul และคณะ, 1994).

ภาพที่2.1 ดักแด้หนอนไหม (Bombyx mori)

ที่มา: https://jrunique.com/product/silkworm-pupae/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 น้ำมันมะพร้าว (Coconut oil)

น้ำมันมะพร้าว (coconut oil) เป็นน้ำมันพืช (vegetable oil) ที่สกัดได้จากเนื้อในของมะพร้าว (coconut) ซึ่งมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Cocos nucifera น้ำมันมะพร้าวมีปริมาณน้ำมันร้อยละ 63-68 เป็นน้ำมันพืชที่มีกรดไขมันอิ่มตัว ประมาณร้อยละ 90 กรดไขมันอิ่มตัวที่พบมากในน้ำมันมะพร้าวคือ กรดลอริก (lauric acid) อยู่ประมาณ 50% น้ำมันมะพร้าวมีกรดไขมันอิ่มตัวที่มีจุดหลอมเหลวต่ำ จึงเปลี่ยนสถานะเป็นไขเมื่อสัมผัสกับอากาศเย็น

จากงานวิจัย PLoS One : Public Library of Science ในหัวข้อ Soybean Oil is More Obesogenic and Diabetogenic than Coconut Oil and Fructose in Mouse : Potential Role for the Liver. โดย Poonamjot Deol และคณะ (มปป.) ผลการศึกษาพบว่าน้ำมันมะพร้าวจะช่วยเพิ่มไขมันตัวดี HDL ให้สูงขึ้น ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อผลต่อไขมันโดยรวมในร่างกาย และการบริโภคน้ำมันมะพร้าวไม่ได้มีความสัมพันธ์ในการเพิ่มกับไขมันตัวไม่ดีทั้ง LDL และ ไตรกลีเซอไรด์ ลักษณะพิเศษของน้ำมันมะพร้าวคือ 91% ของน้ำมันมะพร้าวเป็นกรดไขมันอิ่มตัว ที่มีความทนทานต่อการทำปฏิกิริยากับอากาศ แสง ความร้อน (Oxidation) ทำให้น้ำมันชนิดนี้เกิดสารพิษหรืออนุมูลอิสระได้ยาก น้ำมันมะพร้าวแม้ผ่านความร้อนถึง 180 องศาเซลเซียส ก็ยังจัดเป็นน้ำมันที่เกิดสารพิษต่อร่างกายน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับน้ำมันพืชทุกชนิด กรดไขมันในน้ำมันมะพร้าวย่อยและเผาผลาญได้ง่าย ร่างกายใช้พลังงานในการเผาผลาญต่ำและสามารถนำไปใช้และให้พลังงานกับเซลล์ได้ไว น้ำมันมะพร้าวมีประโยชน์ต่อสุขภาพอย่างมากมาย สามารถบริโภคน้ำมันมะพร้าวได้โดยกินสด ใช้ทาผิว บำรุงผม หรือใช้ประกอบอาหาร

การเลือกใช้น้ำมันมะพร้าว ให้เลือกใช้น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น เพราะเป็นชนิดที่ผ่านกระบวนการน้อย มีความเป็นธรรมชาติมากและที่มีคุณค่าทางอาหารมากที่สุด เลี่ยงน้ำมันมะพร้าวที่สกัดโดยใช้ตัวทำลายละลายและหรือผ่านการทำให้บริสุทธิ์ เพราะจะทำให้ประโยชน์ต่อสุขภาพหรือคุณค่าทางอาหารของน้ำมันมะพร้าวลดลง และสารเคมีที่ใช้ในกระบวนสกัดน้ำมันหรือทำให้บริสุทธิ์ ก็อาจเป็นอันตรายต่อร่างกายได้ เพราะอาจมีสารเคมีที่เหลืออยู่และน้ำมันบางส่วนอาจเกิดการเปลี่ยนโครงทางเคมีกลายเป็นไขมันทรานส์ ซึ่งการบริโภคไขมันชนิดนี้เป็นอันตรายต่อร่างกาย โดยอาจทำให้เกิดโรคความดันโลหิตสูง ไขมันอุดตันเส้นเลือด และนำไปสู่การป่วยเป็นโรคหัวใจ และการเกิดภาวะเส้นเลือดในสมองตีบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ผลิตภัณฑ์ปาดขนมปัง (Bread spread)

ผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังเป็นอิมัลชัน อีกทั้งเป็นแหล่งไขมันจากนมและผัก (Zellen, 1977) และตามที่ Moran (1993) ได้ให้ความหมายไว้ว่า ผลิตภัณฑ์ปาดทาขนมปังเป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ ที่มีปริมาณไขมันน้อยกว่าร้อยละ15 ผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังเป็นผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มความสะดวกสบายในการบริโภคชนิดหนึ่ง หมายถึงการปาดทาบนขนมปังหรือแซนวิช พื้นผิวอาหารต่างๆ เช่น ขนมปัง และผลิตภัณฑ์อีกจำนวนมากเช่น ชีสสำหรับใช้ในการปาดทา, มายองเนส, แยม และเจลลี่ที่มีขายอยู่ในตลาด อีกทั้งมีการนำเนื้อสัตว์ที่ปรุงสุกมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ปาดทาขนมปังได้เช่นกัน ซึ่งมีส่วนผสมเช่น เนื้อสัตว์, ไขมัน,เครื่องเทศเครื่องปรุงรสและวัตถุเจือปนอาหารอื่นๆ (Anita และคณะ, 2017)

ปัจจุบันมีการวิจัยเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ปาดขนม เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค และสร้างทางเลือกในกลุ่มผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังนี้ ได้แก่ งานวิจัยของ สุนารี และคณะ (2552) ที่ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทาขนมปังจากสมุนไพรโดยมีส่วนประกอบพื้นฐาน 2ส่วน คือ สูตรที่ประกอบด้วยน้ำตาล เพกติน สมุนไพร และนม แป้งมันสำปะหลังดัดแปลง และทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วย 9-point hedonic scale เพื่อหาสูตรที่ดีที่สุด นั่นก็คือสูตร นม แป้งมันสำปะหลังดัดแปลง และสมุนไพร นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทาขนมปังจากถั่วเหลือง ซึ่งเป็นงานวิจัยจาก วราภร และคณะ (2548) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับประโยชน์ของถั่วเหลือง พบว่าถั่วเหลืองเป็นแหล่งของสารอาหารมากมาย จึงได้มีแนวความคิดที่จะพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ทาขนมปังจากถั่วเหลืองขึ้น มีสูตรมาตรฐาน ประกอบด้วยถั่วเหลือง, sodium alginate, น้ำตาล, เกลือ และสูตรอื่นๆ(สูตรกลิ่นนมเนย, สูตรกลิ่นวานิลา, สูตรกลิ่นช็อกโกแลต, สูตรถั่วลิสง) จากนั้นนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วย 9-point hedonic scale พบว่าสูตรที่ได้คะแนนความชอบมากที่สุดคือสูตรรสช็อกโกแลต จากงานวิจัยต่างๆ ทำให้เห็นถึงความสนใจที่มากขึ้นต่อกลุ่มผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังของผู้บริโภค

2.4 อิมัลชั่น (Emulsion)

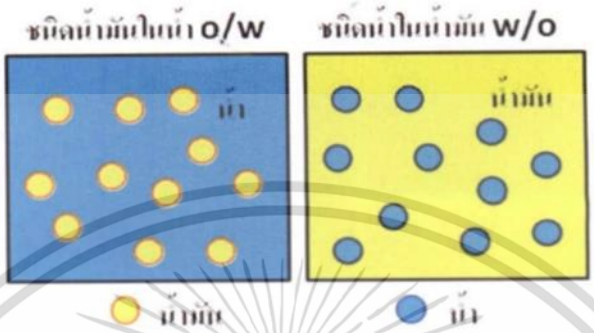
อิมัลชั่น คือระบบคอลลอยด์ (colloid) ที่ประกอบด้วยของเหลว ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ซึ่งปกติไม่อยู่รวมกัน สามารถผสมเป็นเนื้อเดียวกัน เช่น การผสมน้ำกับน้ำมัน โดยการทำให้ของเหลวชนิดหนึ่งกระจายตัวเป็นหยดเล็กๆ (droplet) อยู่ในของเหลวชนิดหนึ่ง โดยอิมัลซิไฟเออร์เป็นตัวช่วยป้องกันไม่ให้อนุภาคของเหลวที่เป็นหยดเล็กๆ เหล่านี้มารวมตัวกัน ทำให้เกิดการกระจายเป็นเนื้อเดียวกัน อิมัลซิไฟเออร์จะอยู่ที่ชั้นระหว่างน้ำกับน้ำมัน บางเป็น 2 ประเภท

1. อิมัลชันเชิงเดี่ยว (single emulsion)

1.1 อิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (Oil in water emulsion: o/w) อิมัลชันชนิดนี้มี น้ำมันเป็นวัฏภาคกระจายตัว (dispersed phase) หรือ วัฏภาคภายใน (internal phase) และมีน้ำเป็นวัฏภาคต่อเนื่อง (continuous phase) หรือ วัฏภาคภายนอก (external phase) ตัวอย่างอาหาร เช่น นม และ มายองเนส เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

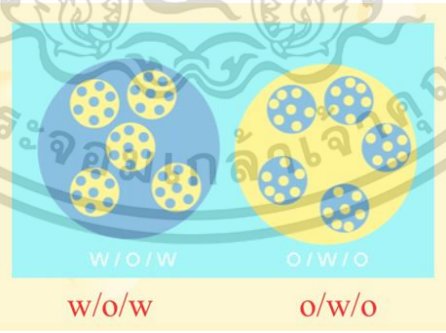
1.2 อิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมัน (Water in oil emulsion: w/o) อิมัลชันชนิดนี้มีน้ำ เป็นวัฏภาคกระจายตัว (dispersed phase) หรือ วัฏภาคภายใน (internal phase) และมีน้ำมันเป็นวัฏภาคต่อเนื่อง (continuous phase) หรือ วัฏภาคภายนอก (external phase) ตัวอย่างอาหาร เช่น เนย และ มาการีน เป็นต้น



ภาพที่2.2 ภาพจำลองอิมัลชันเชิงเดี่ยวชนิดน้ำมันในน้ำและชนิดน้ำในน้ำมัน
ที่มา: ดัดแปลงจาก McClements (2005)

2. อิมัลชันเชิงซ้อน (multiple emulsion)

อิมัลชันชนิดนี้ จะมีรูปแบบของวัฏภาคภายในที่ซ้อนกันอยู่ สามารถเรียกได้ว่าเป็น อิมัลชันในอิมัลชัน ยกตัวอย่าง เช่น ▪ w/o/w (อิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมันในน้ำ) ซึ่งจะมีวัฏภาคภายในคือ หยดน้ำเล็กๆที่กระจายตัวและโดนล้อมรอบอยู่ในหยดน้ำมัน ที่มีการกระจายตัวอยู่ในวัฏภาคภายนอก คือ น้ำ ▪ o/w/o (อิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำในน้ำมัน) ซึ่งจะมีวัฏภาคภายในคือ หยดน้ำมันเล็กๆที่กระจายตัวและโดนล้อมรอบอยู่ในหยดน้ำ ที่มีการ กระจายตัวอยู่ในวัฏภาคภายนอก คือ น้ำมัน



ภาพที่2.3 อิมัลชันเชิงซ้อน
ที่มา: ดัดแปลงจาก McClements (2005)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.กลไกการเกิดอิมัลชัน

ของเหลวทั้งสองชนิดจะแยกกันอยู่ ไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกันเนื่องจากเกิดแรงตึงผิวระหว่างผิวของเหลวทั้งสองแต่เมื่อเขย่าหรือมีการให้แรง ซึ่งเป็นการเพิ่มพลังงานอิสระแก่พื้นผิว จะทำให้ของเหลว เกิดกระจายตัวเป็นหยดเล็กๆเกิดเป็น อิมัลชันขึ้นมาได้ ดังนั้นในขั้นตอนของการทำให้เกิดอิมัลชัน จะต้องทำให้ของเหลวที่เป็นวัฏภาคภายใน แตกกระจายเป็นหยดเล็กๆโดยอาศัยพลังงาน ซึ่งอาจจะใช้ในรูปของแรงดัน การคนหรือเขย่า การสั่นสะเทือนโดยใช้คลื่นเสียง เป็นต้น

4.อิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier)

อิมัลซิไฟเออร์เป็นสารที่มีด้านที่ชอบน้ำ (hydrophilic) และด้านที่ชอบไขมัน lipophilic) จะสามารถ จับได้ทั้งน้ำและอีกด้านหนึ่งก็จะจับกับไขมัน จึงเป็นสารที่จะแทรกอยู่ที่ผิวระหว่างเม็ดไขมันและน้ำ ช่วยลดแรงตึงที่ผิวระหว่างผิวของน้ำและผิวของไขมัน ทำให้คงลักษณะอีมัลชั่นไว้ได้ ไม่เกิดการแยกชั้นเป็นชั้นไขมันกับชั้นน้ำ ซึ่งส่งผลต่อความสามารถในการดักอากาศและขึ้นฟู

4.1 โปรตีนที่ทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์

โปรตีนเป็นสารออกฤทธิ์ทางพื้นผิว มีประสิทธิภาพเพราะมีความสามารถในการลดแรงตึงผิวระหว่างส่วนที่ไม่ชอบน้ำและส่วนที่ชอบน้ำในอาหารและโปรตีนประกอบด้วยกรดอะมิโนที่มีขั้ว ซึ่งเสถียรภาพของโปรตีนในระบบอิมัลชั่นเป็นผลมาจากการโปรตีนหุ้มรอบๆหยดไขมัน ป้องกันการรวมตัวกันของอิมัลชั่น มีโปรตีนที่มีส่วนชอบน้ำและไม่ชอบน้ำ (Amphiphilic protein) ที่มีพื้นผิวที่มีความชอบน้ำต่ำ (Surface hydrophobicity) ในปริมาณมาก จะถูกดูดซับที่ส่วนต่อประสานระหว่างน้ำมันกับน้ำ โปรตีนที่ถูกดูดซับไว้จะช่วยลดแรงตึงผิวหรือความตึงผิว ซึ่งจะช่วยให้เกิดระบบอิมัลชั่น (Zayas, 1997)

และมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวข้องกับความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ของโปรตีนจากแมลง จากงานวิจัยของ Gould และคณะ (2017) ศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ของโปรตีนจากหนอนนก (*Tenebrio molitor*) ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ของโปรตีนจากหนอนนกกับโปรตีนเวย์ ผลปรากฏว่าโปรตีนจากหนอนนกมีกิจกรรม(Interfacial activity)และแรงดูดซับพื้นรอยต่อระหว่างเฟสน้ำกับน้ำมัน (Adsorption kinetics) ที่มากกว่าโปรตีนเวย์ ทำให้ระบบอิมัลชั่นมีความเสถียร และนอกเหนือจากโปรตีนแมลงที่นำมาใช้เป็นอิมัลซิไฟเออร์แล้วยังมีการนำโปรตีนจากแหล่งอื่นมาใช้ เช่น โปรตีนจากถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่ใช้แป้งข้าวเจ้าที่ไม่มีโปรตีนกลูเตนแทนแป้งสาลี และการเติมโปรตีนไข่ในน้ำสลัด เป็นต้น(ปาริฉัตร, 2555)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบ

หนอนไหม

น้ำมันมะพร้าว

เนื้อออกไก่

3.1.2 สารเคมี

ตัวเร่งปฏิกิริยาผสม: Copper sulfate, Sodium sulfate และ concentrate sulfuric acid

40% Sodium hydroxide

0.1N Hydrochloric acid

4% Boric acid

Petroleum ether (Boiling point 40-60℃)

Hexane

Calcium Carsinate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 อุปกรณ์

ชุดย่อยโปรตีน: Kjeldatherm(KT-L8s ,Gerhardt, Germany)

ชุดกลั่นโปรตีน: Vapodest (30s,Gerhardt, Germany)

Soxtherm(SOX416, Gerhardt, Germany)

Muffle Furnace(CWF11/13/201,Carbolite, England)

ตู้อบลมร้อน Gravity basic digital oven D (UNB10 ,Mammert, USA)

Texture analyzer (TA-XT plus, stable micro systems, UK) – หัววัดรูปกรวย 45 องศา

Chroma Meter (CR-400, Konica Minolta, Osaka, Japan)

เครื่องปั่นเหวี่ยงสารแบบควบคุมอุณหภูมิ Refrigerated Centrifuge (5804 R Eppendorf, Germany)

เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง pH meter (Sp20K Easy compact, Mettler Toledo, Switzerland)

เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (New Classic MS 204, Mettler Toledo, Switzerland)

บีกเกอร์ Beaker

เครื่องปั่นผสม Blender

เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้(Series 4TE Aqualab, METER Group, USA)

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียมวัตถุดิบ

3.3.1.1 ดักแด้หนอนไหม

นำตัวอย่างดักแด้หนอนไหมแช่แข็งซึ่งได้จากตลาดในพื้นที่เขตคลองเตย จังหวัดกรุงเทพมหานคร ประเทศไทย ล้างทำความสะอาด บรรจุลงถุงพลาสติกและปิดผนึก เก็บที่อุณหภูมิ -30 องศาเซลเซียส เพื่อเตรียมพร้อมรอการใช้งาน เมื่อต้องการใช้ให้ทำการละลายน้ำแข็ง (Thaw) ภายในตู้เย็นจนน้ำแข็งละลายและอุณหภูมิใจกลางตัวอย่างอยู่ที่ 0-4 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.2. เนื้อไก่

นำตัวอย่างเนื้ออกไก่ซึ่งได้จากตลาดในพื้นที่เขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร นำตัวอย่างเนื้ออกไก่มาล้างด้วยน้ำสะอาด หั่นเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมลูกเต๋า(2x2x2 cm^3) จากนั้นนำตัวอย่างเนื้อไก่มาทำการเก็บในถุงพลาสติก(Polypropylene) และทำการเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกระทั่งนำมาใช้งานภายในเวลา 24 ชั่วโมง (Arya และคณะ, 2017)

3.3.1.3. เครื่องปรุงรส (Condiments)

เครื่องปรุงรสที่ใช้ ประกอบด้วย หัวหอม ขิง พริกไทย และกระเทียมซึ่งได้จากตลาดในพื้นที่เขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร ประเทศไทย นำมาล้างทำความสะอาดปอกเปลือก และหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ก่อนทำการปั่นผสมเข้าด้วยกันโดยใช้เครื่องปั่นผสมในอัตราส่วน 3:2:1 โดยน้ำหนัก (Arya และคณะ, 2017)

3.3.2. การเตรียมของผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหม

3.3.2.1. สูตรมาตรฐาน

วิธีการเตรียมและส่วนผสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังจากเนื้อไก่ดัดแปลงมาจาก Arya และคณะ (2017) ประกอบด้วย เนื้ออกไก่ น้ำมันมะพร้าว ดักแด้หนอนไหม (Silkworm pupae) เครื่องปรุงรส (หัวหอม: ขิง: กระเทียม) (3:2:1) แป้งมัน เกลือและน้ำส้มสายชู ดังแสดงในตารางที่3.1 โดยเริ่มจากนำเนื้ออกไก่มาปั่นผสมกับส่วนผสมต่างๆ (ยกเว้น น้ำส้มสายชูและน้ำตาล) จากนั้นนำไปทำให้สุกโดยการให้ความร้อน จนอุณหภูมิใจกลางอาหารอยู่ที่ 73 °C เป็นเวลา 15นาที จากนั้นใส่น้ำตาลทรายและน้ำส้มสายชูลงไปนำส่วนผสมที่ได้ปั่นให้เข้ากันโดยเครื่องปั่นผสมอีกครั้ง ก่อนการบรรจุลงโถแก้วที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยการต้มในน้ำร้อน (85 °C) เป็นเวลา 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมในการเตรียมผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหม

ส่วนผสม	ปริมาณที่ใช้
เนื้อไก่	250.00 กรัม
น้ำมันมะพร้าว	52.50 กรัม
เครื่องปรุงรส	13.00 กรัม
แป้งมันฝรั่ง	18.00 กรัม
น้ำส้มสายชู	9.00 กรัม
เกลือ	2.00 กรัม
น้ำตาล	1.00 กรัม
พริกไทยป่น	1.00 กรัม
น้ำ	13.00 กรัม

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก Arya A.และคณะ (2017)

ภาพที่3.1 แผนภาพแสดงการเตรียมผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังสูตรมาตรฐาน
ที่มา: ดัดแปลงจาก Arya และคณะ (2017)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.2. สูตรเสริมดักแด้หนอนไหม

ส่วนผสมและวิธีการในการผลิตผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหมเป็นเช่นเดียวกันกับที่อธิบายไว้ในการเตรียม ผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังจากเนื้อไก่สูตรมาตรฐาน (3.2.2.1) โดยทำการทดแทนปริมาณเนื้ออกไก่ที่ใช้ในสูตรด้วยดักแด้หนอนไหม ที่อัตราส่วนต่างๆ (25%, 50% และ75% ของน้ำหนักเนื้อไก่เริ่มต้น (250กรัม)) ดังแสดงในตารางที่3.2 นี้

ตารางที่ 3.2 สัดส่วนน้ำหนักดักแด้หนอนไหมต่อน้ำหนักเนื้อไก่ จากทั้งหมด 250 กรัมในผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหม

ร้อยละการทดแทนเนื้ออกไก่ด้วยดักแด้หนอนไหม	น้ำหนักดักแด้หนอนไหม (กรัม)	น้ำหนักเนื้อไก่ (กรัม)
25	62.50	187.50
50	125.00	125.00
75	187.50	62.50

3.3.3 คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหม

3.3.3.1 องค์ประกอบทางเคมี

ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า ของตัวอย่างหาได้จากการใช้วิธีของ AOAC (2000)

3.3.4 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ

3.3.4.1 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water activity: a_w)

ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ วัดขณะที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องAqualab (Series 4TE)

3.3.4.2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH value)

ทำการตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่าง โดยการชั่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปาดขนมปัง (10 กรัม) ลงในบีกเกอร์ 50 มล. และเติมกลั่นจำนวน 20 มล. ทำการกวนผสมจนตัวอย่างกระจายตัวอย่างสมบูรณ์ ก่อนทำการวัดค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง pH meter (Sp20K Easy compact, Mettler Toledo, Switzerland)

3.3.4.3 ค่าสี

ทำการตรวจวัดค่าสีของตัวอย่างด้วยเครื่อง Hunter lab รุ่น ColorQuest XE วัดค่าสี (L*: ความสว่าง, a*: ความเป็นสีแดง, b*: ความเป็นสีเหลือง) โดยทำการคำนวณ ค่าความแตกต่างของสี (ΔE*) จากสมการต่อไปนี้ (Hermann von Helmholtz, 1998)

$$\Delta E^* = [(\Delta L*)^2 + (\Delta a*)^2 + (\Delta b*)^2]^{1/2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4.4 เนื้อสัมผัส

นำผลิตภัณฑ์ทาขนมปังดักแด้หนอนไหมใส่บีกเกอร์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.00 เซนติเมตร ไปวัดค่าความแข็งและความเหนียวด้วย เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส Texture analyzer (TA-XT plus, stable micro systems, UK) โดยใช้หัววัดรูปกรวย 45° (Conical probe Perspex (P/45C), UK) ทำการกดหัววัดลงไปในตัวอย่าง (pre-test speed 1 mm/s, test speed 2 mm/s, post test speed 10 mm/s, distance 20 mm และ trigger force 5 g) อ่านค่าค่าความแน่นเนื้อ (firmness) จากแรงต้านการกดตัวอย่างสูงสุด (Martin และคณะ ,2017) และค่าความสามารถในการแผ่กระจายตัว จากแรงที่ใช้ในการปาด (shear force) มีหน่วยเป็น g.sec (Brighenti และคณะ, 2008)

3.3.4.6 ทดสอบความคงตัวของอิมัลชัน

ใช้วิธีของ Martin และคณะ (2008) นำตัวอย่างสเปรดดักแด้หนอนไหมสูตรที่ดีที่สุด5.0กรัม ใส่ขวดปั่นเหวี่ยง แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 890 RCF โดยมีการคุมอุณหภูมิตัวอย่างสองสภาวะ 25 องศาเซลเซียส นำส่วนsupernatant ออกซึ่งsupernatant ที่เป็นน้ำมันแยกออกได้โดยการใช้เฮกเซน 2.00 มิลลิลิตร แยกแค่ส่วน pellet ไว้ เพื่อไปชั่งน้ำหนักของ pelletsรวมขวดปั่นเหวี่ยง แล้วนำน้ำหนักที่ได้มาคำนวณจากสมการต่อไปนี้

$$\%\text{total expressible fluid (\%TEF)} = \left(\frac{\text{น้ำหนักขวดปั่นเหวี่ยงที่มีตัวอย่างสเปรด} - \text{น้ำหนักขวดปั่นเหวี่ยงที่มีเฉพาะส่วน pellet}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างสเปรด}}\right) \times 100$$

3.3.6 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

นำผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหม มาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้าน ลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัสขณะปาด รสชาติ กลิ่นรส/ความรู้สึกภายหลังการชิม และความชอบโดยรวม โดยผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านฝึกจำนวน 30 คน ด้วยวิธี 9-point hedonic scales ที่คะแนน 1= ไม่ชอบมากที่สุดและ 9=ชอบมากที่สุด ตัวอย่าง (3.5 กรัม) ถูกจัดเสิร์ฟพร้อมบิสกิตจืด โดยผู้ทดสอบชิมทำการทาปาดตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหมทั้งหมดที่จัดเตรียมให้ลงบนขนมปัง และทำการทดสอบชิม โดยผู้ทดสอบชิมต้องทำการล้างปากด้วยน้ำดื่มขั้นในแต่ละตัวอย่างที่ทำการทดสอบ เพื่อไม่ให้มีรสชาติคงเหลือภายในปาก (Meilgaard และคณะ, 1991)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.7 ศึกษาการลดปริมาณน้ำมันมะพร้าวในผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหม

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหมที่ 50% ของการทดแทนเนื้อไก่ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมด้วยคะแนนเทียบเคียงได้กับตัวอย่างสูตรมาตรฐาน จึงได้ถูกคัดเลือกเพื่อนำมาศึกษาการลดปริมาณน้ำมันมะพร้าวในผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหมต่อไป

3.3.7.1 การเตรียมของผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหมสูตรลดไขมัน

ส่วนผสมและวิธีการในการผลิตผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหมสูตรลดไขมัน เป็นเช่นเดียวกันกับที่อธิบายไว้ในการเตรียม ผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังจากเนื้อไก่สูตรเสริมดักแด้หนอนไหมที่ 50% ของการทดแทนเนื้อไก่ (3.2.2.2) โดยทำการปรับลดปริมาณน้ำมันมะพร้าวลงที่ระดับต่างๆจากสูตรตั้งต้น (52.5 กรัม, 100%) ดังแสดงในตารางที่ 3.3 นี้

ตารางที่ **3.3** ปริมาณน้ำมันมะพร้าวที่ใช้ในการเตรียมผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหม

ร้อยละของปริมาณน้ำมันมะพร้าวเทียบกับสูตรตั้งต้น	น้ำหนักน้ำมันมะพร้าว (กรัม)
100%	52.50
70%	36.75
40%	21.00
10%	5.25

3.3.7.2 การวิเคราะห์

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหมสูตรลดไขมันที่ได้ มาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (3.3.3) สมบัติทางเคมีกายภาพ (3.3.4) ความคงตัวของอิมัลชัน (3.3.5) และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส (3.3.6) ตามรายละเอียดที่กล่าวไว้ข้างต้น โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบกับตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหมสูตรตั้งต้นที่ไม่ผ่านการลดปริมาณน้ำมันมะพร้าว

3.3.8 การวิเคราะห์ผลการทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ ด้วย One-way ANOVA ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 โดยใช้ SPSS 23.0 (IBM, SPSS ซอฟต์แวร์ทางสถิติ, Inc., Chicago, IL, USA) ถ้าพบนัยสำคัญทางสถิติจะคำนวณค่า Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ทาขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหม

4.1.1 องค์ประกอบทางเคมี

ผลจากการวิเคราะห์ค่าปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น เถ้าในผลิตภัณฑ์ทาขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหม ดังแสดงในตารางที่ 4.1 พบว่าค่าปริมาณร้อยละโปรตีนและความชื้นลดลง เปรียบเทียบกับตัวอย่างชุดควบคุม (เนื้อไก่ 100%) โดยปริมาณโปรตีนลดลงตามการเพิ่มขึ้นของสัดส่วนของดักแด้หนอนไหม ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ค่าร้อยละของปริมาณไขมันและปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนของดักแด้หนอนไหมเพิ่มขึ้น

Table 4.1

Chemical composition of chicken bread spread fortified with silkworm (Bombyx mori) pupae at different levels.

Chemical composition	Sample			
	Control	25%	50%	75%
Protein (%)[a]	15.63 ± 0.22[a]	14.56 ± 0.24[b]	13.64 ± 0.32[c]	12.12 ± 0.07[d]
Fat (%)	34.94 ± 0.29[c]	43.03 ± 0.44[b]	45.31 ± 0.59[a]	45.67 ± 0.41[a]
Moisture (%)	66.14 ± 2.93[a]	60.08 ± 0.23[b]	60.00 ± 0.65[b]	58.06 ± 0.37[b]
Ash (%)	1.51 ± 0.04[b]	1.52 ± 0.03[b]	1.59 ± 0.06[b]	2.18 ± 0.08[a]

Data are expressed as mean ± standard deviation (n=3).

Control: Chicken bread spread without fortification of silkworm pupae.

De25%,50%,75%: %: Silkworm pupae fortified chicken bread spread with replacement ratio of chicken meat at 25%,50%,75%, respectively.

[a,b,c,d] indicate significant differences between the data in the same row ($p \leq 0.05$)

[a] The conversion factor used is 6.25.

ทัศน์วรรณ และคณะ (2557) พบว่าเนื้ออกไก่มีค่าปริมาณโปรตีน ร้อยละ 25.713 ค่าความชื้นระหว่างร้อยละ 64.313 - 75.354 ค่าปริมาณไขมัน ร้อยละ 0.684 และค่าปริมาณเถ้า ร้อยละ 2.073 ส่วนในดักแด้หนอนไหมมีค่าปริมาณโปรตีน ร้อยละ 14.7 ค่าความชื้น ระหว่างร้อยละ 70 ค่าปริมาณไขมัน ร้อยละ 8.3 (นันทยา และคณะ, 2547) ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมีที่เกิดขึ้นเมื่อทำการเสริมดักแด้หนอนไหมลงในผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังเนื้อไก่ โดยการใช้ดักแด้หนอนไหมทดแทนเนื้อไก่นั้น อาจเป็นมาจากความแตกต่างขององค์ประกอบทางเคมีของดักแด้หนอนไหมที่แตกต่างจากเนื้ออกไก่ ที่มีปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรตีนและความชื้นที่สูงกว่า พร้อมกันนี้ดักแด้หนอนไหมยังเป็นแหล่งไขมันที่ดี มีชั้นเปลือกนอกของร่างกายที่เป็นแหล่งไคตินและแร่ธาตุต่างๆ (Toshio, I., 1967) ทำให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้ มีปริมาณไขมันและเถ้าที่สูงขึ้นด้วย

4.1.2 คุณสมบัติเชิงเคมีกายภาพ

คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหมที่อัตราส่วนต่างๆ แสดงไว้ในตารางที่ 4.2 พบว่า ค่ากิจกรรมน้ำอิสระ(Water activity) ของตัวอย่าง มีค่าระหว่าง 0.96-0.97 และมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 5.38-5.59 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงให้เห็นว่า การเติมดักแด้หนอนไหมลงไปในผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติทั้ง 2 ตัวนี้ ในขณะที่ค่าสีของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเติมดักแด้หนอนไหมมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน การเติมดักแด้หนอนไหมทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างลดลง (L* ลดลง) และมีค่าความเป็นสีแดง (a* เพิ่มขึ้น) และเหลือง (b* เพิ่มขึ้น) ทำให้ค่าความแตกต่างของสี (ΔE^*) ของผลิตภัณฑ์เสริมหนอนไหมกับตัวอย่างควบคุม มีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณหนอนไหมที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การเปลี่ยนแปลงของสีที่เกิดขึ้นนี้ อาจสืบเนื่องมาจากสีของเปลือกนอกของหนอนไหม ที่มีสีน้ำตาลคล้ำ เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของหนอนไหมที่เติมลงในผลิตภัณฑ์จึงทำให้สีของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความเป็นสีน้ำตาลและมีความคล้ำเพิ่มมากขึ้นด้วย เช่นเดียวกับการเติมแป้งจากตั๊กแตนลงในผลิตภัณฑ์ขนมปัง จะทำให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีสีที่เปลี่ยนไปตามสีของตั๊กแตนที่เติมลงไป (Haber และคณะ, 2018)

ในส่วนของลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหม วิเคราะห์ได้จากความแน่นเนื้อ (Firmness) และค่าแรงที่ในการปาด (Shear force) (ตารางที่ 4.2) พบว่าการเสริมดักแด้หนอนไหมมีผลต่อการลดลงของค่าความแน่นเนื้อและค่าแรงในการปาด เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ($p \leq 0.05$) โดยค่าความแน่นเนื้อและค่าแรงในการปาดมีแนวโน้มลดลงตามสัดส่วนของดักแด้หนอนไหมที่เพิ่มขึ้น ดักแด้หนอนไหมมีส่วนประกอบของไขมันที่มากกว่าเนื้ออกไก่ (ทัศน์วรรณ และคณะ, 2557; นันทยา และคณะ, 2547) ซึ่งโปรตีนกล้ามเนื้อไก่ (Myofibril) เป็นองค์ประกอบหลักที่ทำให้เกิดโครงสร้างเจลภายในผลิตภัณฑ์ปาดขนมปัง ซึ่งมีหยดไขมัน (Oil droplet) กระจายอยู่ในเนื้อเจล ในรูปอิมัลชัลแบบ oil-in-water เมื่อปริมาณโปรตีนในระบบลดลงและมีไขมันเพิ่มขึ้น อาจทำให้บทบาทในการเกิดโครงสร้างของเจลโปรตีนน้อยกว่าบทบาทในการเกิดอิมัลชั่นในผลิตภัณฑ์ (Su และคณะ, 2002) และเกิดระบบอิมัลชัลที่หยาบขึ้น โดยหยดไขมันที่กระจายตัวในผลิตภัณฑ์อาจมีขนาดใหญ่และกระจายตัวได้ไม่ดี เพราะโปรตีนที่ทำหน้าที่เป็น emulsifier ลดจำนวนลง (Zayas และคณะ, 1997) นอกจากนี้ เปลือกนอกของดักแด้หนอนไหมมีไคตินเป็นองค์ประกอบหลักซึ่งไม่สามารถละลายน้ำได้ (สุธิดา, 2552) และอาจขัดขวางการสร้างเจลโปรตีนที่เป็นโครงสร้างหลักของผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีโครงสร้างไม่แข็งแรงและมีผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่มีค่าความแน่นเนื้อและแรงที่ใช้ในการปาดลดลงตามมาด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 4.2

Characteristics of chicken bread spread fortified with silkworm (Bombyx mori) pupae at different levels.

Characteristics		Samples			
		Control	25%	50%	75%
Water Activity (%)		0.97 ± 0.000[a]	0.96 ± 0.000[a]	0.97 ± 0.000[a]	0.97 ± 0.000[a]
pH		5.38 ± 0.12[a]	5.59 ± 0.13[a]	5.55 ± 0.13[a]	5.44 ± 0.01[a]
Color	**L***	82.04 ± 0.73[a]	73.35 ± 0.97[b]	64.39 ± 1.21[c]	58.84± 0.45[d]
	a*	1.76 ± 0.51[b]	1.98 ± 0.56[b]	3.78 ± 0.37[a]	3.96 ± 0.93[a]
	b*	17.83 ± 0.83[b]	21.99 ± 1.63[a]	23.35 ± 0.60[a]	21.89 ± 2.18[a]
	ΔE*	-	9.67 ± 0.13[c]	18.60 ± 0.54[b]	23.69 ± 0.54[a]
Texture properties					
Firmness (g)		20.33 ± 0.58[a]	13.00 ± 0.00[b]	10.00 ± 0.00[c]	9.00 ± 0.00[c]
Shear force (g.sec)		34.33 ± 0.58[a]	11.00 ± 0.00[b]	6.00 ± 0.00[b]	1.00 ± 0.00[c]

Data are expressed as mean$\pm$ standard deviation (n=3).

Control: Chicken bread spread without fortification of silkworm pupae.

25%, 50%, 75%: Silkworm pupae fortified chicken bread spread with replacement ratio of chicken meat at 25%, 50%, 75%, respectively.

[a,b,c,d] indicate significant differences between the data in the same row ($p \leq 0.05$).

4.1.3 ความคงตัวของอิมัลชัน

ความคงตัวของอิมัลชันวิเคราะห์ในรูปของค่าร้อยละของปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ ของตัวผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหมที่ระดับต่างๆ แสดงในรูปที่ 4.1 ร้อยละปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของดักแด้หนอนไหมที่ใช้ในการเตรียมผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) บ่งบอกถึงความคงตัวของระบบอิมัลชันในผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังที่ลดลงเนื่องจากของเหลว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง หยดไขมัน ไม่สามารถถูกตรึงให้อยู่ในระบบอิมัลชันและถูกแยกจากโครงสร้างผลิตภัณฑ์ได้จากการปั่นเหวี่ยง (วรรณชยา และคณะ, 2556) ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากปริมาณไขมันที่เพิ่มสูงขึ้นในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเติมดักแด้หนอนไหม ร่วมกับการลดลงของโปรตีนที่ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างหลักของผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังและยังทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ทาขนมปังนี้มีความคงตัวของอิมัลชันต่ำลง เกิดการแยกชั้นของน้ำมันและน้ำในผลิตภัณฑ์ได้ง่ายขึ้น ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ Youssef และBarbut (2008) ที่ศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของระดับโปรตีนและไขมันต่อ Emulsion stability ในmeat batters ซึ่งพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์ จะสามารถลดปริมาณไขมันที่ใช้ทั้งแบบน้ำมันพืชและไขมันสัตว์ของผลิตภัณฑ์ เช่น โปรตีนที่ระดับ10% ใช้น้ำมันจากพืช(คาโนล่า)ที่ระดับ 22.10% และไขมันสัตว์ที่ระดับ 27.30% แต่โปรตีนที่ระดับ 15%จะใช้น้ำมันจากพืช 20.70% และไขมันจากสัตว์ 25.60% อีกทั้งเมื่อปริมาณโปรตีนสูงขึ้นจะช่วยรักษาเสถียรภาพของผลิตภัณฑ์อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

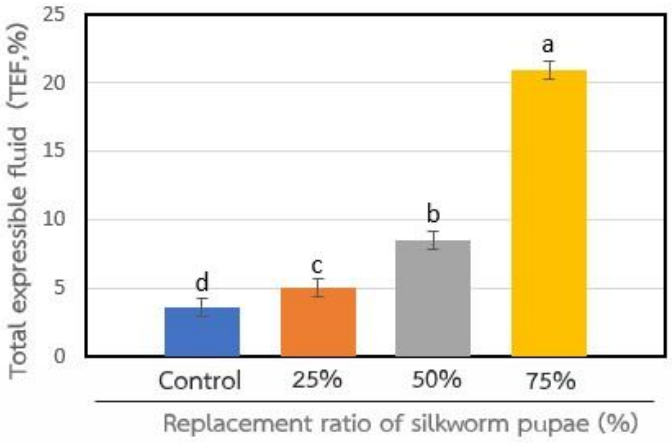


Figure4.1 Total expressible fluid (TEF, %) of chicken bread spread fortified with silkworm (Bombyx mori) pupae at different levels. Control: Chicken bread spread without fortification of silkworm pupae. 25%, 50%, 75%: Silkworm pupae fortified chicken bread spread with replacement ratio of chicken meat at 25%, 50%, 75%, respectively. ^{a,b,c,d} indicate significant differences between the data ($p \leq 0.05$).

4.1.4 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

จากผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหมโดยใช้9-Point hedonic scales (ตารางที่ 4.3) พบว่าการเพิ่มขึ้นของอัตราส่วนดักแด้หนอนไหมในผลิตภัณฑ์มีผลต่อการลดลงของค่าความชอบในทุกคุณลักษณะที่ทำการทดสอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ระดับหนอนไหมสูงสุดที่ใช้ในการทดลอง (75%) ($p \leq 0.05$) ผลการทดลองนี้ สอดคล้องกับคุณสมบัติทางเคมีกายภาพที่เปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์โดยเฉพาะ ค่าสี และคุณลักษณะทางเนื้อสัมผัส เมื่อทำการเติมดักแด้หนอนไหม (ตารางที่ 4.2) ประกอบกับกลิ่นและรสชาติเฉพาะของดักแด้หนอนไหมที่มีผลต่อกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์สุดท้าย ทำให้คะแนนความชอบด้านรสชาติ และกลิ่นรส/ความรู้สึกหลังการชิม ลดลงได้ อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหมที่ระดับ 50% ได้คะแนนความชอบของคุณลักษณะทุกด้านที่ทดการทดลองเทียบเท่าได้กับตัวอย่างควบคุม ดังนั้นผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหมที่ระดับ 50% จึงได้รับการคัดเลือกเพื่อใช้ในการศึกษาการลดปริมาณไขมันในบทต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 4.3

Sensory characteristics of chicken bread spread fortified with silkworm (*Bombyx mori*) pupae at different levels.

Attributes	Likeness score			
	Control	25%	50%	75%
Appearance	6.26 ± 2.11[a]	6.23 ± 1.47[a]	5.86 ± 1.19[a]	4.71 ± 1.69[b]
Color	6.26 ± 0.44[a]	6.23 ± 0.43[a]	5.86 ± 0.36[a]	4.71 ± 0.46[b]
Texture	6.88 ± 1.60[a]	7.11 ± 1.18[a]	6.68 ± 1.23[a]	6.00 ± 1.57[b]
Taste	6.00 ± 2.21[ab]	6.28 ± 1.48[a]	6.34 ± 1.21[a]	5.46 ± 1.31[b]
After taste	6.03 ± 1.90[ab]	6.20 ± 1.64[a]	5.83 ± 1.62[ab]	5.23 ± 1.63[b]
Overall	6.37 ± 1.94[a]	6.51 ± 1.37[a]	6.54 ± 1.52[a]	5.54 ± 1.57[b]

Data are expressed as mean$\pm$ standard deviation (n=30).

Control: Chicken bread spread without fortification of silkworm pupae.

25%, 50%, 75%: Silkworm pupae fortified chicken bread spread with replacement ratio of chicken meat at 25%, 50%, 75%, respectively.

[a,b,c,d] indicate significant differences between the data in the same row ($p \leq 0.05$).

4.2 การลดปริมาณน้ำมันมะพร้าวในผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหม

ผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหมที่ระดับ 50% ได้รับคัดเลือกเพื่อนำมาศึกษาการลดปริมาณไขมัน โดยการปรับลดปริมาณน้ำมันมะพร้าวในสูตรการผลิตที่ระดับต่างๆ (70%, 40%, 10% ของปริมาณน้ำมันเริ่มต้น) และทำการศึกษาผลของการลดปริมาณน้ำมันมะพร้าวในสูตรการผลิตที่มีต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ องค์ประกอบเคมี ความคงตัวของระบบอิมัลชัน และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส โดยใช้สูตรตั้งต้นที่ใช้น้ำมันมะพร้าวเต็มสูตรตามปกติ (100% น้ำมัน) เพื่อหาปริมาณน้ำมันมะพร้าวที่เหมาะสมต่อไป

4.2.1 องค์ประกอบทางเคมี

ผลการวิเคราะห์ค่าปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น เถ้า ในผลิตภัณฑ์ทาขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหมที่ระดับ 50% สูตรไขมันต่ำ ที่ผ่านการลดปริมาณน้ำมันมะพร้าวลงที่ระดับต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.5 พบว่าค่าปริมาณร้อยละไขมันลดลง พร้อมกับปริมาณร้อยละความชื้นที่เพิ่มขึ้น ตามการลดปริมาณน้ำมันที่ใช้ในสูตรการผลิตลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าปริมาณร้อยละโปรตีนและเถ้าในทุกระดับน้ำมันที่ใช้ ($p > 0.05$) แสดงให้เห็นว่าผลการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของน้ำมันมะพร้าวไม่ส่งผลต่อค่าปริมาณร้อยละของโปรตีนและเถ้า แต่สามารถลดปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีประสิทธิ์ภาพ การทดลองนี้สอดคล้องกับการรายงานของ วราภรณ์ และคณะ (2555) ที่ทำการศึกษาการลดปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ครีมสเปรดจากน้ำนมถั่วเหลือง โดยการปรับลดระดับไขมันจากน้ำมันพืชเดิมใช้30%โดยน้ำหนักส่วนผสม ตามมาตรฐานมอก.(สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2539) ซึ่งสามารถลดไขมันจากน้ำมันพืชลงได้ถึง 20%โดยน้ำหนัก อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์กลุ่มอิมัลชันอาจส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติทางกายภาพและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สุดท้าย ซึ่งต้องทำการศึกษาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 4.4

Chemical composition of chicken bread spread fortified with 50% of silkworm (*Bombyx mori*) pupae with different coconut oil contents.

Chemical composition	Sample			
	Control	70%	40%	10%
Protein (%)[a]	13.64 ± 0.32[a]	13.19 ± 0.49[a]	13.32 ± 0.05[a]	13.28 ± 0.22[a]
Fat (%)	45.23 ± 0.33[a]	36.48 ± 0.31[b]	28.10 ± 0.27[c]	18.03 ± 0.17[d]
Moisture (%)	57.79 ± 0.26[d]	60.86 ± 0.28[c]	64.56 ± 0.18[b]	67.18 ± 0.12[a]
Ash (%)	1.52 ± 0.05[a]	1.52 ± 0.02[a]	1.52 ± 0.06[a]	1.53 ± 0.01[a]

Data are expressed as mean± standard deviation (n=3).

Control: Chicken bread spread with 50% of chicken replacement by silkworm pupae without fat reducing (100% of coconut fat).

70%, 40%, 10%: Chicken bread spread with 50% of chicken replacement by silkworm pupae using 70%, 40%, 10% of coconut oil content in Control sample, respectively.

a,b,c,d indicate significant differences between the data in the same row ($p \leq 0.05$).

4.2.2 คุณสมบัติเชิงเคมีกายภาพ

คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหม ที่อัตราส่วนปริมาณน้ำมันต่างๆ แสดงไว้ในตารางที่ 4.5 พบว่า ค่ากิจกรรมน้ำอิสระ(Water activity) ของตัวอย่าง มีค่าระหว่าง 0.96-0.97 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงให้เห็นว่า ปริมาณน้ำมันมะพร้าวในผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัตินี้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากการทดลองเพิ่มเติม พบว่าค่าpHของน้ำมันมะพร้าวอยู่ที่ประมาณ5 ตามรูปที่4.2 จึงคาดว่าปริมาณของน้ำมันมะพร้าวมีผลต่อค่าpHของผลิตภัณฑ์สุดท้าย ในขณะที่ค่าสีของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการลดปริมาณน้ำมันมะพร้าวมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน การลดปริมาณน้ำมันมะพร้าวทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างลดลง (L* ลดลง) ค่าความเป็นสีแดง (a*เพิ่มขึ้น) เหลือง (b* เพิ่มขึ้น) และทำให้ค่าความแตกต่างของสี (ΔE*เพิ่มขึ้น)ของผลิตภัณฑ์เสริมหนอนไหมที่ลดปริมาณน้ำมันมะพร้าวกับตัวอย่างควบคุม มีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณน้ำมันมะพร้าวที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การเปลี่ยนแปลงของสีที่เกิดขึ้นนี้ โดยงานวิจัยของ ผานิต (2553) ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับการผลของการใช้น้ำมันมะพร้าวต่อคุณภาพของเค้กชนิดส่วนผสมข้น พบว่าเมื่อใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นแหล่งไขมันในเค้ก ทำให้แนวโน้วค่าสีความสว่างของเค้กเพิ่มขึ้น และในส่วนของค่าความเป็นสีเหลืองและแดง แม้จะไม่แตกต่างกันทางนัยสำคัญ แต่ค่าที่ได้จากตัวอย่างเค้กที่ใช้น้ำมันมะพร้าวลดลงมากกว่าตัวอย่างเค้กที่ไม่ใช้น้ำมันมะพร้าว จึงจะกล่าวได้ว่าหากปริมาณน้ำมันมะพร้าวน้อยจะทำให้ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ลดลง ค่าความเป็นสีแดงและเหลืองเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหมที่อัตราส่วนปริมาณน้ำมันต่างๆ วิเคราะห์ได้จากความแน่นเนื้อ (Firmness) และค่าแรงที่ในการปาด (Shear force) (ตารางที่ 4.6) พบว่าการปรับ ปริมาณน้ำมันมะพร้าวมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าความแน่นเนื้อและค่าแรงในการปาด เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ($p \leq 0.05$) โดยค่าความแน่นเนื้อและค่าแรงในการปาดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของปริมาณน้ำมันมะพร้าวที่ลดลง จากงานวิจัยของศรุดา 2554 ซึ่งศึกษาสมบัติและเสถียรภาพของมายองเนสที่ใช้น้ำมันผสมระหว่างน้ำมันมะพร้าวและน้ำมันรำข้าว พบว่าเมื่อสัดส่วนน้ำมันมะพร้าวเพิ่มขึ้นค่าความแน่นเนื้อ(Firmness) มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) จากข้อมูลที่กล่าวมา จะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำมันมะพร้าวมากทำให้ความแน่นเนื้อลดลง จึงอาจกล่าวได้ว่าหากปริมาณน้ำมันมะพร้าวน้อยจะทำให้ความแน่นเนื้อมีค่าลดลง ซึ่งจะสอดคล้องกับผลของการทดลองที่ได้

Table 4.5

Characteristics of chicken bread spread fortified with 50% of silkworm (*Bombyx mori*) pupae with different coconut oil contents.

Characteristics		Samples			
		Control	70%	40%	10%
Water Activity		0.96 ± 0.004^{a}	0.96 ± 0.003^{a}	0.96 ± 0.001^{a}	0.96 ± 0.003^{a}
pH		5.64 ±0.07^{d}	5.95±0.02^{c}	6.04 ± 0.02^{b}	6.18 ± 0.02^{a}
Color	L*	71.63 ± 0.003^{a}	70.69 ± 0.05^{b}	70.48 ± 0.03^{c}	70.28 ± 0.03^{d}
	a*	1.60 ± 0.06^{c}	1.68 ± 0.05^{c}	1.96 ± 0.08^{b}	2.15 ± 0.06^{a}
	b*	22.60 ± 0.04^{c}	22.70 ± 0.06^{c}	23.49±0.06^{b}	24.32 ± 0.06^{a}
	ΔE*	-	0.93± 0.03^{c}	1.49 ± 0.00^{b}	2.24 ±0.01^{a}
Texture properties					
Firmness(g)		12.34 ± 0.58^{d}	13.33 ± 0.58^{c}	15.00 ± 0.00^{b}	16.33 ± 0.58^{a}
Shear force(g.sec)		9.33±0.58^{d}	13.33 ± 0.58^{c}	19.33 ± 0.58^{b}	26.33 ± 0.58^{a}

Control: Chicken bread spread with 50% of chicken replacement by silkworm pupae without fat reducing (100% of coconut fat).

70%, 40%, 10%: Chicken bread spread with 50% of chicken replacement by silkworm pupae using 70%, 40%, 10% of coconut oil content in Control sample, respectively.

^{a,b,c,d} indicate significant differences between the data in the same row ($p \leq 0.05$).

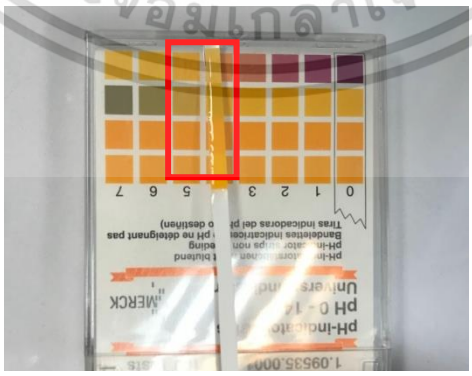


Figure4.2 Acid-Base of coconut oil tested by litmus paper (Merck, Germany)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ความคงตัวของอิมัลชัน

ความคงตัวของอิมัลชันวิเคราะห์ในรูปของค่าร้อยละของปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ ของตัวผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหมที่อัตราส่วนปริมาณน้ำมันต่างๆ แสดงในรูปที่ 4.3 ร้อยละปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกลดลงตามอัตราส่วนของปริมาณน้ำมันมะพร้าวที่ใช้ในการเตรียมผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) บ่งบอกถึงความคงตัวของระบบอิมัลชันในผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังที่เพิ่มขึ้น เช่น สุนทรี (2550) ศึกษาเกี่ยวกับการใช้สตาร์ชมันสำปะหลังร่วมกับโซเดียมแคซีเนต โปรตีนถั่วเหลืองและคาร์ราจีแนนเป็นสารทดแทนไขมันในไส้กรอกแฟรงค์เฟอเตอร์ไขมันต่ำ พบว่าเมื่อลดปริมาณไขมันด้วยใช้น้ำแทนการใส่สารทดแทนการใช้ไขมันเพียงอย่างเดียว มีค่า%TEF สูงกว่าไส้กรอกที่ใช้สตาร์ชมันสำปะหลังร่วมด้วยในการทดแทนการใช้ไขมันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จึงกล่าวได้ว่าตัวอย่างที่มีค่าร้อยละTEFสูง จะมีค่าความตัวของอิมัลชั่นที่ต่ำ

และการลดปริมาณน้ำมันในผลิตภัณฑ์ทำให้การทำงานของโปรตีน ที่สามารถทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ทำงานได้มากขึ้น โดยการที่โปรตีนมีความสามารถในการลดแรงตึงผิว ระหว่างส่วนที่ไม่ชอบน้ำและส่วนที่ชอบน้ำในอาหาร โปรตีนจะหุ้มรอบๆหยดไขมันเพื่อป้องกันการรวมตัวของอิมัลชั่น ทำให้อิมัลชันมีเสถียรภาพ (Zayas, 1997) ซึ่งโปรตีนดังกล่าว คือโปรตีนจากเนื้ออกไก่และดักแด้หนอนไหม

จากงานวิจัยของ Rahman และคณะ (2019) ศึกษาเกี่ยวกับผลของคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ, คุณสมบัติทางประสาทสัมผัส และความเสถียรในการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไขเนื้อวัว (Frankfurters) สูตรลดไขมันโดยการทดแทนไขเนื้อวัวด้วยหัวใจวัวที่ถูกกำจัดไขมันออกแล้ว กล่าวว่า เมื่อใช้หัวใจวัวที่ถูกกำจัดไขมันออกด้วยคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด (SC-CO_2) ลดปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก ทำให้ค่าร้อยละ total released fluids (TRF)ลดลง นั่นแสดงให้เห็นว่าไส้กรอกที่ใช้หัวใจวัวที่ผ่านการกำจัดไขมันด้วยวิธีนี้ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวอิมัลชันสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับตัวอย่างสูตรมาตรฐานที่ไม่ลดไขมัน นอกจากนี้ยังมีผลการทดลองของ Claus และคณะ (1989) พบว่าความคงตัวของอิมัลชันลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณของไขมันเช่นเดียวกัน และผลจากค่าความคงตัวของอิมัลชั่น ทำให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายเกิดการแยกชั้นลดลง ส่งผลต่อลักษณะปรากฏที่ดี และให้ภาพลักษณ์ที่เป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกเพื่อสุขภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

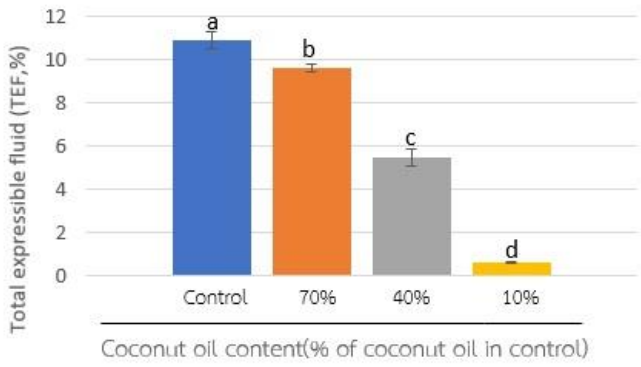


Figure 4.3 Total expressible fluid (TEF, %) of chicken bread spread fortified with 50% of silkworm (Bombyx mori) pupae with different coconut oil contents. Control: Chicken bread spread with 50% of chicken replacement by silkworm pupae without fat reducing (100% of coconut fat). 70%, 40%, 10%: Chicken bread spread with 50% of chicken replacement by silkworm pupae using 70%, 40%, 10% of coconut oil content in Control sample, respectively. a,b,c,d indicate significant differences between the data ($p \leq 0.05$).

4.3.4 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

จากผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหมที่อัตราส่วนปริมาณน้ำมันต่างๆ โดยใช้9-Point hedonic scales (ตารางที่ 4.8) พบว่าการลดลงของอัตราส่วนปริมาณน้ำมันมะพร้าวในผลิตภัณฑ์มีผลต่อการลดลงของค่าความชอบในทุกคุณลักษณะที่ทำการทดสอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ระดับน้ำมันมะพร้าวที่ลดลงมากที่สุดที่ใช้ในการทดลอง (10%) ($p \leq 0.05$) ผลการทดลองนี้ สอดคล้องกับคุณสมบัติทางเคมีกายภาพที่เปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์โดยเฉพาะ ค่าสี และคุณลักษณะทางเนื้อสัมผัส เมื่อทำการลดปริมาณน้ำมันมะพร้าว (ตารางที่ 4.6) ประกอบกับกลิ่นและรสชาติเฉพาะของน้ำมันมะพร้าวที่ลดลงส่งผลต่อกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์สุดท้าย ทำให้คะแนนความชอบด้านรสชาติ และกลิ่นรส/ความรู้สึกหลังการชิม ลดลงได้ เนื่องจากปริมาณน้ำมันมะพร้าวที่ลดลง ทำให้กลิ่นเฉพาะของน้ำมันมะพร้าวลดลง จึงทำให้กลิ่นดักแด้หนอนไหมชัดเจนมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหมที่ระดับน้ำมันมะพร้าวที่ใส่ในผลิตภัณฑ์ 40% ได้คะแนนความชอบของคุณลักษณะทุกด้านที่ทุกการทดลองเทียบเท่าได้กับตัวอย่างควบคุม ดังนั้นผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหมที่ระดับน้ำมันมะพร้าวที่ใส่ในผลิตภัณฑ์ 40% จึงได้รับการคัดเลือกเป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 4.6

Sensory characteristics of chicken bread spread fortified with 50% of silkworm (*Bombyx mori*) pupae with different coconut oil contents.

Attributes	Likeness score			
	Control	70%	40%	10%
Appearance	6.56 ± 0.51^{a}	6.60 ± 0.50^{a}	6.64 ± 0.49^{a}	6.16 ± 0.37^{b}
Color	6.56 ± 0.58^{a}	6.60 ± 0.58^{a}	6.64 ± 0.57^{a}	6.16 ± 0.47^{b}
Texture	7.08 ± 0.57^{a}	7.12 ± 0.53^{a}	6.92 ± 0.40^{a}	6.60 ± 0.50^{b}
Taste	7.00 ± 0.41^{a}	6.80 ± 0.50^{a}	6.88 ± 0.44^{a}	6.44 ± 0.51^{b}
After taste	6.88 ± 0.44^{a}	6.96 ± 0.54^{a}	6.84 ± 0.34^{ab}	6.60 ± 0.50^{b}
Overall	6.96 ± 0.45^{a}	7.00 ± 0.41^{a}	7.12 ± 0.33^{a}	6.60 ± 0.50^{b}

Data are expressed as mean± standard deviation.

Control: Chicken bread spread with 50% of chicken replacement by silkworm pupae without fat reducing (100% of coconut fat).

70%, 40%, 10%: Chicken bread spread with 50% of chicken replacement by silkworm pupae using 70%, 40%, 10% of coconut oil content in Control sample, respectively.

a,b,c,d indicate significant differences between the data in the same row ($p \leq 0.05$).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังจากเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหมเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกในการใช้ประโยชน์และเพิ่มช่องทางการเพิ่มมูลค่าให้กับดักแด้หนอนไหมได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสัดส่วนการทดแทนเนื้ออกไก่ด้วยดักแด้หนอนไหมในการผลิตผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังที่เหมาะสม คือ เนื้ออกไก่50% ต่อดักแด้หนอนไหม 50% นอกจากนี้การลดสัดส่วนของปริมาณน้ำมันมะพร้าวที่ใช้ให้เหลือเพียง 40% ของสูตรตั้งต้น สามารถลดปริมาณไขมันโดยไม่มีผลกระทบต่อปริมาณโปรตีนของผลิตภัณฑ์สุดท้าย และยังให้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความคงตัวของอิมัลชันเพิ่มขึ้น ได้เป็นผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังเนื้อไก่เสริมดักแด้หนอนไหมเพื่อสุขภาพและที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ผลิตภัณฑ์นี้ควรมีการพัฒนาและศึกษาเพิ่มเติมต่อในด้านของอายุการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ทัศน์วรรณ สมจันทร์, ขนิษฐา เรืองวิทยานุสรณ์, ดวงนภา พรมเกตุ และ ทรงศักดิ์ จาปาวะดี. 2557. การศึกษาคุณภาพเนื้อไก่ลูกผสมพื้นเมือง (ชี). แก่นเกษตร. 42: 340-344.

นันทยา จงใจเทศ, พิมพร วัชรางค์กุล, ปิยนันท์ เผ่าม่วง, และเพ็ญพโยม ประภาศิริ. 2547. คุณภาพโปรตีนและไขมันในแมลงที่กินได้. สำนักโภชนาการ. กรมอนามัย.

ผาณิต รุจิรพิสิฐ. 2553. ผลของการใช้น้ำมันมะพร้าวต่อคุณภาพของเค้กชนิดส่วนผสมข้น. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. 30 (2): 37-45.

พรหล้า ขาวเธียร. 2005. สารให้ความคงตัวและอิมัลซิไฟเออร์. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://missicream.com/สารให้ความคงตัวและอิมัลชัน. 10 เมษายน 2563.

วรรณชยา ศรศักดิ์ชัยสิงห์, ประภาศรี เทพรักษา และสุธีรา วัฒนกุล. 2556. ผลของอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองต่อคุณภาพของไส้กรอกปลาทูน่าท้องแถบ (*Katsuwonus pelamis*). วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 21(4): 317-328.

ศรุดา สถิตวรพจนา. 2554. สมบัติและเสถียรภาพของมายองเนสที่ใช้น้ำมันระหว่างน้ำมันมะพร้าวและน้ำมันรำข้าวเป็นน้ำมันพื้นฐาน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร. คณะวิทยาศาสตร์. จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย.

สุธิดา คงทอง. 2552. ไคติน-ไคโตซาน. วารสารวิชาการอุตสาหกรรม. 3(4): 1-7.

สุภัคชนม์ คล่องดี. 2555. ระบบอิมัลชันในอาหารและความคงตัว. วารสารอาหาร. 42: 287-290.

อรนุช สีหามาลา หนูเดือน สาระบุตร พรประภา ชุนถนอม และศุภชัย ภูลายดอก. 2561. คุณค่าทางโภชนาการของแมลงกินได้ในจังหวัดกาฬสินธุ์. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 6(2) : 98-105.

AOAC. 2000. Official Methods of analysis of AOAC international. 17th ed. Washing, DC: Association of Official Analytical Chemistry.

Arya, A., Mendiratta, S.K., Singh, T.P., Agarwal and R. and Kumar, S.B. 2017. Development of sweet and sour chicken meat spread based on sensory attributes: process optimization using response surface methodology. Food Sci Technology Journal. 54(13):4220–4228.

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Backhaus, W., Kliegl, R. and Werner, J. S. 1998. Color Vision: Perspectives from Different Disciplines. New York. Walter de Gruyter.

Brighenti, M., Govindasamy, L.S., Lim, K., Nelson, K., and Lucey, J. A. 2008. Characterization of the Rheological, Textural, and Sensory Properties of Samples of Commercial US Cream Cheese with Different Fat Contents. Journal of dairy science. 91: 4501-4517.

CODEX STAN 256 (2007), STANDARD FOR FAT SPREADS AND BLENDED SPREADS. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.fao.org/input/download/standards/10742/CXS_256e.pdf. 10 April 2020.

Goul, J. and Wolf B. 2017. Interfacial and emulsifying properties of mealworm protein at the oil/ water interface. Food Hydrocolloids Journal. 77: 57-65.

Ito, Toshio and Hiratsuka, Eikiti. 1967. Nutritional requirements of the silkworm, Bombyx mori L. Proceedings of the Japan Academy. 43(2): 82-86.

Koul, S., Dhar, A. and Bindroo, BB. 1994. Industrial utilization of sericultural resources in China. Pop Sci. 3: 29–34.

Majumder, SK., Datta., RK., Kar, R. and Pavankumar, T. 1996. Pupa- waste, an alternative resource for isolation of lecithin. Sericologia. 36(3): 555–560.

Martín-Sánchez, A.M., Ciro-Gómez, G., Vilella-Esplá J., Pérez-Álvarez, J.A. and Sayas-Barberá, E. 2017. Physicochemical and Sensory Characteristics of Spreadable Liver Pâtés with Annatto Extract (Bixa orellana L.) and Date Palm Co-Products (Phoenix dactylifera L.). Foods Journal. 94(6): 1-8.

Mcclements, D.J. 2007. Critical Review of Techniques and Methodologies for Characterization of Emulsion Stability. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 47(7): 611-649.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Megido, R.C., Gierts C., Blecker, C., Brostaux, Y., Haubruge, E., Alabi, T. and Francis, F. 2016. Consumer acceptance of insect-based alternative meat products in Western countries. Food Quality and Preference. 52: 237–243.

M., R. S., Seo, J.-K., Md., Z. A., Park, J.-Y., Choi, S.-G., and Yang, H.S. 2019. Physicochemical properties, sensory traits and storage stability of reduced fat. Meat Science. 151: 89-97.

MORAN, D.P.J. 1993. Yellow fat spread. Journal of the Society of Dairy Technology. 46: 2-3.

Meilgaard, M.C. 1991. Testing for Sensory Threshold of Added Substances, Journal of the American Society of Brewing Chemists. 49(3): 128-135.

Poonamjot, D., Evans, J.R., Dhahbi, J., Chellappa, K., Diana, S. Han., Spindler, A. and Frances, M, Slade. 2015. Soybean Oil Is More Obesogenic and Diabetogenic than Coconut Oil and Fructose in Mouse: Potential Role for the Liver. PLOS ONE. 10(7): 1-31.

Su, Y. K., Bowers, J. A., and Zayas, J. F. 2002. Physical characteristics and microstructure of reduced-fat frankfurters as affected by salt and emulsified fats stabilized with nonmeat proteins. Journal of Food Science. 65(1): 123–128.

Yourself, M.K., S. Barbut. 2008. Effects of protein level and fat/oil on emulsion stability, texture, microstructure and color of meat batters. Meat Science. 82: 228-233.

Zayas, J.F. 1997. Emulsifying Properties of Proteins in Functionality of Proteins in Food. Emulsifying Properties of Proteins. Berlin. Springer.

ZILLEN, M. 1977. New development in butter and uses of butter. Milk Industry. 79: 19-22.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
การวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเคมี

ก1. การวิเคราะห์หาความชื้น (AOAC, 2000)

1. อุปกรณ์

1.1 ตู้อบ (Hot air oven)

1.2 ถ้วยหาความชื้น (Moisture can)

1.3 โถดูดความชื้น (Desiccator)

1.4 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

2. วิธีการ

2.1 หาน้ำหนักที่คงที่ของขวดชั่งหาความชื้น โดยนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 105℃ นาน 2-4 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักแล้วนำเข้าตู้อบใหม่ ดำเนินการเหมือนครั้งแรกจนได้ น้ำหนักคงที่

2.2 ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ใส่ลงในขวดชั่งที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว

2.3 เกลี่ยตัวอย่างแผ่ออกอย่างสม่ำเสมอให้มีเนื้อที่มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

2.4 นำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 105 ℃ นาน 2-4 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก แล้วนำเข้าตู้อบใหม่ดำเนินการเหมือนครั้งแรกจนได้น้ำหนักคงที่

2.5 นำผลที่ได้ไปคำนวณปริมาณความชื้นดังนี้

3. การคำนวณ

ปริมาณความชื้น (%) = (น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ - น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ) x100 น้ำหนักตัวอย่าง

ก2 การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (AOAC, 2000)

1. อุปกรณ์

1.1 ตู้อบ (Hot air oven)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 เตาเผาอุณหภูมิสูง (Muffle furnace)

1.3 ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (Porcelain crucible)

1.4 โถดูดความชื้น (Dessicator)

1.5 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

2. วิธีการ

2.1 เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550°C เป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง ปิด สวิตซ์เตาเผาแล้วรอประมาณ 30-40 นาทีเพื่อให้อุณหภูมิภายในเผาลดลงก่อน นำออกจากเตาเผาใส่ ในโถดูดความชื้นปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนัก

2.2 เผาซ้ำอีกครั้งละประมาณ 30 นาทีโดยทำเหมือนวิธีข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

2.3 ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 2 กรัมใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบที่ทราบ น้ำหนักแน่นอนแล้ว นำไปเผาในตู้ควันจนหมดควันแล้วจึงนำเข้าเตาเผาอุณหภูมิ 550°C และทำซ้ำเช่นเดียวกับข้อ1-2

3. การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้า (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา}} \times 100$$

ก3. การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนโดยวิธีเจลห์ดาล (Kjeldahl flask) (AOAC, 2000)

1. อุปกรณ์

1.1 ขวดย่อยโปรตีน (Kjeldahl flask) ขนาด 250-300 มิลลิลิตร

1.2 ชุดกลั่นโปรตีน (Semi-microdistillation apparatus)

1.3 ขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 100 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 500 มิลลลิตร

1.5 กระบอกตวงแก้ว (measuring cylinder glass) ขนาด 25 มิลลิลิตร

1.6 บิวเรตต์ (Burette) ขนาด 25 มิลลิลิตร

1.7 ลูกแก้ว

1.8 กระดาษกรอง (Filter paper)

2. สารเคมี

2.1 กรดซัลฟริกเข้มข้น

2.2 สารเร่งปฏิกิริยาใช้คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSo_4$) 1 ส่วนต่อโพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) 9 ส่วน

2.3 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 40% ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 400 กรัมละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร

2.4 สารละลายกรดบอริกเข้มข้น 2% ละลายกรดบอริก 20 กรัมด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร

2.5 สารละลายกรดเกลือเข้มข้น 0.1 นอร์มัล

2.6 อินดิเคเตอร์ ชั่งเมทิลีนบลู 0.2 กรัม ละลายในเอทานอล 200 มิลลิลิตรและชั่งเมธิลเรด 0.05 กรัม ละลายในเอธานอล 50 มิลลิลิตร

3. วิธีการ

3.1 ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 1-2 กรัม ห่อให้มิดชิด ใส่ลงในขวดย่อยโปรตีน

3.2 เติมสารเร่งปฏิกิริยา 1 กรัมและกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร นำไปย่อยบนเตาไฟในตู้ควันจนกระทั่งได้สารละลายใส ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น

3.3 นำไปกลั่นโดยเติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตรและสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น40% ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

3.4 รองรับสิ่งที่กลั่นได้ด้วยสารละลายกรดบอริกเข้มข้น 2% ปริมาตร 50 มิลลิลิตร

3.5 เติมอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด

3.6 กลั่นโดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มลงในสารละลายกรดบอริก

3.7 กลั่นจนได้สารละลายในขวดจับแก๊สประมาณ 250 มิลลิลิตร

3.8 กลั่นประมาณ 10 นาที ล้างปลายอุปกรณ์ควบแน่นด้วยน้ำกลั่นลงในขวดรองรับ

3.9 ไทเทรตสารละลายที่กลั่นได้กับสารละลายกรดเกลือเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนได้จุดยุติเป็นสีชมพูอ่อน

3.10 ทำ blank ด้วยวิธีการเดียวกันตั้งแต่ข้อ 3.2-3.9

4. การคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ปริมาณโปรตีน (\%)} = \frac{(A-B)\times N\times 1.4\times F}{Wt}$$

โดยที่ a = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

b = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้ในการไทเทรต blank (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของสารละลายกรดเกลือ (นอร์มัล)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

Factor = ค่าแฟคเตอร์= 6.25

ก4. การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน(AOAC, 2000)

1. อุปกรณ์

1.1 อุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน (Soxhlet apparatus) ประกอบด้วยบีกเกอร์สำหรับใส่ตัวทำ ละลายซ็อกเล็ต (Soxhlet) เครื่องควบแน่น (Condenser) และเตาให้ความร้อน

1.2 หลอดใส่ตัวอย่าง (Extraction thimble)

1.3 ตู้อบ (Hot air oven)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

1.5 โถดูดความชื้น (Dessicator)

2. วิธีการ

2.1 อบบีกเกอร์สำหรับหาไขมันซึ่งมีขนาดความจุ 250 มิลลิลิตรในตู้อบไฟฟ้า ทิ้งให้เย็นใน โถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

2.2 ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนักประมาณ 1-2 กรัม ห่อให้มิดชิด ใส่ลงใน หลอดสำหรับใส่ตัวอย่าง

2.3 นำหลอดตัวอย่างใส่ลงในซ็อกเล็ต (Soxhlet)

2.4 เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ลงในขวดหาไขมันปริมาณ 150 มิลลิลิตร วางบนเตาให้ความร้อน

2.5 ทำการสกัดไขมันเป็นเวลา 90 นาทีโดยปรับตามโปรแกรมเครื่องอัตโนมัติ

2.6 ระเหยจนเหลือสารละลายในขวดกลมเพียงเล็กน้อยด้วยเครื่องระเหยตัวที่ละลาย

2.7 นำขวดไปอบในตู้ที่อุณหภูมิ 105$^{\circ}C$ จนแห้ง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น

2.8 ชั่งน้ำหนักแล้วอบซ้ำครั้งละ 30 นาทีจนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักสองครั้งติดต่อกันไม่ เกิน 1-2 มิลลิกรัม

3. การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักไขมันหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

ภาคผนวก ข.
อุปกรณ์และเครื่องมือ

ข1. เครื่องมือวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

1.ตู้อบลมร้อน Gravity basic digital oven D (UNB10 ,Mammert, USA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ข1. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
ที่มา: https://www.measure1shop.com/product/

2 ถ้วยหาความชื้น (Moisture can)

รูปที่ ข2. ถ้วยหาความชื้น (Moisture can)
ที่มา: https://www.isccenter.co.th

3 โถดูดความชื้น (Desiccator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ข3. โถดูดความชื้น (Desiccator)
ที่มา: https://www.labvalley.com/product/

4 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

รูปที่ ข4. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
ที่มา: http://vdbakery.com/

5. เตาเผาอุณหภูมิสูง (Muffle furnace)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ เพื่อการศึกษา เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ข5.เตาเผาอุณหภูมิสูง (Muffle furnace)
ที่มา: https://www.carbolite-gero.com/products/chamber-furnaces/

6.ชุดกลั่นโปรตีน (Semi-microdistillation apparatus) : Vapodest (30s,Gerhardt, Germany)

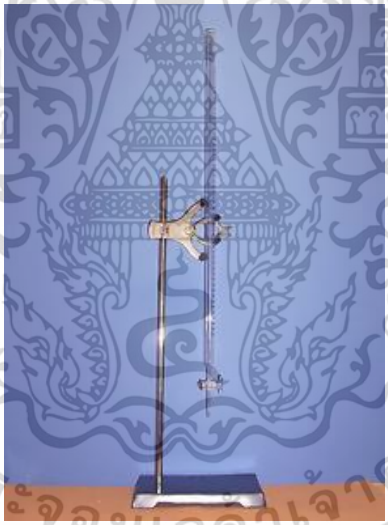
รูปที่ ข6.ชุดกลั่นโปรตีน
ที่มา: บันทึกภาพจากห้องปฏิบัติการคณะอุตสาหกรรมอาหาร

7.ชุดย่อยโปรตีน(Digestion) : Kjeldatherm(KT-L8s ,Gerhardt, Germany)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ข7.ชุดย่อยโปรตีน
ที่มา: บันทึกภาพจากห้องปฏิบัติการคณะอุตสาหกรรมอาหาร

8.บิวเรตต์ (Burette) ขนาด 50 มิลลิลิตร



รูปที่ ข8.บิวเรตต์ (Burette)
ที่มา: https:// www.ebay.com/itm/100-mL-BURET-with-SUPPORT-STAND-BURET-CLAMP

9.อุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน (Soxhlet apparatus) ประกอบด้วยบีกเกอร์สำหรับใส่ตัวทำ ละลายซ็อกเล็ต (Soxhlet) เครื่องควบแน่น (Condenser) เตาให้ความร้อน และหลอดใส่ตัวอย่าง (Extraction thimble)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ข9. อุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน (Soxhlet apparatus)
ที่มา: บันทึกภาพจากห้องปฏิบัติการคณะอุตสาหกรรมอาหาร

ภาคผนวก ค.
แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No.....

การทดสอบทางประสาทสัมผัส(Sensory Evaluation)

Product: ผลิตภัณฑ์ปาดขนมปังจากเนื้ออกไก่เสริมดักแด้หนอนไหม (Chicken spread with silkworm pupae)

Name: _____ Date:__/__/____ Time:_____

รูปที่ ค1.แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นางสาว ณัฐวดี ธงภักดิ์

วัน เดือน ปีเกิด 21 พฤศจิกายน 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติการศึกษา วท.บ. (วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีการอาหาร)
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประสบการณ์การทำงาน ฝึกงานที่บริษัท ซีพี ออลล์ จำกัด (มหาชน)

และผลงานวิจัย -
รางวัลที่เคยได้รับ

ชื่อ-นามสกุล นางสาว ทอฟ้า บุญราศรี
วัน เดือน ปีเกิด 6 มีนาคม 2541
ประวัติการศึกษา วท.บ. (วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีการอาหาร)
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประสบการณ์การทำงาน ฝึกงานที่บริษัท สยามเฟรชเฮลธ์ จำกัด

และผลงานวิจัย -
รางวัลที่เคยได้รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้