โครงการ
การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ ผลิตภัณฑ์เนื้อเลียนแบบจากโปรตีนทางเลือกจากพืชที่มีสมบัติเชิงหน้าที่

ชื่อนิสิต นางสาวธันยธรณ์ เสถียรจริยวงศ์
นางสาวสุมณฑา เจริญศิววัฒน์
นางสาวอักษรประภา ลอยลาวัลย์

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร

ปีการศึกษา 2563

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลิตภัณฑ์เนื้อเลียนแบบจากโปรตีนทางเลือกจากพืชที่มีสมบัติเชิงหน้าที่

โดย

นางสาวธันยธรณ์ เสถียรจริยวงศ์

นางสาวสุมณฑา เจริญศิววัฒน์

นางสาวอักษรประภา ลอยลาวัลย์

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร. ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิตสาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประจำปีการศึกษา 2563

FUNCTIONAL PLANT BASED MEAT ANALOGUE

Thanyathorn Sathianjariyawong

Sumonta Jaraoensiwavat

Aksornprapa Loylawan

Project Advisor

Assoc. Prof. Chaleeda Borompichaichartkul, Ph.D.

A Report Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements

for the Degree of Bachelor of Science Program in Food Technology

Department of Food Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2020

หัวข้องานวิจัย	ผลิตภัณฑ์เนื้อเลียนแบบจากโปรตีนทางเลือกจากพืชที่มีสมบัติเชิงหน้าที่
โดย	นางสาวธันยธรณ์ เสถียรจริยวงศ์
	นางสาวสุมณฑา เจริญศิววัฒน์
	นางสาวอักษรประภา ลอยลาวัลย์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล
ปีการศึกษา	2563

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อนุมัติให้รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
ประจำปีการศึกษา 2563

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ขนิษฐา ธนานุวงศ์)
หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล)
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

หัวข้องานวิจัย	ผลิตภัณฑ์เนื้อเลียนแบบจากโปรตีนทางเลือกจากพืชที่มีสมบัติเชิงหน้าที่
โดย	นางสาวธันยธรณ์ เสถียรจริยวงศ์
	นางสาวสุมณฑา เจริญศิววัฒน์
	นางสาวอักษรประภา ลอยลาวัลย์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล
ปีการศึกษา	2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบจากโปรตีนทางเลือกจากพืชให้มีสมบัติเชิงหน้าที่ เพิ่มทางเลือกในการรับประทานอาหารของกลุ่มคนรักสุขภาพ โดยแปรอัตราส่วนโปรตีนถั่วเหลือง (SPI) ต่อกลูเตนข้าวสาลี (WG) เป็น 20:80, 25:75 และ 30:70 ศึกษาคุณสมบัติของเนื้อสัมผัส พบว่าสูตรที่ใช้อัตราส่วน SPI ต่อ WG เป็น 30:70 มีค่า hardness, gumminess และ chewiness ใกล้เคียงกับอกไก่ต้มมากที่สุด จึงพัฒนาสูตรนี้ต่อโดยเพิ่มขนุนอ่อนลงในสูตร แปรปริมาณขนุนอ่อนเป็น 3 ปริมาณ คือ 14, 16 และ 18 กรัม เพื่อเพิ่มสมบัติเชิงหน้าที่ให้แก่เนื้อไก่เลียนแบบ พบว่าเนื้อไก่เลียนแบบที่มีขนุนอ่อน 18 กรัมต่อส่วนผสมทั้งหมด 118 กรัม มีค่า hardness, gumminess และ chewiness ใกล้เคียงอกไก่ต้มมากที่สุด จึงเลือกเนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG เป็น 30:70 และมีขนุนอ่อน 18 กรัม มาศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ พบว่ามีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และกากใย ร้อยละ 58.69, 24.39, 1.30, 1.20, 12.33 และ 2.09 ตามลำดับ จากนั้นศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น (4°C) และแช่เยือกแข็ง (-18°C) พบว่าค่า hardness, gumminess และ chewiness มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ที่อุณหภูมิแช่เย็น และมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง ไม่พบการเปลี่ยนแปลงค่าสีอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ที่อุณหภูมิแช่เย็น และค่าความสว่าง (L^*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง นอกจากนี้ค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้น ในการตรวจวิเคราะห์ด้านจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น พบว่ามี จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (TPC) น้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนด แต่ผลิตภัณฑ์เกิดเมือกและกลิ่นไม่พึงประสงค์ที่อุณหภูมิแช่เย็น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็นประมาณ 2 สัปดาห์ ส่วนการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 8 สัปดาห์ยังคงมีลักษณะทางกายภาพเป็นที่ยอมรับได้ สำหรับการประเมินทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าเนื้อไก่เลียนแบบที่มีขนุนอ่อนได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากกว่าเนื้อไก่เลียนแบบที่ไม่มีขนุนอ่อน ซึ่งมีค่าความชอบอยู่ในช่วงเฉย ๆ ถึงชอบเล็กน้อย

Project Title	Functional plant based meat analogue
Student	Thanyathorn Sathianjariyawong
	Sumonta Jaraoensiwavat
	Aksornprapa Loylawan
Study Program	Bachelor of Science in Food Technology
Advisor	Assoc. Prof. Chaleeda Borompichaichartkul, Ph.D.
Academic Year	2020

ABSTRACT

This study is aimed to develop a functional plant-based meat analogue to increase food options for health-conscious group. Meat analogue was produced with different ratios of soy protein isolate to wheat gluten at 20:80, 25:75 and 70:30. The result of the textural properties was found that the ratio of SPI to WG of 30:70 gave hardness, gumminess and chewiness close to boiled chicken meat. Therefore, in the next step young jackfruit puree was added into the formula of SPI to WG (30:70) 14, 16 and 18 grams to increase the functional properties for meat analogue. It was found that amount of young jackfruit at 18 grams per 118 grams gave the value of hardness, gumminess and chewiness close to boiled chicken meat. Therefore, functional plant-based meat analogue with the ratio of SPI to WG of 30:70 and young jackfruit 18 grams were selected to study its nutritional value. It was found that moisture, protein, fat, ash, carbohydrate and crude fiber contents were 58.69, 24.39, 1.30, 1.20, 12.33 and 2.09 %wet basis, respectively. The next step, changes of quality of developed meat analogue were studied under storage at cold and frozen condition. it was found that hardness, gumminess and chewiness of meat analogue sample tends to increase significantly ($p \leq 0.05$) at chilled temperature (4°C) and tend to decline significantly ($p \leq 0.05$) at freezing temperature (-18 °C). There was a no significant difference in color values ($p > 0.05$) at the 4 °C and brightness value (L^*) tend to increase significantly ($p \leq 0.05$) at the -18 °C. In addition, drip loss of sample stored at -18 °C tend to increase as the storage time increased. For microbial analysis during storage at 4 °C, it was found that the total plate count (TPC) was less than the standard but mucus and unpleasant smell were detected at 4 °C. As a result, the product can be kept at 4 °C less than 2 weeks, while at frozen product can be kept for 8 weeks. For sensory evaluation and consumer acceptance, it was found that the functional plant-based meat analogue with young jackfruit were rated in overall acceptability more than meat analogue without young jackfruit.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการการผลิตภัณฑ์เนื้อเลียนแบบจากโปรตีนทางเลือกจากพืชที่มีสมบัติเชิงหน้าที่ เป็นส่วนหนึ่งของการเรียนการสอนในระดับปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ซึ่งได้รับทุนสนับสนุน โครงการวิจัยจากงบประมาณของโครงการเรียนการสอนเพื่อนเสริมประสบการณ์ ปีการศึกษา 2563 คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีรองศาสตราจารย์ ดร.ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

คณะวิจัยขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ และช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัยอย่างสูง ตลอดจนตรวจแก้ไขโครงการนี้ให้สำเร็จลุล่วง ไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณเหล่าคณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ที่กรุณาถ่ายทอดความรู้อันมีค่าตลอดหลักสูตร จนผู้วิจัยสามารถนำมาบูรณาการให้เกิดเป็นงานวิจัยนี้ได้อย่างสมบูรณ์ รวมถึงกรุณาให้คำแนะนำและความช่วยเหลือต่าง ๆ ในการดำเนินโครงการนี้

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมีอาหาร และห้องปฏิบัติการประกันคุณภาพ ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร บุคลากร พี่ปริญญาโท รุ่นพี่นิสิต และเพื่อนนิสิตทุกท่านในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร รวมถึงภาควิชาอื่น ๆ ที่ได้อำนวยความสะดวกให้ความช่วยเหลือ และให้ความร่วมมือในทุก ๆ ด้านในการดำเนินโครงการให้ลุล่วงได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และทุกคนในครอบครัวของคณะผู้วิจัย ทั้งสามครอบครับที่ได้สนับสนุนในทุก ๆ ด้าน จนโครงการนี้สามารถลุล่วงไปได้ด้วยดี ตลอดจนส่งเสริมคณะผู้วิจัยด้านโอกาสการศึกษา แก่คณะผู้วิจัยตลอดมา

สุดท้ายนี้คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ผลงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษา และการวิจัย ในหัวข้อที่เกี่ยวข้องต่อไปในอนาคต ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

นางสาวธันยธรณ์ เสถียรจริยวงศ์

นางสาวสุมณฑา เจริญศิววัฒน์

นางสาวอักษรประภา ลอยลาวัลย์

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของวิจัย	1
1.3 ขอบเขต/กรอบแนวคิดของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	2
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	3
2.1 เนื้อไก่	3
2.1.1 คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อไก่	3
2.2 ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เลียนแบบ	5
2.3 ส่วนประกอบหลักในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เลียนแบบ	5
2.3.1 โปรตีนถั่วเหลือง	5
2.3.2 กลูเตนข้าวสาลี	6
2.3.3 สารช่วยในการเชื่อมประสาน	6
2.3.4 หัวปลี	6
2.4.3 ขนุนอ่อน	7
2.4 กระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เลียนแบบ	8
2.4.1 กระบวนการ Extrusion	8
2.4.2 กระบวนการ Shear Cell Technology	9
2.4.3 กระบวนการ Wet Spinning	9
2.5 อายุการเก็บรักษา	10
2.5.1 อายุการเก็บรักษาของเนื้อไก่	10
2.5.2 อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เลียนแบบ	10
บทที่ 3 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการวิจัย	12
3.1 วัตถุดิบ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตเนื้อไก่เลียนแบบ	12
3.1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเนื้อไก่เลียนแบบ	12

3.1.2 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตเนื้อไก่เลียนแบบ 12
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพ 13
3.2.1 อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ 13
3.2.2 อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี 13
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 13
3.3.1 ศึกษาหาสูตรที่เหมาะสมของเนื้อไก่เลียนแบบ 13
3.3.2 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี 15
3.3.3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเนื้อไก่เลียนแบบระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ 16
3.3.4 การประเมินทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค 16
3.3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 16

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล 18
4.1 การศึกษาหาสูตรและวิธีการทำเนื้อไก่เลียนแบบ 18
4.1.1 ลักษณะทางกายภาพจากการสังเกต 18
4.1.2 คุณภาพทางกายภาพของเนื้อไก่เลียนแบบ 19
4.1.3 ผลของอัตราส่วน SPI ต่อกลูเตนข้าวสาลี 21
4.1.4 ผลของปริมาณขนุนอ่อน 22
4.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี 23
4.3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเนื้อไก่เลียนแบบระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ 25
4.3.1 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ เนื้อสัมผัส และสี ของเนื้อไก่เลียนแบบระหว่างการเก็บที่อุณภูมิแช่เย็น (4°C) และแช่เยือกแข็ง (-18°C) 25
4.3.2 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่า Water activity (a_w) ของเนื้อไก่เลียนแบบ ที่เก็บที่อุณหภูมิแช่เย็น (4°C) 29
4.3.3 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลชีววิทยาของเนื้อไก่เลียนแบบ ที่เก็บที่อุณหภูมิแช่เย็น (4°C) 29
4.3.4 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บ (drip loss) ของเนื้อไก่เลียนแบบที่เก็บที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง (-18°C) 30
4.4 การประเมินทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค 30

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 32

5.1 สรุปผลการวิจัย 32

5.2 ข้อเสนอแนะ 32

บรรณานุกรม 33

ภาคผนวก 39

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	องค์ประกอบทางเคมีของส่วนต่าง ๆ ของเนื้อไก่	3
2.2	ปริมาณโปรตีนและองค์ประกอบกรดอะมิโนของถั่วเหลืองและเนื้อไก่	4
2.3	คุณค่าทางโภชนาการของขนุนอ่อน 100 กรัม	7
4.1	สัดส่วนของส่วนประกอบวัตถุดิบต่าง ๆ ในการทำเนื้อไก่เลียนแบบ ใน 100 กรัม	18
4.2	ลักษณะปรากฏและลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่เลียนแบบในวิธีการทำสุกต่าง ๆ และอกไก่ต้ม	18
4.3	คุณภาพทางกายภาพของลักษณะเฉพาะทางเนื้อสัมผัส (TPA) และค่าแรงตัดขาด (Cutting force) ของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบสูตรต่าง ๆ เปรียบเทียบกับอกไก่ต้ม	20
4.4	คุณภาพทางกายภาพของลักษณะเฉพาะทางเนื้อสัมผัส (TPA) และค่าแรงตัดขาด (Cutting force) ของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG อัตราส่วนต่าง ๆ และอกไก่ต้ม	21
4.5	คุณภาพทางกายภาพของลักษณะเฉพาะทางเนื้อสัมผัส (TPA) และค่าแรงตัดขาด (Cutting force) ของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG เป็น 30:70 และแปรปริมาณขนุนอ่อนปริมาณต่าง ๆ	23
4.6	คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อไก่เลียนแบบและเนื้อไก่เลียนแบบที่มีปริมาณขนุนอ่อน 18 กรัมเปรียบเทียบกับอกไก่ต้ม	24
4.7	การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางการภาพและกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG เป็น 30:70 และมีปริมาณขนุนอ่อน 18 กรัม ที่อุณหภูมิแช่เย็น (4°C) ที่ระยะเวลาต่าง ๆ	25
4.8	การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพและกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG เป็น 30:70 และมีปริมาณขนุนอ่อน 18 กรัม ที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง (-18°C) ที่ระยะเวลาต่าง ๆ	25
4.9	การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG เป็น 30:70 และมีปริมาณขนุนอ่อน 18 กรัม ที่อุณหภูมิแช่เย็น (4°C) ที่ระยะเวลาต่าง ๆ	26
4.10	การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG เป็น 30:70 และมีปริมาณขนุนอ่อน 18 กรัม ที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง (-18°C) ที่ระยะเวลาต่าง ๆ	27

4.11 การเปลี่ยนแปลงลักษณะสีของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG เป็น 30:70 และมีปริมาณขนุนอ่อน 18 กรัม ที่อุณหภูมิแช่เย็น (4°C) ที่ระยะเวลาต่าง ๆ 28
4.12 การเปลี่ยนแปลงลักษณะสีของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG เป็น 30:70 และมีปริมาณขนุนอ่อน 18 กรัม ที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง (-18°C) ที่ระยะเวลาต่าง ๆ 28
4.13 การเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมของน้ำในผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG เป็น 30:70 และมีปริมาณขนุนอ่อน 18 กรัม ที่อุณหภูมิแช่เย็น (4°C) ที่ระยะเวลาต่าง ๆ 29
4.14 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG เป็น 30:70 และมีปริมาณขนุนอ่อน 18 กรัม ที่อุณหภูมิแช่เย็น (4°C) ที่ระยะเวลาต่าง ๆ 29
4.15 การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG เป็น 30:70 และมีปริมาณขนุนอ่อน 18 กรัม ที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง (-18°C) ที่ระยะเวลาต่าง ๆ 30
4.16 คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบ เนื้อไก่เลียนแบบที่มีขนุนอ่อน และเนื้ออกไก่ จากผู้ทดสอบ 15 คน 31

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะปรากฏของเนื้อไก่เลียนแบบสูตรต่าง ๆ และอกไก่ต้ม	19
2	ลักษณะปรากฏของการฉีกเนื้อไก่เลียนแบบที่อัตราส่วน SPI ต่อ WG อัตราส่วนต่าง ๆ	22

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ในปัจจุบันผู้คนส่วนใหญ่ต่างหันมาใส่ใจดูแลสุขภาพด้วยการออกกำลังกายรวมไปถึงการเลือกรับประทานอาหารและเครื่องดื่มที่มีประโยชน์ เช่น อาหารที่มีโปรตีนสูง อาหารที่มีปริมาณน้ำตาลหรือไขมันต่ำ อีกทั้งยังตระหนักถึงปัญหาสิ่งแวดล้อมกันมากขึ้น เนื่องจากการเลี้ยงปศุสัตว์นั้นเป็นการทำลายพื้นที่สีเขียวมากกว่าการปลูกพืช รวมทั้งก่อให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซมีเทน ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกส่งผลให้เกิดภาวะโลกร้อน และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว จึงทำให้เกิดความสนใจและพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อเลียนแบบจากพืชมากขึ้น โดยในปัจจุบันผลิตภัณฑ์เนื้อเลียนแบบจากพืชเป็นที่นิยมในต่างประเทศ ส่วนในประเทศไทยเริ่มมีผู้บริโภคให้ความสนใจมากขึ้น แต่การนำเข้าผลิตภัณฑ์เนื้อเลียนแบบจากพืชจากต่างประเทศมีราคาสูงมาก และประเทศไทยมีพืชท้องถิ่นที่มีปริมาณโปรตีนอยู่สูงและมีโอกาสในการทำให้ผู้ประกอบการไทยได้มีการพัฒนาและผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อเลียนแบบจากพืชขึ้นเอง แต่กระบวนการพัฒนายังมีปัญหาและคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยเฉพาะในเชิงโภชนาการและสมบัติเชิงหน้าที่ยังด้อยอยู่ รวมทั้งเนื้อไก่เป็นเนื้อที่ได้รับความนิยมในการบริโภคมากที่สุด เนื่องจากเป็นแหล่งโปรตีนที่มีกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วน ราคาไม่แพง แต่หากรับประทานมากเกินไปจะทำให้เกิดการสะสมของกรดยูริก ซึ่งเป็นอันตรายสำหรับคนที่เป็นโรคเกาท์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบจากโปรตีนทางเลือกจากพืช โดยเลือกใช้แหล่งโปรตีนจากพืชตระกูลถั่วทดแทนโปรตีนจากเนื้อไก่ เพื่อให้ผู้บริโภคยังคงได้รับโปรตีนเทียบเท่ากับการรับประทานเนื้อสัตว์ นอกจากนี้ได้เพิ่มสมบัติเชิงหน้าที่ของผลิตภัณฑ์ด้วยขนุนอ่อน เพื่อให้ผู้บริโภคได้รับสารอาหารครบถ้วนทั้ง 5 หมู่ เนื่องจากขนุนอ่อนเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้รับความสนใจในต่างประเทศ ในการนำมาใช้แทนเนื้อสัตว์ โดยเนื้อขนุนมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นแหล่งใยอาหารที่สำคัญ และพัฒนาเนื้อไก่เลียนแบบให้มีลักษณะเนื้อสัมผัส รสชาติ กลิ่น และสีใกล้เคียงกับเนื้อไก่ เพื่อให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป ผู้บริโภคที่รับประทานมังสวิรัติ เจ และวีแกน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบจากโปรตีนทางเลือกจากพืชที่มีสมบัติเชิงหน้าที่
2. เพื่อเพิ่มทางเลือกในการรับประทานอาหาร โดยเฉพาะกลุ่มคนรักสุขภาพ มังสวิรัติ และวีแกน โดยได้รับโปรตีนเทียบเท่ากับเนื้อไก่และมีเนื้อสัมผัสและรสชาติที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค
3. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อเลียนแบบจากโปรตีนทางเลือกจากพืชที่มีสมบัติเชิงหน้าที่

1.3 ขอบเขต/กรอบแนวคิดของการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบจากโปรตีนทางเลือกจากพืชที่มีสมบัติเชิงหน้าที่ โดยทำการศึกษาหาสัดส่วนที่เหมาะสมของส่วนประกอบเนื้อไก่เลียนแบบ วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส เพื่อคัดเลือกสูตรเนื้อไก่เลียนแบบที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับอกไก่มากที่สุด ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิแช่เย็น (4°C) และการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง (-18°C) ภายใต้บรรจุภัณฑ์สุญญากาศ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ได้สูตรและกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบจากโปรตีนเสริมใยอาหารที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค
2. สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารสำหรับผู้ที่รับประทานอาหารประเภทมังสวิรัติและเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ
3. พัฒนาทักษะและกระบวนการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงการวางแผนการทำงานอย่างเป็นระบบทำให้การทำงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

2.1 เนื้อไก่

เนื้อไก่ (chicken) เป็นเนื้อที่ได้รับความนิยมในการบริโภคมากที่สุด (อาวุธ ตันโช, 2538) เป็นสัดส่วนถึง 2 เท่าของการบริโภคเนื้อวัว เนื้อหมูและปลา (Dubberley, 2006) ซึ่งเหมาะกับทุกช่วงวัย รวมทั้งผู้ป่วยพักฟื้นและผู้ที่ควบคุมน้ำหนัก เนื่องจากเนื้อไก่เป็นแหล่งโปรตีนที่มีกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วน มีปริมาณกล้ามเนื้อมาก ไขมันค่อนข้างต่ำ จึงมีปริมาณแคลอรีต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อหมูและเนื้อวัว โดยทั่วไปเนื้อไก่สุกจะมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มเคี้ยวและย่อยง่าย มีกลิ่นเฉพาะตัวที่ไม่แรงมาก นำไปผสมกับเครื่องปรุงหรืออาหารอื่นได้ดี (Mountney, 1966)

2.1.1 คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อไก่

2.1.1.1 ความชื้น มีค่าประมาณ 56-72% ขึ้นกับชนิดและอายุของซากไก่ โดยซากไก่ที่มีอายุน้อยจะมีความชื้นมากกว่าไก่ที่มีอายุมาก

2.1.1.2 โปรตีน ในเนื้อไก่มีคุณภาพสูง ง่านต่อการย่อยและมีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย โดยเนื้อไก่ปรุงสุกมีปริมาณโปรจีนประมาณ 23-25% ซึ่งสูงกว่าเนื้อวัว เนื้อหมู และเนื้อแกะ

2.1.1.3 ไขมัน ปริมาณไขมันขึ้นกับอายุ เพศ และชนิดของสัตว์ปีก โดยไก่ตัวเมียจะมีปริมาณไขมันมากกว่าไก่ตัวผู้ โดยเนื้ออกไก่ที่ผ่านการปรุงสุกจะพบไขมันประมาณ 1.3% และในเนื้อไก่มีสัดส่วนของไขมันไม่อิ่มตัวสูงกว่าเนื้อวัว หรือเนื้อหมู

2.1.1.4 วิตามิน ในสัตว์ปีกเป็นแหล่งของไนอะซิน ไรโบฟลาวิน ไทอะมิน และกรดแอสคอร์บิค โดยตับสดของไก่จะมีไนอะซิน 11.8 มล. ไรโบฟลาวิน 2.46 มล. ไทอะมิน 0.2 มล. กรดแอสคอร์บิค 20 มล. และยังมีปริมาณวิตามินเอสูงถึง 32,500 I.U.

(Mountney, 1966)

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของส่วนต่าง ๆ ของเนื้อไก่

Percentage	Skin	White muscle	Dark muscle	Entrail	MSC*
Water	44.37	74.01	72.47	69.64	69.12
Lipid	45.20	2.91	8.91	16.93	15.18
Protein	10.57	23.29	19.16	11.22	13.93
Ash	0.51	1.11	1.00	1.76	1.16

ที่มา : Modified from Heerden et al. (2002)

MSC* : Mechanically Separated Chicken

ตารางที่ 2.2 ปริมาณโปรตีนและองค์ประกอบกรดอะมิโนของถั่วเหลืองและเนื้อไก่

	Soybean (*Glycine max*) seed	Chicken (*Gallus gallus*) edible flesh
Protein (g/100 g)	38	20
Ile	1889	1069*
Leu	3232	1472*
Lys	2653	1590*
Met	525	502*
Cys	552	262*
Phe	2055	800*
Tys	1303	669*
Trp	532	205*
Thr	1603	794*
Val	1995	1018*
Arg	3006	1114*
His	1051	525*
Ala	1769	682*
Asx	4861	1834*
Glux	7774	3002*
Gly	1736	1059*
Pro	2281	829*
Ser	2128	781*

ที่มา : FAOSTAT Database

* คือ ค่ากรดอะมิโนที่ประเมินด้วยการหาวิธีทางจุลชีววิทยา ส่วนที่เหลือของรายการอาหารของกรดอะมิโนถูกควบคุมโดยวิธีคอลัมน์โครมาโตกราฟี

2.2 ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เลียนแบบ

ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เลียนแบบ คือ ผลิตภัณฑ์ซึ่งผลิตจากโปรตีนชนิดอื่นนอกเหนือจากเนื้อสัตว์ เช่น โปรตีนถั่วเหลือง กลูเตนข้าวสาลี โดยเลียนแบบลักษณะที่ปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่น รส หรือ สี อย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งหมด ให้มีส่วนคล้ายคลึงกับผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ (วิไลรัตน์ มณีเสถียรรัตนา, 2535) โดยภายในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เลียนแบบประกอบด้วย

- water (50%–80%)
- textured vegetable proteins (10%–25%)
- non textured proteins (4%–20%)
- flavorings (3%–10%)
- fat (0%–15%)
- bridging agents (1%–5%)
- coloring agents (0%–0.5%)

(Egbert and Borders, 2006)

2.3 ส่วนประกอบหลักในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เลียนแบบ

2.3.1 โปรตีนถั่วเหลือง (soy protein)

โปรตีนถั่วเหลืองเป็นส่วนผสมที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในเนื้อสัตว์เลียนแบบ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ โกลบูลิน (globulin) มีปริมาณมากถึง 90% ของโปรตีนทั้งหมด และสามารถละลายในได้ในสารละลายเกลือเจือจาง ส่วน 10% ที่เหลือ คือ อัลบูมิน (albumin) สามารถละลายได้ในน้ำ โกลบูลินประกอบด้วย 4 ส่วน คือ 2S, 7S, 11S และ 15S โดยมีปริมาณ 7S และ 11S มากที่สุด การแปรรูปอาหารภายใต้ความเข้มของไอออน (ionic strength) และสภาวะความร้อนที่เหมาะสม จะทำให้หน่วยย่อยภายในโกลบูลิน 7S และ 11S แยกออก และรวมตัวกันใหม่ เพื่อให้มีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ เช่น ความสามารถในการอุ้มน้ำ การเกิดเจล การเกิดฟอง การดูดซับไขมัน และการเป็นอิมัลซิฟายเออร์ โดยเฉพาะความสามารถในการเกิดเจล เพราะเจลที่มีความหนืดมีบทบาทสำคัญ คือ การเกาะติดอนุภาค การตรึงไขมัน และกักเก็บน้ำไว้ภายในเมทริกซ์ของผลิตภัณฑ์เนื้อเลียนแบบ (Sha and Xiong, 2020)

โปรตีนถั่วเหลืองสกัด (soy protein isolate, SPI) ผลิตโดยนำแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันมาสกัดด้วยด่างที่ pH 8.0-8.5 แล้วนำไปตกตะกอนที่ pH 4.5 จากนั้นนำมาปรับ pH ให้เป็นกลาง แล้วจึงนำไปทำแห้งจะได้เป็นโปรตีนที่ละลายน้ำได้ดี โปรตีนถั่วเหลืองที่สกัดได้จะมีปริมาณโปรตีนสูงมากกว่า 90% ซึ่งข้อดีของโปรตีนถั่วเหลืองสกัด คือ ได้โปรตีนที่มีความบริสุทธิ์สูง มีสีและรสชาติที่อ่อนเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์โปรตีนถั่วเหลือง

แบบอื่น ๆ อย่างไรก็ตามสำหรับการประยุกต์ใช้โปรตีนทางเลือกไม่จำเป็นต้องมีความบริสุทธิ์ของโปรตีนสูงมาก ยิ่งไปกว่านั้นการมีส่วนประกอบเพิ่มเติมอาจเป็นประโยชน์หรือจำเป็นยิ่งขึ้นในการทำเนื้อเลียนแบบ (Cheftel et al., 1992)

การบริโภคโปรตีนถั่วเหลืองช่วยลดปัจจัยเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือด โรคเบาหวานประเภทที่ 2 และลดความเสี่ยงของการเกิดมะเร็งบางประเภท เช่น มะเร็งเต้านม และมะเร็งต่อมลูกหมาก นอกจากนี้การบริโภคโปรตีนถั่วเหลืองยังช่วยลดคอเลสเตอรอลชนิด LDL (Xiao, 2008)

2.3.2 กลูเตนข้าวสาลี (wheat gluten)

กลูเตนข้าวสาลีเป็นโปรตีนจากข้าวสาลีที่มีคุณสมบัติเฉพาะ เมื่อมีความชุ่มชื้นและถูกผสมให้เข้ากันจะมีโครงสร้างที่ยืดหยุ่นสามารถกักเก็บก๊าซของแป้งขนมปัง (Riaz, 2004) โดยเมื่อกลูเตนข้าวสาลียืดตัวจะสามารถสร้างฟิล์มโปรตีนบาง ๆ และกลายเป็นโปรตีนที่มีเส้นใย (Don et al., 2003) นอกจากนี้กลูเตนข้าวสาลีมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ที่หลากหลาย เช่น การละลาย ความหนืด (Kumar et al., 2012) และความสามารถในการจับไขมันและน้ำ รวมทั้งเพิ่มปริมาณโปรตีน ซึ่งโปรตีนจากข้าวสาลีที่ขายทั่วไปในท้องตลาดมีโปรตีน 80% คุณสมบัติข้างต้นนี้ทำให้มีการนำกลูเตนข้าวสาลีมาใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เลียนแบบ (Day et al., 2006)

2.3.3 สารช่วยในการเชื่อมประสาน (bridging agents)

สารช่วยในการเชื่อมประสานในผลิตภัณฑ์เนื้อเลียนแบบเป็นส่วนผสมจากพืชที่ทำหน้าที่เป็นทั้งสารยึดเกาะน้ำและไขมัน เช่น โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น กลูเตนข้าวสาลี คาราจีแนน เป็นต้น โดยความเข้มข้นของสารช่วยในการเชื่อมประสานมีผลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์สุดท้าย (Arora et al., 2017) กลูเตนข้าวสาลีจัดเป็นสารช่วยในการเชื่อมประสาน เนื่องจากมีลักษณะยืดหยุ่น ข้นหนืด และมีความสามารถในการเกาะติด และขึ้นรูปแป้งโด รวมทั้งช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักหลังจากทำให้สุก (cooking loses) ส่วนอัลบูมินและโปรตีนถั่วเหลืองเป็นสารช่วยในการเชื่อมประสานที่นิยม เนื่องจากไม่มีรสชาติ (Kyriakopoulou et al., 2019)

2.3.4 หัวปลี (Banana blossom, banana flower or banana heart)

หัวปลีเป็นผลพลอยได้จากการเพาะปลูกกล้วย หัวปลีเป็นช่อดอกสีม่วงแดงขนาดใหญ่ที่เจริญออกมาจากปลายเครือกล้วย ส่วนสีขาวด้านในของหัวปลีนิยมนำมาใช้เป็นส่วนประกอบอาหารในชาวเอเชีย (Wickramarachchi and Ranamukhaarachchi, 2005) หัวปลีมักถูกนำมารับประทานเป็นผักหรือใช้เป็นส่วนผสมในอาหารประเภทแกง (Lau et al., 2020) นอกจากนี้ยังสามารถรับประทานแบบดิบได้ โดยจะมีเนื้อสัมผัสที่หนาและเป็นฝอย สามารถแทนเนื้อปลาได้ ในส่วนของรสชาตินั้นจะออกไปทางจืดถึงไม่มีรสชาติ (Berrill, 2019)

จากผลการวิจัยของ Ramu et al. (2017) พบว่าหัวปลีมีกรดกลูตามิก กรดแอสปาร์ติก ลิวซีน อะลานีน โปรลีน อาร์จีนีน ซิสเตอีน และซีรีนในปริมาณมาก และมีปริมาณของไลซีนน้อยที่สุด และเป็นแหล่งของปริมาณไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งมีปริมาณกรดลิโนเลอิกถึง 84.8% ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมด นอกจากนี้หัวปลียังเป็นแหล่งใยอาหารที่ดี วิตามินเอ ซี และอี มีแร่ธาตุ เช่น ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม เหล็ก แมกนีเซียม และมีสารต้านอนุมูลอิสระ อีกทั้งยังมีประโยชน์เกี่ยวกับการรักษาโรคที่ดี เช่น ลดภาวะประจำเดือนมามาก การขับน้ำนม โรคเบาหวาน โรคโลหิตจาง โรคแผลในกระเพาะอาหาร ลดความวิตกกังวล มีประโยชน์ในการลดน้ำหนัก และดีต่อระบบทางเดินอาหาร (Singh, 2017)

2.3.5 ขนุนอ่อน (Young green jackfruit)

ขนุน เป็นผลไม้เมืองร้อน อยู่ในตระกูล Moraceae และมีชื่อทางพฤษศาสตร์ว่า Artocarpus heterophyllus เติบโตได้ดีที่สุดในสภาพอากาศร้อนชื้นและสภาพอากาศที่มีฝน (Hamid et al., 2020) ขนุนสามารถรับประทานได้ทั้งขนุนสุก และขนุนอ่อน โดยขนุนอ่อนจะมีเนื้อสีเขียวอ่อนถึงครีม มีปริมาณสารอาหารมากมาย ดังที่แสดงในตารางที่ 2.3 โดยมีใยอาหารสูงถึง 6.7 กรัม ซึ่งช่วยในเรื่องของระบบขับถ่าย ช่วยลดโอกาสเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่ จึงสามารถใช้เป็นองค์ประกอบที่มีสมบัติเชิงหน้าที่ในอาหารได้ อีกทั้งยังเป็นแหล่งของสารแคโรทีนอยด์ และกรดมาลิค นอกจากนี้ในทางการแพทย์แผนโบราณมีการนำส่วนต่าง ๆ ของขนุนมาใช้ในการรักษา เช่น ต้านแบคทีเรีย ต้านวัณโรคต้านไวรัส ต้านการอักเสบ รวมถึงช่วนลดระดับน้ำตาลในกระแสเลือด และมีการกระตุ้นการหลั่งอินซูลิน (ธนากรณ์ ดำสุด และคณะ, 2560)

ตารางที่ 2.3 คุณค่าทางโภชนาการของขนุนอ่อน 100 กรัม

สารอาหาร	ปริมาณสารอาหาร
พลังงาน (กิโลแคลอรี่)	22
น้ำ (กรัม)	88.4
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	1.7
โปรตีน (กรัม)	1.6
ไขมัน (กรัม)	1.0
เยื่อใยอาหาร (กรัม)	6.7
เถ้า (กรัม)	0.7

ที่มา : กองโภชนาการ กรมอนามัย (2535)

2.4 กระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เนื้อเลียนแบบ

กล้ามเนื้อโครงร่างของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม และสัตว์ปีกประกอบด้วยโปรตีน 2 ชนิด คือ แอกติน (actin) และไมโอซิน (myosin) ซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นใย แตกต่างจากโปรตีนทางเลือกจากพืช เช่น โปรตีนถั่วเหลือง โปรตีนถั่วลันเตา ที่เป็นส่วนประกอบหลักของเนื้อสัตว์เลียนแบบ มีลักษณะโครงสร้างเป็นก้อนกลม ซึ่งไม่เอื้อต่อการสร้างโครงสร้างเส้นใยคล้ายเนื้อสัตว์ ดังนั้นต้องอาศัยกระบวนการขึ้นรูป เพื่อเปลี่ยนโครงสร้างที่เป็นก้อนกลมให้กลายเป็นโครงสร้างเส้นใย โดยกระบวนการขึ้นรูปเนื้อสัตว์เลียนแบบมี 3 กระบวนการ ดังนี้

2.4.1 กระบวนการ Extrusion

เป็นกระบวนการทางกลความร้อน ซึ่งอาหารที่ถูกทำให้เปียกชื้น สามารถขยายได้ มีความยืดหยุ่น มีความเป็นแป้งและอาหารที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบจะถูกบีบอัดโดยความดัน ความร้อนและแรงเฉือนเชิงกล (Maurya and Said, 2014) เครื่อง extruder ประกอบด้วย: ระบบ precondition ระบบการป้อนวัตถุดิบ สกรู บาเรล แม่พิมพ์และเครื่องตัด ในระหว่างกระบวนการผลิต วัตถุดิบแห้งหรือวัตถุดิบที่ถูกปรับสภาวะด้วยความชื้นจะถูกป้อนเข้าเครื่อง extruder ผ่านเครื่องป้อนแบบสกรู (screw feeder) โดยจากส่วนป้อนวัตถุดิบถึงสกรูวัตถุดิบจะถูกผสมเป็นเนื้อเดียวกันและส่งต่อไปส่วนบีบอัด ซึ่งในส่วนบีบอัดมีการลดลงของความลึกและระยะห่างของสกรู ส่งผลให้อัตราการเฉือน อุณหภูมิและความดันเพิ่มขึ้น ทำให้วัตถุดิบที่เป็นของแข็งเปลี่ยนเป็นของเหลวหนืด จากนั้นก่อนที่จะออกจากเครื่อง extruder อุณหภูมิและความดันสูงสุดส่งผลให้ความหนืดของวัตถุดิบที่ถูกอัดขึ้นรูปลดลงทันที (Fellows, 2000)

สำหรับการผลิตเนื้อสัตว์เลียนแบบ มีกระบวนการ Extrusion สองประเภท ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่เติมเข้ามาในระหว่างกระบวนการ คือกระบวนการ Extrusion แบบความชื้นต่ำ และกระบวนการ Extrusion แบบความชื้นสูง (Lin et al., 2000) กระบวนการทั้งสองสามารถสรุปได้ในสามขั้นตอน

1. การตกตะกอนของวัสดุนอกเครื่องอัดรีด
2. การผสม / การปรุงอาหารภายในบาเรล
3. การทำให้เย็นในแม่พิมพ์

กระบวนการ Extrusion แบบความชื้นต่ำ แป้งที่มีความชื้นต่ำจะถูกเปลี่ยนเป็นโปรตีนเกษตร (TVP) (Riaz, 2011) ในขั้นตอนนี้การปรับสภาพและการทำให้เย็นมีความสำคัญน้อยกว่าในกระบวนการอัดรีดของ TVP โดยสูตรเนื้อเลียนแบบขั้นสุดท้าย เนื้อเลียนแบบจะได้รับการคืนน้ำก่อนการทำให้สุก ผลิตภัณฑ์จากกระบวนการ Extrusion แบบความชื้นต่ำจะเกิดโครงสร้างคล้ายฟองน้ำและดูดซับน้ำอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงถูกใช้เหมือนเป็นเนื้อแปรรูป เช่นไส้กรอกและเนื้อเบอร์เกอร์ ซึ่งถูกปรับปรุงความสามารถในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปให้ดีขึ้น

กระบวนการ Extrusion แบบความชื้นสูง วัตถุดิบถูกให้ความชื้น 60%–70% ในระหว่างกระบวนการ Extrusion ส่งผลให้เกิดการอัดขึ้นรูปที่มีปริมาณความชื้นสุดท้ายสูงขึ้น โดยส่วนใหญ่จะใช้เครื่อง extruder แบบสกรูหมุนแบบคู่ และผลิตภัณฑ์จะถูกแช่แข็งหลังจากการอัดขึ้นรูปเพื่อเพิ่มโครงสร้าง (Giezen et al., 2013) หลังจากวัตถุดิบถูกป้อนเข้าสู่เครื่อง และเครื่องเริ่มทำงาน อุณหภูมิภายในเครื่อง extruder จะเพิ่มสูงขึ้นที่อุณหภูมิระหว่าง 130 ถึง 180°C ส่งผลให้โปรตีนละลาย และเกิดมวลที่ยืดหยุ่นและหนืดที่สามารถหล่อเย็นในแม่พิมพ์ได้ ในการผลิตเนื้อเลียนแบบการหล่อเย็นจะใช้เวลานาน เพื่อการจัดเรียงตัวในแม่พิมพ์และป้องกันการขยายตัวของวัตถุดิบ ซึ่งอาจทำลายโครงสร้างที่เกิดขึ้นใหม่ (Kyriakopoulou et al., 2019)

การผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อเลียนแบบต้องควบคุมตัวแปรต่างๆ ในกระบวนการ extrusion เช่น ความเร็วของสกรู, ปริมาณความชื้นของวัตถุดิบ, อุณหภูมิของบาเรล, คุณสมบัติของเครื่อง extruder และองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของวัตถุดิบ ตัวอย่างเช่นงานวิจัยของ Rueda et al. (2004) สรุปว่าการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องของอุณหภูมิของบาเรลและความเร็วของสกรู ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของการขยายตัว การดูดซึมน้ำ ความสามารถในการอุ้มน้ำและความแข็งของแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน

2.4.2 กระบวนการ Shear Cell Technology

เป็นเทคนิคใหม่ตามแนวคิดของโครงสร้างการเหนี่ยวนำให้เกิดการไหล โดย Shear cells เป็นอุปกรณ์รูปกรวย ซึ่งประกอบด้วยกรวยด้านล่างและกรวยด้านบน โดยกรวยด้านล่างจะหมุนในขณะที่กรวยด้านบนอยู่นิ่ง อุณหภูมิของกระบวนการผลิตเกิดจากการให้ความร้อนหรือทำความเย็นกรวยทั้งสองด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิหรือไอน้ำ เมื่อเกิดแรงเฉือนและความร้อนทำให้โครงสร้างเส้นใยถูกสร้างขึ้น (Kyriakopoulou et al., 2019) โดยโครงสร้างของผลิตภัณฑ์สุดท้ายขึ้นอยู่กับส่วนผสมและสภาวะในการผลิต เช่น อุณหภูมิ เวลาที่ใช้ในการผลิต และอัตราเฉือน (Dekkers et al., 2018) Shear cells ได้ถูกนำไปใช้ในการพัฒนาเนื้อเลียนแบบโดยทำงานที่อุณหภูมิสูง (Krintiras, 2016)

2.4.3 กระบวนการ Wet Spinning

Boyer จดสิทธิบัตรกระบวนการ Wet Spinning สำหรับการผลิตเนื้อเลียนแบบในปี 1954 (Boyer, 1954) ในกระบวนการ Wet Spinning สารละลายที่มีโปรตีนจะถูกอัดรีดผ่านสปินเนอร์แล้วถูกแช่ลงในอ่างบรรจุสารที่ไม่ทำละลายโปรตีน ซึ่งการแลกเปลี่ยนระหว่างตัวทำละลายและสารที่ไม่ใช่ตัวทำละลายโปรตีนทำให้เกิดการตกตะกอนและการแข็งตัวของโปรตีน และขึ้นรูปเป็นเส้นใย (Boyer, 1954; Rampon et al., 1999; Tolstoguzov, 1988) หลังจากนั้นจะเชื่อมกันด้วยสารช่วยในการเชื่อมประสาน เช่น albuminoid protein โดยผลิตภัณฑ์เนื้อเลียนแบบจากกระบวนการ Wet Spinning สามารถทนแรงบด เฉือน การแช่แข็ง แต่เมื่อเก็บไว้นานจะเกิดสีเทา ความเหนียวเพิ่มขึ้นแต่ความยืดหยุ่นลดลง (ธนกร โรจนกร, 2532)

2.5 อายุการเก็บรักษา

2.5.1 อายุการเก็บรักษาของเนื้อไก่

ปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่ทำให้เนื้อสัตว์เน่าเสียและอายุการเก็บรักษาสั้นลงคือการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ การใช้บรรจุภัณฑ์แบบดัดแปรบรรยากาศ (Modified Atmosphere Packaging, MAP) ที่มี CO_2 ในระดับที่สูง สามารถยังยั้ง Pseudomonas spp., Enterobacteriaceae, ยีสต์และราในเนื้อไก่ดิบหรือไก่แปรรูปได้ และการเปลี่ยนสีของเนื้อแดงเห็นได้ชัดเจนกว่าเนื้อสัตว์ปีก เนื้อสัตว์ปีกก็สามารถใช้ MAP ที่มี CO_2 ในระดับที่สูงขึ้น โดยไม่สูญเสียสีได้เช่นกัน (Rao and Sachindra, 2002) สำหรับสัตว์ปีกดิบโดยทั่วไปในอุตสาหกรรมจะใช้ MAP ที่มี CO_2 30% ถึง 100% ที่สมดุลกับ N_2 โดยส่วนผสมของ 30% CO_2 / 70% N_2 สามารถยืดอายุการเก็บรักษาของเนื้อไก่แช่เย็น และส่งผลให้จำนวน Pseudomonas spp. ลดลง 0.8-2.39 log CFU / g ตลอดระยะเวลาการจัดเก็บ (Zhang et al., 2015)

Guo et al. (2018) แสดงให้เห็นว่า MAP ที่มี CO_2 40% / 60% N_2 สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของ TVCS, LAB, เชื้อราและยีสต์ในไก่ย่างได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดการเกิดออกซิเดชันของไขมันในไก่ย่าง รักษาความคงตัวของสีระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C และยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อไก่ย่างได้ 14 วัน เมื่อเทียบกับบรรจุภัณฑ์แบบมีอากาศ

Saucier, Gendron, and C. Garie´py (2000) ได้ศึกษาเกี่ยวกับอายุการเก็บรักษาของเนื้อไก่บดและเนื้อไก่งวงที่บรรจุแบบ MAP ที่มีปริมาณ O_2 และ CO_2 สูง (62% CO_2, 8% O_2 และ 30% N_2; gas-1) หรือส่วนผสมของก๊าซที่ไม่มี O_2 (20% CO_2 และ 80% N_2; gas-2) เนื้อสัตว์ที่บรรจุภายใต้ gas-2 ยังคงค่าสีแดงที่สูงกว่าตลอดการทดลอง และมีสีที่น่าดึงดูดกว่าเนื้อสัตว์ที่บรรจุใน gas-1 แต่ไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับจุลินทรีย์ของเนื้อสัตว์

2.5.2 อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เลียนแบบ

ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เลียนแบบ มีข้อได้เปรียบกว่าเนื้อสัตว์ในเรื่องอายุการเก็บรักษาและความปลอดภัยของอาหาร เนื่องจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อเลียนแบบมีขั้นตอนการให้ความร้อน เช่น ในระหว่างการอัดขึ้นรูป ซึ่งช่วยทำลายจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ แต่ค่ากิจกรรมของน้ำในผลิตภัณฑ์ก็มีแนวโน้มที่จะทำให้เกิดการเสื่อมเสียทางจุลินทรีย์ นอกจากนี้ยังมีรายงานความเสี่ยงเกี่ยวกับการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ได้อีกครั้งในขั้นตอนหลังการแปรรูป การบรรจุ การจัดเก็บและอื่นๆ ดังนั้นควรมุ่งเน้นเกี่ยวกับการป้องกันผลิตภัณฑ์จากการเสื่อมเสียทางจุลินทรีย์ ซึ่งอาจปนเปื้อนจากการสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมที่บริเวณพื้นผิวของผลิตภัณฑ์หรือการใช้เครื่องปรุงรสที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ เช่น เครื่องเทศ สมุนไพร และซอสสำหรับหมักเนื้อ (Kyriakopoulou et al., 2019)

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์เนื้อเลียนแบบส่วนใหญ่เก็บรักษาในสภาพแช่เย็นหรือแช่เยือกแข็งในบรรจุภัณฑ์พลาสติกปิดสนิทหรือถุงที่ยืดหยุ่นได้ หรือเก็บภายใต้สภาวะแช่เย็นและบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศ ผลิตภัณฑ์อาจอยู่ได้หลายวันถึง 1 เดือน (Redl et al., 2015; Shurtleff and Aoyagi, 2013; Wild, 2016) จากงานวิจัยศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อไก่ม้วนเลียนแบบที่ พบว่าสามารถเก็บรักษาได้ 3 วันที่อุณหภูมิห้อง (27±2°C) และ 12 วันที่อุณหภูมิแช่เย็น (4±2°C) (Yadav et al., 2015)

ในกรณีของเนื้อสัตว์ ระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีเมื่อสัมผัสกับอากาศ ซึ่งถือเป็นคุณลักษณะด้านคุณภาพของเนื้อสัตว์ และส่วนใหญ่ยังเกิดออกซิเดชันของไขมันร่วมด้วย ซึ่งทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของรสชาติและกลิ่นไม่พึงประสงค์ (O'Sullivan, 2016) ปัจจุบันวัสดุบรรจุภัณฑ์ของเนื้อสัตว์สามารถให้อากาศซึมผ่านได้ แต่ให้ความชื้นซึมผ่านไม่ได้ ทำให้ออกซิเจนทำปฏิกิริยากับไมโอโกลบินเพื่อผลิต oxymyoglobin (สารประกอบสีแดงเชอร์รี่) ในขณะที่ป้องกันการสูญเสียความชื้น (Shahidi, 2016) ผลิตภัณฑ์เนื้อเลียนแบบสามารถใช้ประโยชน์จากบรรจุภัณฑ์ดังกล่าว ในเรื่องของการป้องกันการสูญเสียความชื้น แต่สียังคงเสถียรเมื่อสุกเนื่องจากการลดออกซิเจนและการเพิ่มปริมาณคารบอนไดออกไซด์ สามารถลดการเกิดออกซิเดชันและยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ (O'Sullivan, 2016; Shahidi, 2016)

บทที่ 3
วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตเนื้อไก่เลียนแบบ

3.1.1 วัตถุดิบ

3.1.1.1 Soy protein isolate (SPI) (บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด)

3.1.1.2 กลูเตนข้าวสาลี (บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด)

3.1.1.3 แป้งสาลี ตรา ว่าว (บริษัท ยูไนเต็ดฟลาวมิลล์ จำกัด (มหาชน))

3.1.1.4 เกลือ ตรา ปรุงรส (บริษัท อุตสาหกรรมเหลือบริสุทธิ์ จำกัด)

3.1.1.5 น้ำมันถั่วเหลือง ตรา กุ๊ก (บริษัท ธนากรผลิตภัณฑ์น้ำมันพืช จำกัด)

3.1.1.6 น้ำเปล่า

3.1.1.7 หัวปลี

3.1.1.8 ขนุนอ่อน (บริษัท ผลิตภัณฑ์อาหารเชฟช้อย จำกัด)

3.1.1.9 กระเทียมป่น ตรามือที่ 1 (หจก. บางกอกชิลลี่และง่วนสูนกรุ๊ป)

3.1.1.10 หัวหอมป่น ตรามือที่ 1 (หจก. บางกอกชิลลี่และง่วนสูนกรุ๊ป)

3.1.1.11 กลิ่นไก่ทอด (บริษัท ออลวินฟู้ด(ไทยแลนด์) จำกัด)

3.1.2 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.2.1 หม้อความดัน

3.1.2.2 ทัพพี

3.1.2.3 เทอร์โมมิเตอร์

3.1.2.4 ไม้พาย

3.1.2.5 เตาแก๊ส

3.1.2.6 เครื่องชั่ง

3.1.2.7 เครื่องปั่นอเนกประสงค์

3.1.2.8 อลูมิเนียมฟอยล์

3.1.2.9 โถนวดแป้ง

3.1.2.10 เครื่องนวดแป้ง

3.1.2.11 หม้อนึ่ง

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพ

3.2.1 อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

3.2.1.1 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส Texture Analyzer (Stable Micro System, TA-XT2i(icon), England)

3.2.1.2 เครื่องวัดสี Colorimeter (Konica Minolta, CM-600d, Japan)

3.2.2 อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

3.2.2.1 เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (Aqua Lab, Series3 TE, USA)

3.2.2.2 ตู้อบลมร้อน

3.2.2.3 เครื่องย่อยโปรตีน (Buchi, K-424, Thailand)

3.2.2.4 เครื่องกลั่นโปรตีน (Buchi, K-355, Thailand)

3.2.2.5 Soxhlet extractor

3.2.2.6 Furnance (Carbolite, OWF 1200)

3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.3.1 ศึกษาหาสูตรที่เหมาะสมของเนื้อไก่เลียนแบบ

ศึกษาหาวิธีการทำเนื้อไก่เลียนแบบ โดยเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพ และลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่เลียนแบบที่ใช้วิธีทำและสูตรแตกต่างกันเทียบกับอกไก่ต้ม โดยสังเกตลักษณะทางกายภาพของเนื้อไก่เลียนแบบ และนำเนื้อไก่เลียนแบบมาวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะทางประสาทสัมผัส (Texture profile analysis) และค่าแรงตัดขาด (cutting force) ด้วยเครื่อง Texture analyzer

3.3.1.1 สูตรการทำผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบวิธีที่ 1 (ดัดแปลงจาก Shushu Le, 2017)

ส่วนผสม	ร้อยละโดยน้ำหนักทั้งหมด
SPI	17.5
กลูเตนข้าวสาลี	20.4
แป้งสาลีแป้งสาลี	0.9
เกลือ	0.3
น้ำมันถั่วเหลือง	1.7
หัวปลี *	6
น้ำ	58.3
หัวหอมป่น	0.3
กระเทียมป่น	0.3
กลิ่นไก่ทอด	0.3

*เพิ่มหัวปลีจากสูตรที่มีปริมาณ 100 กรัม

3.3.1.2 วิธีการทำผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบวิธีที่ 1 (ดัดแปลงจาก Shushu Le, 2017)

3.3.1.2.1 นำ SPI, กลูเตนข้าวสาลี, แป้งสาลี, เกลือ ใส่ลงในโถปั่น KENWOOD (หากเป็นสูตรที่ใส่หัวปลีใส่ในขั้นตอนนี้ ซึ่งเตรียมหัวปลีโดยนำหัวปลีลงไปต้มเป็นเวลา 5 นาที)

3.3.1.2.2 เติมน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำเปล่า ลงในโถปั่นด้วยความเร็วสูงสุด 3 นาที

3.3.1.2.3 นำฟอยล์ห่อก้อนเนื้อไก่เลียนแบบ 2 ชั้น

3.3.1.2.4 นำก้อนเนื้อไก่เลียนแบบนึ่งในหม้อนึ่ง 30 นาที

3.3.1.2.5 พักเนื้อไก่เลียนแบบให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นแช่ตู้เย็นเป็นเวลา 1 คืน

3.3.1.2.6 หากใช้หม้อความดันแทนหม้อนึ่ง ทำซ้ำข้อ 3.3.1.2.1-3.3.1.2.5 โดยให้ความร้อนในหม้อความดันเป็นเวลา 30 นาที

3.3.1.3 สูตรการทำผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบวิธีที่ 2 (ดัดแปลงจาก Thomas, 2018)

ส่วนผสม	ร้อยละโดยน้ำหนักทั้งหมด
SPI	10.6
กลูเตนข้าวสาลี	24.8
แป้งสาลี	2.8
เกลือ	0.5
น้ำมันถั่วเหลือง	3.5
ขนุนอ่อน *	18
น้ำ	56.7
หัวหอมป่น	0.3
กระเทียมป่น	0.3
กลิ่นไก่ทอด	0.3

*เพิ่มขนุนอ่อนจากสูตรที่มีปริมาณ 100 กรัม

3.3.1.4 วิธีการทำผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบวิธีที่ 2 (ดัดแปลงจาก Thomas, 2018)

3.3.1.4.1 นำ กลูเตนข้าวสาลี และแป้งสาลี ผสมกันในโถนวด และพักไว้ก่อนเป็นส่วนของแห้ง (หากเป็นสูตรที่ใส่ขนุนอ่อน นำขนุนอ่อนปั่นหยาบในโถปั่นก่อนทำข้อ 3.3.1.4.2)

3.3.1.4.2 นำ SPI, น้ำมันถั่วเหลือง, เกลือ, กระเทียมป่น, หัวหอมป่น, กลิ่นไก่ทอด และแบ่งน้ำเปล่า 46.1 กรัม ใส่ลงในโถปั่นผสม ปั่นด้วยความเร็วเบอร์ 1 เป็นเวลา 1 นาที จนครบเวลาหรือ SPI ไม่จับกันเป็นเม็ดเล็ก ๆ

3.3.1.4.3 นำส่วนผสมที่ปั่นได้เทรวมกับส่วนของแห้งที่อยู่ในโถนวด

3.3.1.4.4 นำน้ำส่วนที่เหลือ 10.6 กรัม เทลงในโถปั่นผสม ปั่นด้วยความเร็วเบอร์ 1 เพื่อชะส่วนผสมที่ติดอยู่ในโถปั่นออก จากนั้นเทลงในโถนวด

3.3.1.4.5 ผสมส่วนผสมในโถนวดให้เข้ากันโดยใช้หัวตีใบไม้ ที่ความเร็วระดับ 2 เป็นเวลา 5 นาที

3.3.1.4.6 จากนั้นเปลี่ยนหัวตีเป็นหัวตะขอ แล้วนวดต่อที่ความเร็วระดับ 4 เป็นเวลา 20 นาที

3.3.1.4.7 นำฟอยล์ห่อก้อนเนื้อไก่เลียนแบบ 2 ชั้น

3.3.1.4.8 นำก้อนเนื้อไก่เลียนแบบให้ความร้อนในหม้อความดันเป็นเวลา 30 นาที

3.3.1.4.9 พักเนื้อไก่เลียนแบบให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นแช่ตู้เย็นเป็นเวลา 1 คืน

3.3.1.5 ศึกษาอัตราส่วน SPI ต่อกลูเตนข้าวสาลี

แปรอัตราส่วน SPI ต่อกลูเตนข้าวสาลี ดังนี้ 20:80, 25:75 และ 30:70 ผลิตเนื้อไก่เลียนแบบโดยใช้วิธีการผลิตข้อ 3.3.1.4 และเปรียบเทียบเนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG ที่แตกต่างกันเทียบกับอกไก่ต้ม เลือกผลิตภัณฑ์ที่มีค่าจากการวิเคราะห์ใกล้เคียงกับอกไก่ต้ม

3.3.1.5.1 วิเคราะห์ลักษณะเฉพาะทางเนื้อสัมผัส (Texture profile analysis)

3.3.1.5.2 วัดค่าแรงตัดขาด (cutting force)

3.3.1.6 ศึกษาปริมาณขนุนอ่อน

แปรปริมาณขนุนอ่อน ดังนี้ 14, 16 และ 18 กรัม ผลิตเนื้อไก่เลียนแบบโดยใช้สูตรที่ได้จาก 3.3.1.5 วิธีการผลิตข้อ 3.3.1.4 และเปรียบเทียบเนื้อไก่เลียนแบบที่มีปริมาณขนุนอ่อนที่แตกต่างกันเทียบกับอกไก่ต้ม เลือกผลิตภัณฑ์ที่มีค่าจากการวิเคราะห์ใกล้เคียงกับอกไก่ต้ม

3.3.1.6.1 วิเคราะห์ลักษณะเฉพาะทางเนื้อสัมผัส (Texture profile analysis)

3.3.1.6.2 วัดค่าแรงตัดขาด (cutting force)

3.3.2 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อไก่เลียนแบบสูตรที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับเนื้อไก่ ดังนี้

3.3.2.1 ปริมาณโปรตีน ตามวิธีของ AOAC (2000)

3.3.2.2 ปริมาณความชื้น ตามวิธีของ AOAC (1995)

3.3.2.3 ปริมาณไขมัน ตามวิธีของ AOAC (2000)

3.3.2.4 ปริมาณเส้นใย ตามวิธีของ AOAC (1995)

3.3.2.5 ปริมาณเถ้า ตามวิธีของ AOAC (2000)

3.3.3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเนื้อไก่เลียนแบบระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ

3.3.3.1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเนื้อไก่เลียนแบบระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น

นำเนื้อไก่เลียนแบบสูตรที่ได้รับเลือกจากข้อ 3.3.1.6 บรรจุแบบสุญญากาศในถุงพลาสติกชนิด PE&PET และเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น โดยเก็บตัวอย่างมาตรวจสัปดาห์ละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และวิเคราะห์คุณภาพของเนื้อไก่เลียนแบบ ดังนี้

3.3.3.1.1 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ โดยการสังเกตลักษณะปรากฏ และกลิ่นรส

3.3.3.1.2 วิเคราะห์ลักษณะเฉพาะทางเนื้อสัมผัส (Texture profile analysis)

3.3.3.1.3 วัดค่าแรงตัดขาด (cutting force)

3.3.3.1.4 วัดสี ด้วยเครื่อง Colorimeter

3.3.3.1.5 วัดค่า Water activity (a_w)

3.3.3.1.6 วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ โดยตรวจ Total plate count และ Total yeast and mold

3.3.3.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเนื้อไก่เลียนแบบระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง

นำเนื้อไก่เลียนแบบสูตรที่ได้รับเลือกจากข้อ 3.3.1.6 บรรจุแบบสุญญากาศในถุงพลาสติกชนิด PE&PET และเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง โดยเก็บตัวอย่างมาตรวจทุก ๆ 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 2 เดือน และวิเคราะห์คุณภาพของเนื้อไก่เลียนแบบ ดังนี้

3.3.3.2.1 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ โดยการสังเกตลักษณะปรากฏ และกลิ่นรส

3.3.3.2.2 วิเคราะห์ลักษณะเฉพาะทางเนื้อสัมผัส (Texture profile analysis)

3.3.3.2.3 วัดค่าแรงตัดขาด (cutting force)

3.3.3.2.4 วัดสี ด้วยเครื่อง Colorimeter

3.3.3.2.5 วัด Drip loss

3.3.4 การประเมินทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค

ประเมินทางประสาทสัมผัสด้านสี, กลิ่น, รสชาติ, ความนุ่ม, ความเหนียว, ความแข็ง, ความชุ่มน้ำและความชอบโดยรวมของตัวอย่างเนื้อไก่เลียนแบบสูตรที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับเนื้อไก่ โดยใช้วิธี 7-point hedonic scale กำหนดให้ระดับคะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด ไปจนถึงระดับคะแนน 7 หมายถึง ชอบมากที่สุด ซึ่งผู้ทดสอบเป็นผู้ที่ไม่ผ่านการทดสอบ จำนวน 15 คน

3.3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ Texture Profile Analysis และ Cutting force วางแผนการทดลองการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (ANOVA) และวิเคราะห์

ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least-Significant Different (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Statistical package for social science (SPSS Version 22)

การวิเคราะห์การประเมินทางประสาทสัมผัสแบบ 7-point hedonic scale วางแผนการทดลองการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least-Significant Different (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Statistical package for social science (SPSS Version 22)

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 การศึกษาหาสูตรและวิธีการทำเนื้อไก่เลียนแบบ

ตารางที่ 4.1 สัดส่วนของส่วนประกอบวัตถุดิบต่าง ๆ ในการทำเนื้อไก่เลียนแบบ ใน 100 กรัม

ตัวอย่าง	SPI	WG	แป้งสาลี	เกลือ	น้ำมันถั่วเหลือง	น้ำ	หัวปลี	ขนุนอ่อน*
สูตรที่ 1	17.5	20.4	0.9	0.3	1.7	58.3	0	0
สูตรที่ 1 + หัวปลี	17.5	20.4	0.9	0.3	1.7	58.3	6.0	0
สูตรที่ 2	10.6	24.8	2.8	0.5	3.5	56.7	0	0
สูตรที่ 2 + ขนุนอ่อน	10.6	24.8	2.8	0.5	3.5	56.7	0	18.0

หมายเหตุ

- สูตรที่ 1 ใช้วิธีการผลิตตามข้อ 3.3.1.2
- สูตรที่ 2 ผลิตโดยใช้วิธีการผลิตตามข้อ 3.3.1.4
- *เพิ่มขนุนอ่อนจากสูตรที่มีปริมาณ 100 กรัม

4.1.1 ลักษณะทางกายภาพจากการสังเกต

ตารางที่ 4.2 ลักษณะปรากฏและลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่เลียนแบบในวิธีการทำสุกต่าง ๆ และอกไก่ต้ม

ตัวอย่าง	วิธีการทำให้สุก	ลักษณะปรากฏ	ลักษณะเนื้อสัมผัส
สูตรที่ 1	หม้อนึ่ง	สีเหลืองจากถั่วเหลือง เนื้อเนียนแน่น มีรูพรุนขนาดเล็ก	เนื้อแน่นเด้ง เป็นเนื้อเดียวกัน
สูตรที่ 1	หม้อความดัน	สีเหลืองจากถั่วเหลือง เนื้อเนียนแน่น มีรูพรุนขนาดเล็ก	เนื้อแน่นเด้ง มีความเป็นเส้นมากกว่าใช้หม้อนึ่ง
สูตรที่ 1 + หัวปลี	หม้อนึ่ง	สีคล้ำ ไม่สม่ำเสมอ มีจุดดำจากหัวปลี เนื้อเนียน	เนื้อแน่นเด้ง เป็นเนื้อเดียวกัน
สูตรที่ 1 + หัวปลี	หม้อความดัน	สีคล้ำน้อยกว่าสูตร 1 หม้อนึ่ง มีจุดดำจากหัวปลี เนื้อเนียนและแน่น	เนื้อแน่นเด้ง มีความเป็นเส้นมากกว่าใช้หม้อนึ่ง
สูตรที่ 2	หม้อความดัน	สีเหลืองจากถั่วเหลือง ลักษณะเนื้อแน่นและเนียน	เนื้อแน่น มีความเป็นเส้น
สูตรที่ 2 + ขนุนอ่อน	หม้อความดัน	สีเหลืองเทาจากถั่วเหลืองและขนุนอ่อน มีเนื้อขนุนอ่อนขนาดเล็กแทรกอยู่	เนื้อแน่น มีความเป็นเส้น
อกไก่ต้ม	ต้ม	สีขาว เนื้อแห้ง มีความเป็นเส้น	เนื้อเหนียว มีความเป็นเส้น

สูตรที่ 1 (ทำให้สุกด้วยหม้อนึ่ง)

สูตรที่ 1 (ทำให้สุกด้วยหม้อความดัน)

สูตรที่ 1 + หัวปลี (ทำให้สุกด้วยหม้อนึ่ง)

สูตรที่ 1 + หัวปลี (ทำให้สุกด้วยหม้อความดัน)

สูตรที่ 2

สูตรที่ 2 + ขนุนอ่อน

อกไก่ต้ม

ภาพที่ 1 ลักษณะปรากฏของเนื้อไก่เลียนแบบสูตรต่าง ๆ และอกไก่ต้ม

4.1.2 คุณภาพทางกายภาพของเนื้อไก่เลียนแบบ

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะทางเนื้อสัมผัส (TPA) และวัดค่าแรงตัดขาด (Cutting force) ของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบทั้ง 8 สูตร เทียบกับอกไก่ต้ม ด้วยเครื่อง Texture Analyzer TA-XT2 โดยสำหรับการวิเคราะห์ TPA ใช้หัววัด P/100 และใช้ตัวอย่างขนาด 2 x 4 x 2 เซนติเมตร ส่วนสำหรับการวัด

ค่าแรงตัดขาด ใช้หัววัด HDP/BSW และใช้ตัวอย่างขนาด 2 x 4 x 0.8 เซนติเมตร ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 คุณภาพทางกายภาพของลักษณะเฉพาะทางเนื้อสัมผัส (TPA) และค่าแรงตัดขาด (Cutting force) ของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบสูตรต่าง ๆ เปรียบเทียบกับอกไก่ต้ม

ตัวอย่าง	hardness (N)	Springiness (sec/sec)	gumminess (N)	chewiness (N)	Cohesiveness	Cutting force (N)
สูตรที่ 1 (นึ่ง)	93.67 ± 1.31	0.09 ± 0.04	74.90 ± 2.36	65.86 ± 1.37	0.80 ± 0.01	23.32 ± 1.29
สูตรที่ 1 (ดัน)	95.84 ± 1.63	0.93 ± 0.02	76.85 ± 1.69	71.64 ± 1.27	0.82 ± 0.01	23.48 ± 2.90
สูตรที่ 1 + หัวปลี (นึ่ง)	59.56 ± 2.27	0.90 ± 0.02	46.09 ± 1.91	44.05 ± 1.40	0.81 ± 0.01	14.13 ± 1.43
สูตรที่ 1 + หัวปลี (ดัน)	44.01 ± 2.78	0.94 ± 0.02	35.13 ± 1.61	32.51 ± 1.02	0.84 ± 0.01	23.54 ± 1.18
สูตรที่ 2	110.33 ± 8.93	0.91 ± 0.00	88.10 ± 9.83	78.60 ± 9.55	0.82 ± 0.01	12.80 ± 2.27
สูตรที่ 2 + ขนุนอ่อน	79.24 ± 4.59	0.90 ± 0.01	57.84 ± 3.12	51.88 ± 3.31	0.73 ± 0.01	6.12 ± 1.44
อกไก่ต้ม	70.09 ± 9.28	0.62 ± 0.01	36.18 ± 6.43	22.71 ± 4.25	0.513 ± 0.03	14.50 ± 2.89

หมายเหตุ

- รายงานในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวัดวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

จากตารางที่ 4.2 ลักษณะทางกายภาพของเนื้อไก่เลียนแบบในสูตรที่ 1 ที่มีหัวปลี มีสีคล้ำและมีจุดสีดำจากหัวปลี ซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้วิจัย เมื่อเทียบกับเนื้อไก่เลียนแบบสูตรที่ 1 และ 2 ที่มีสีเหลืองจากโปรตีนถั่วเหลือง และเนื้อไก่เลียนแบบสูตรที่ 2 ที่มีขนุนอ่อนที่มีสีเหลืองเทาจากโปรตีนถั่วเหลืองและขนุนอ่อน ประกอบกับลักษณะเฉพาะทางเนื้อสัมผัส จากตารางที่ 4.3 เนื้อไก่เลียนแบบในสูตรที่ 1 ที่ทำให้สุกด้วยหม้อนึ่งจะมีลักษณะพองและมีรูพรุนขนาดเล็ก ในขณะที่การทำให้สุกด้วยความดันที่มีเนื้อแน่นกว่า ทำให้มีค่า chewiness น้อยกว่า ซึ่งเป็นผลจากการให้ความร้อนร่วมกับการใช้ความดัน ทำให้กลูเตนมีการขยายโครงสร้าง และมีความยืดหยุ่นมากขึ้น จึงส่งผลให้ค่า chewiness เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบการทำให้สุกด้วยหม้อความดันของสูตรที่ 1 และ 2 การเพิ่มขึ้นของค่า chewiness ในสูตรที่ 2 เกิดจากการใส่แป้งสาลีและน้ำมันถั่วเหลืองมากกว่าสูตรที่ 1 ดังตารางที่ 4.1 ซึ่งส่งผลต่อการเกิดเจลของแป้งและการแข็งตัวของไขมันทำให้เนื้อสัมผัสที่ได้มีความแน่นเกิดรูอากาศน้อย (สุพรรณี, 2546) และสูตรที่ 2 มีปริมาณกลูเตนมากกว่าสูตรที่ 1 จึงทำให้มีค่า hardness และ chewiness สูงกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chiang et al. (2019) ที่กล่าวว่า hardness และ

chewiness จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณกลูเตนที่เพิ่มขึ้น ส่วนค่า hardness และ chewiness ของทั้งสองสูตรที่มีหัวปลีหรือขนุนอ่อนในการทำให้สุกด้วยหม้อความดันนั้นมีค่าลดลง ดังนั้นจึงเลือกสูตรที่ 2 และวิธีการทำให้สุกด้วยหม้อความดันในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

4.1.3 ผลของอัตราส่วน SPI ต่อกลูเตนข้าวสาลี

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาคุณภาพทางกายภาพ โดยทำการวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะทางเนื้อสัมผัส (TPA) และวัดค่าแรงตัดขาด (Cutting force) ของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG เป็น 20:80, 25:75 และ 30:70 เทียบกับอกไก่ต้ม ด้วยเครื่อง Texture Analyzer TA-XT2 โดยสำหรับการวิเคราะห์ TPA ใช้หัววัด P/100 และใช้ตัวอย่างขนาด 2 x 3 x 2 เซนติเมตร ส่วนสำหรับการวัดค่าแรงตัดขาด ใช้หัววัด HDP/BSW และใช้ตัวอย่างขนาด 2 x 3 x 0.8 เซนติเมตร ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 4.4 คุณภาพทางกายภาพของลักษณะเฉพาะทางเนื้อสัมผัส (TPA) และค่าแรงตัดขาด (Cutting force) ของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG อัตราส่วนต่าง ๆ และอกไก่ต้ม

อัตราส่วนของ SPI ต่อ WG	Hardness (N)	Springiness (sec/sec)	Chewiness (N)	Gumminess (N)	Cohesiveness	Cutting force^{ns} (N)
20:80	114.59 ± 7.72^{a}	0.923 ± 0.00^{a}	88.18 ± 6.94^{a}	95.61 ± 7.91^{a}	0.834 ± 0.01^{a}	14.13 ± 3.99
25:75	112.97 ± 6.18^{a}	0.917 ± 0.00^{ab}	86.64 ± 8.46^{a}	92.62 ± 8.21^{a}	0.814 ± 0.01^{a}	12.88 ± 2.10
30:70	110.33 ± 8.93^{a}	0.908 ± 0.00^{b}	78.60 ± 9.55^{a}	88.10 ± 9.83^{a}	0.815 ± 0.01^{a}	12.80 ± 2.27
อกไก่ต้ม	71.94 ± 3.03^{b}	0.696 ± 0.02^{c}	30.70 ± 3.23^{b}	44.61 ± 6.26^{b}	0.525 ± 0.02^{b}	14.50 ± 2.89

หมายเหตุ

- รายงานในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวัดวิเคราะห์ 3 ซ้ำ
- a, b, c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)
- ns ตัวเลขที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากการศึกษาผลของอัตราส่วน SPI ต่อ WG ของเนื้อไก่เลียนแบบ และเลือกสูตรที่ดีที่สุดเพื่อนำไปพัฒนาต่อ โดยวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสเปรียบเทียบกับอกไก่ต้ม จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.4 พบว่าค่า hardness, gumminess, chewiness และ cutting force ของเนื้อไก่เลียนแบบมีแนวโน้มลดลงตามกลูเตนที่

ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chiang et al. (2019) ที่ศึกษาผลของอัตราส่วน SPI ต่อ WG ของเนื้อเลียนแบบ ส่วนอกไก่ต้มมีค่าจากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสน้อยที่สุด

จากภาพที่ 2 เมื่อฉีกเนื้อไก่เลียนแบบออกพบลักษณะความเป็นเส้นใยคล้ายกับการฉีกอกไก่ต้ม โดยลักษณะความเป็นเส้นใยนี้เพิ่มขึ้นตามปริมาณกลูเตนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างไดซัลไฟด์กับไฮโดรเจน (disulphide-hydrogen interaction) ในกลูเตนที่เพิ่มการเชื่อมข้ามระหว่างโปรตีนมากขึ้น ซึ่งสามารถควบคุมการสร้างโครงสร้างเส้นใยของเนื้อสัตว์เลียนแบบได้ (Krintiras et al., 2015; Chiang et al., 2019) แม้ว่าเนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG เท่ากับ 30:70 จะมีลักษณะความเป็นเส้นใยน้อยกว่าอัตราส่วนอื่น แต่มีค่า hardness, gumminess และ chewiness ใกล้เคียงกับอกไก่ต้มมากที่สุด จึงเลือกสูตรนี้ในการนำไปศึกษาการแปรปริมาณขนุนอ่อนต่อไป

(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 2 ลักษณะปรากฏของการฉีกเนื้อไก่เลียนแบบที่อัตราส่วน SPI ต่อ WG อัตราส่วนต่างๆ (ก) 20:80, (ข) 25:75 และ (ค) 30:70

4.1.4 ผลของปริมาณขนุนอ่อน

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาคุณภาพทางกายภาพ โดยทำการวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะทางเนื้อสัมผัส (TPA) และวัดค่าแรงตัดขาด (Cutting force) ของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG เป็น 30:70 และแปรปริมาณขนุนอ่อนเป็น 14, 16 และ 18 กรัม เทียบกับอกไก่ต้ม ด้วยเครื่อง Texture Analyzer TA-XT2 โดยสำหรับการวิเคราะห์ TPA ใช้หัววัด P/100 และใช้ตัวอย่างขนาด 2 x 3 x 2 เซนติเมตร ส่วนสำหรับการวัดค่าแรงตัดขาด ใช้หัววัด HDP/BSW และใช้ตัวอย่างขนาด 2 x 3 x 0.8 เซนติเมตร ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 คุณภาพทางกายภาพของลักษณะเฉพาะทางเนื้อสัมผัส (TPA) และค่าแรงตัดขาด (Cutting force) ของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG เป็น 30:70 และแปรปริมาณขนุนอ่อนปริมาณต่าง ๆ

ปริมาณขนุนอ่อน (g)	Hardness (N)	Springiness (sec/sec)	Chewiness (N)	Gumminess (N)	Cohesiveness	Cutting force (N)
40	83.37 ± 5.97^{a}	0.91 ± 0.00^{a}	57.25 ± 5.40^{a}	63.2 ± 6.24^{a}	0.76 ± 0.03^{a}	6.71 ± 0.86^{a}
45	79.94 ± 7.67^{ab}	0.91 ± 0.01^{a}	55.45 ± 6.49^{a}	60.77 ± 6.83^{a}	0.76 ± 0.01^{a}	6.84 ± 2.22^{a}
50	75.90 ± 1.33^{ab}	0.86 ± 0.01^{a}	44.88 ± 1.45^{b}	53.48 ± 2.25^{ab}	0.72 ± 0.01^{a}	6.12 ± 1.44^{a}
อกไก่ต้ม	71.94 ± 3.03^{b}	0.696 ± 0.02^{b}	30.70 ± 3.23^{c}	44.61 ± 6.26^{b}	0.525 ± 0.02^{b}	14.50 ± 2.89^{b}

หมายเหตุ

- รายงานในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวัดวิเคราะห์ 3 ซ้ำ
- a, b, c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)
- ns ตัวเลขที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากการศึกษาผลของปริมาณขนุนอ่อน โดยวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสเปรียบเทียบกับอกไก่ต้ม ดังตารางที่ 4.4 พบว่าค่า hardness, gumminess และ chewiness ลดลงตามปริมาณขนุนอ่อนที่เพิ่มขึ้น และเมื่อเทียบกับผลการทดลองจากตารางที่ 4.5 พบว่าเมื่อเพิ่มขนุนอ่อนลงในสูตร ลักษณะเนื้อสัมผัสมีค่าน้อยลงและมีค่าใกล้เคียงอกไก่ต้มมากขึ้น เนื่องจากขนุนอ่อนมีความเป็นเส้น เหนียว เมื่อนำไปให้ความร้อนจะสามารถฉีก สับหรือดึงได้ง่าย (Michail, 2017) รวมทั้งขนุนอ่อนที่นำมาใช้มีน้ำอยู่ภายใน ส่งผลให้ความแข็งของเนื้อไก่เลียนแบบลดลงและแรงที่ใช้ในการเคี้ยวลดลง โดยเนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG เป็น 30:70 และมีขนุนอ่อน 18 กรัม มีค่า hardness และ gumminess ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) กับอกไก่ต้ม และมีค่าลักษณะเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับอกไก่ต้มมากที่สุด จึงตัดสินใจเลือกสูตรนี้ เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ต่อไป

4.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ผู้วิจัยได้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบและเนื้อไก่เลียนแบบที่มีปริมาณขนุนอ่อน 18 กรัม เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับองค์ประกอบทางเคมีของอกไก่ต้มและศึกษาคุณค่าทางโภชนาการที่ผู้บริโภคจะได้รับจากผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบ

ตารางที่ 4.6 คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อไก่เลียนแบบและเนื้อไก่เลียนแบบที่มีปริมาณขนุนอ่อน 18 กรัม เปรียบเทียบกับอกไก่ต้ม

คุณค่าทางโภชนาการ (กรัม/100 กรัม)	ตัวอย่าง		
	30:70	30:70 + ขนุน	อกไก่ต้ม
ความชื้น	51.52	58.69	73.9
โปรตีน	27.67	24.39	23.6
คาร์โบไฮเดรต	15.68	12.33	0
ไขมัน	2.72	1.30	3.6
กากใย	1.06	2.09	0
เถ้า	1.35	1.20	1.0

หมายเหตุ

- คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อไก่มาจากตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย

จากตารางที่ 4.6 พบว่าเนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG เป็น 30:70 และเนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG เป็น 30:70 และมีขนุนอ่อน 18 กรัม มีโปรตีน คาร์โบไฮเดรต กากใย และเถ้ามากกว่าอกไก่ต้ม แต่มีความชื้นและไขมันน้อยกว่าอกไก่ต้ม หากพิจารณาด้านคุณค่าทางโภชนาการ เนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG เป็น 30:70 และเนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG เป็น 30:70 และมีขนุนอ่อน 18 กรัม มีคุณค่าทางโภชนาการครบทั้ง 5 หมู่ ในขณะที่อกไก่ต้มไม่มีคาร์โบไฮเดรตและกากใย โดยการรับประทานเนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG เป็น 30:70 และเนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG เป็น 30:70 และมีขนุนอ่อน 18 กรัม ในปริมาณ 100 กรัม ผู้บริโภคจะได้รับโปรตีน 27.67 และ 24.39 กรัม ตามลำดับ เมื่อเทียบกับโปรตีนที่ควรได้รับต่อวัน คือ 52 – 61 กรัม (ปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย (DRI), 2563) ผู้บริโภคจะได้รับคาร์โบไฮเดรต ผู้บริโภคจะได้รับ 15.68 และ 12.33 กรัม เมื่อเทียบกับคาร์โบไฮเดรตที่ควรได้รับต่อวัน คือ 225 – 235 กรัม ผู้บริโภคจะได้รับไขมัน 2.72 และ 1.30 กรัม เมื่อเทียบกับไขมันที่ควรได้รับต่อวัน คือ 45 – 78 กรัม ซึ่งได้รับน้อยกว่าการรับประทานอกไก่ต้ม ผู้บริโภคจะได้รับบกากใย 1.06 และ 2.09 กรัม ซึ่งแหล่งกากใยของสูตรที่ใส่ขนุนอ่อนมาจากขนุนอ่อนเป็นหลัก และพบเถ้าในปริมาณ 1.35 และ 1.20 กรัม ซึ่งเหมาะสำหรับผู้บริโภคที่ต้องการรับประทานอาหารที่มีปริมาณโปรตีนมาก มีไขมันน้อย และมีกากใย

4.3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเนื้อไก่เลียนแบบระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ

4.3.1 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ เนื้อสัมผัส และสีของเนื้อไก่เลียนแบบระหว่างการเก็บที่อุณภูมิแช่เย็น (4°C) และแช่เยือกแข็ง (-18°C)

ตารางที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพและกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG เป็น 30:70 และมีปริมาณขนุนอ่อน 18 กรัม ที่อุณหภูมิแช่เย็น (4°C) ที่ระยะเวลาต่าง ๆ

ระยะเวลา (วัน)	ลักษณะทางกายภาพ	กลิ่นรส
1	มีสีเหลืองเทา ลักษณะเนื้อแน่น	มีกลิ่นไก่ทอด และกลิ่นถั่วเหลือง
6	มีสีเหลืองเทา ลักษณะเนื้อแน่น	มีกลิ่นไก่ทอด และกลิ่นถั่วเหลือง
15	มีสีเหลืองเทา ลักษณะเนื้อแน่น	เริ่มมีกลิ่นไม่พึงประสงค์
22	มีสีเหลืองเทา ลักษณะเนื้อแน่น และเมือกเหนียวๆ เคลือบ	มีกลิ่นไม่พึงประสงค์ชัดเจน เหม็นเปรี้ยว
29	มีสีเหลืองเทา ลักษณะเนื้อแน่น และเมือกเหนียวๆ เคลือบ	มีกลิ่นไม่พึงประสงค์ชัดเจน เหม็นเปรี้ยว

ตารางที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพและกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG เป็น 30:70 และมีปริมาณขนุนอ่อน 18 กรัม ที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง (-18°C) ที่ระยะเวลาต่าง ๆ

ระยะเวลา (สัปดาห์)	ลักษณะทางกายภาพ	กลิ่น
0	มีสีเหลืองเทา ลักษณะเนื้อแน่น	มีกลิ่นไก่ทอด และกลิ่นถั่วเหลือง
2	มีสีเหลืองเทา ลักษณะเนื้อแน่น	มีกลิ่นไก่ทอด และกลิ่นถั่วเหลือง
4	มีสีเหลืองเทา ลักษณะเนื้อแน่น	มีกลิ่นไก่ทอด และกลิ่นถั่วเหลือง
6	มีสีเหลืองเทาอ่อน ลักษณะเนื้อแน่น	มีกลิ่นไก่ทอด และกลิ่นถั่วเหลือง
8	มีสีเหลืองเทาอ่อน ลักษณะเนื้อแน่น	มีกลิ่นไก่ทอด และกลิ่นถั่วเหลือง

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของเนื้อไก่เลียนแบบในระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิแช่เย็น ได้ผลดังตารางที่ 4.7 พบว่าเมื่อเก็บเนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG เป็น 30:70 และมีขนุนอ่อน 18 กรัม เป็นเวลา 15 วัน ผลิตภัณฑ์เริ่มมีกลิ่นไม่พึงประสงค์ และเมื่อเก็บเป็นเวลานานขึ้น เนื้อไก่เลียนแบบเริ่มมีเมือกเหนียว ๆ เคลือบ และมีกลิ่นไม่พึงประสงค์ชัดเจน ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการให้เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ โดยเมือกและกลิ่นที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากกิจกรรมของกลุ่มแบคทีเรียพวก *Lactobacillus*

spp. และ *Leuconostoc* spp (Iulietto et al., 2015) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา โดยมีการตรวจพบจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ ดังผลที่แสดงในตารางที่ 4.14 และค่ากิจกรรมของน้ำประมาณ 0.99 ในตารางที่ 4.13 เป็นค่าที่แบคทีเรียสามารถเจริญและทำให้อาหารเสื่อมเสียได้

ส่วนในการเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง ได้ผลดังตารางที่ 4.8 พบว่าเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ผลิตภัณฑ์ไม่มีการเปลี่ยนแปลงด้านลักษณะทางกายภาพและกลิ่น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเก็บรักษาเนื้อไก่เลียนแบบที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็งสามารถรักษาลักษณะทางกายภาพและกลิ่นไว้ได้ดี นอกจากนี้เนื้อไก่เลียนแบบที่เก็บที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 6 และ 8 สัปดาห์สีอ่อนลง ซึ่งสอดคล้องกับตารางที่ 4.12 ที่ถึงแสดงค่าความสว่าง (*L**) ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG เป็น 30:70 และมีปริมาณขนุนอ่อน 18 กรัม ที่อุณหภูมิแช่เย็น (4°C) ที่ระยะเวลาต่าง ๆ

ระยะเวลา (วัน)	Hardness (N)	Springiness^{ns} (sec/sec)	Chewiness (N)	Gumminess (N)	Cohesiveness^{ns}	Cutting force^{ns} (N)
1	78.08 ± 3.87^{ab}	0.90 ± 0.02	51.86 ± 3.89^{ab}	57.34 ± 4.06^{ab}	0.73 ± 0.02	8.65 ± 1.32
6	77.69 ± 1.87^{a}	0.88 ± 0.01	49.38 ± 4.23^{a}	56.19 ± 4.74^{a}	0.72 ± 0.06	7.44 ± 0.56
15	80.50 ± 8.39^{ab}	0.90 ± 0.02	54.54 ± 2.20^{abc}	60.66 ± 1.17^{ab}	0.75 ± 0.03	7.83 ± 1.65
22	84.83 ± 6.07^{ab}	0.91 ± 0.07	55.34 ± 1.76^{bc}	60.68 ± 4.69^{ab}	0.72 ± 0.01	7.41 ± 1.00
29	87.40 ± 5.68^{b}	0.89 ± 0.01	58.03 ± 3.16^{c}	65.61 ± 4.51^{b}	0.75 ± 0.00	8.45 ± 1.61

หมายเหตุ

- รายงานในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวัดวิเคราะห์ 3 ซ้ำ
- a, b, c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)
- ns ตัวเลขที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG เป็น 30:70 และมีปริมาณขนุนอ่อน 18 กรัม ที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง (-18°C) ที่ระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลา (สัปดาห์)	Hardness (N)	Springiness (sec/sec)	Chewiness (N)	Gumminess (N)	Cohesiveness	Cutting force^{ns} (N)
0	78.08 ± 3.87^{a}	0.90 ± 0.02^{a}	51.86 ± 3.89^{a}	57.34 ± 4.06^{a}	0.73 ± 0.02^{ab}	8.65 ± 1.32
2	48.18 ± 2.94^{b}	0.84 ± 0.03^{ab}	28.92 ± 2.01^{b}	34.45 ± 1.56^{b}	0.71 ± 0.03^{a}	6.38 ± 1.14
4	51.62 ± 3.05^{b}	0.85 ± 0.04^{ab}	32.96 ± 1.64^{b}	38.65 ± 3.83^{b}	0.75 ± 0.03^{ab}	7.53 ± 0.37
6	50.71 ± 7.64^{b}	0.81 ± 0.01^{b}	29.26 ± 4.70^{b}	36.81 ± 5.59^{b}	0.73 ± 0.02^{ab}	7.61 ± 1.18
8	52.80 ± 3.46^{b}	0.85 ± 0.05^{ab}	34.21 ± 3.27^{b}	40.03 ± 3.77^{b}	0.76 ± 0.02^{b}	8.19 ± 0.30

หมายเหตุ

- รายงานในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวัดวิเคราะห์ 3 ซ้ำ
- a, b, c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)
- ns ตัวเลขที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่เลียนแบบที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น พบว่า ค่า hardness gumminess และ chewiness มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) อาจเป็นเพราะการเกิดรีโทรเกรเดชัน (retrogradation) ของแป้ง ซึ่งเกิดจากเมื่อทำให้แป้งสุกที่อุณหภูมิสูงและถูกทำให้เย็น จะทำให้โมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลแพคตินเคลื่อนที่เข้าหากัน จับกันด้วยพันธะไฮโดรเจนและขับน้ำที่เคยจับอยู่ออกไป เกิดการจัดเรียงตัวขึ้นใหม่ของโมเลกุล ทำให้เนื้อสัมผัสแข็งขึ้น (Jankowski, 1992) และทำให้ผู้บริโภคต้องออกแรงในการเคี้ยวสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่า chewiness ที่สูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บ

ส่วนผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่เลียนแบบที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง ดังตารางที่ 4.10 พบว่า ค่า hardness gumminess และ chewiness มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ตามระยะเวลาการเก็บที่เพิ่มขึ้น อาจเป็นเพราะการเก็บที่อุณหภูมิแช่แข็ง ทำให้เกิดผลึกน้ำแข็ง ซึ่งจะทำลายโครงสร้างร่างแหของกลูเตน ทำให้การเชื่อมข้ามของกลูเตนที่ลดลง ส่งผลให้ความแข็งแรงของก้อนโดลดลง (Silvas-Garcia, 2014) รวมทั้งมีการละลายน้ำแข็งก่อนทำการวัดค่าลักษณะเนื้อสัมผัส ทำให้น้ำแข็งที่แทรกอยู่ในโครงสร้างละลายออกมา ส่งผลให้เกิดรูอากาศ ทำให้ได้ค่าเนื้อสัมผัสลดลง

ตารางที่ 4.11 การเปลี่ยนแปลงลักษณะสีของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG เป็น 30:70 และมีปริมาณขนุนอ่อน 18 กรัมที่อุณหภูมิแช่เย็น (4°C) ที่ระยะเวลาต่าง ๆ

ระยะเวลา (วัน)	$L^{*\,ns}$	$a^{*\,ns}$	$b^{*\,ns}$
1	57.67 ± 0.33	1.89 ± 0.07	16.10 ± 0.14
6	57.81 ± 0.33	2.05 ± 0.04	16.63 ± 0.34
15	58.13 ± 0.63	1.96 ± 0.11	15.28 ± 0.72
22	58.33 ± 0.48	1.94 ± 0.35	15.64 ± 1.34
29	58.33 ± 0.94	2.17 ± 0.20	15.33 ± 1.49

หมายเหตุ

- รายงานในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวัดวิเคราะห์ 3 ซ้ำ
- ns ตัวเลขที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05)

ตารางที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงลักษณะสีของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG เป็น 30:70 และมีปริมาณขนุนอ่อน 18 กรัม ที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง (-18°C) ที่ระยะเวลาต่าง ๆ

ระยะเวลา (สัปดาห์)	L^*	$a^{*\,ns}$	$b^{*\,ns}$
0	57.67 ± 0.33^{a}	1.89 ± 0.07	16.10 ± 0.14
2	57.89 ± 0.74^{ab}	2.02 ± 0.28	15.94 ± 0.60
4	59.58 ± 0.28^{c}	1.95 ± 0.13	15.52 ± 0.54
6	59.08 ± 0.41^{bc}	2.05 ± 0.11	16.10 ± 0.14
8	60.71 ± 1.27^{c}	2.22 ± 0.38	15.88 ± 0.18

หมายเหตุ

- รายงานในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวัดวิเคราะห์ 3 ซ้ำ
- a, b, c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p≤0.05)
- ns ตัวเลขที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05)

จากตารางที่ 4.11 และตารางที่ 4.12 พบว่าการวัดค่าสีของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบที่เก็บที่อุณหภูมิแช่เย็น ให้ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง-เขียว (a^*) และค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b^*) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p>0.05) โดยพบว่า ค่า L^* อยู่ในช่วง 57.67 - 58.33 ค่า a^* อยู่ในช่วง 1.89 - 2.17 และค่า b^* อยู่ในช่วง

15.28 - 16.63 ส่วนการวัดค่าสีของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบที่เก็บที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง พบว่าค่าความสว่าง (L^*) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และมีค่าสูงกว่าตัวอย่างที่เก็บที่อุณหภูมิแช่เย็น ซึ่งอาจเป็นเพราะอุณหภูมิในการเก็บที่ต่ำ ทำให้มีผลึกน้ำแข็งเกิดขึ้น โดยผลึกน้ำแข็งจะทำให้เกิดการกระจายแสง จึงทำให้เนื้อมีสีอ่อนลงเล็กน้อย (Lanari et al., 1990)

4.3.2 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่า Water activity (a_w) ของเนื้อไก่เลียนแบบที่เก็บที่อุณหภูมิแช่เย็น (4°C)

ตารางที่ 4.13 การเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมของน้ำในผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG เป็น 30:70 และมีปริมาณขนุนอ่อน 18 กรัม ที่อุณหภูมิแช่เย็น (4°C) ที่ระยะเวลาต่าง ๆ

ระยะเวลา (วัน)	Water activity (a_w) [ns]
1	0.992 ± 0.001
6	0.990 ± 0.001
15	0.995 ± 0.002
22	0.987 ± 0.001
29	0.988 ± 0.001

หมายเหตุ

- รายงานในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวัดวิเคราะห์ 3 ซ้ำ
- ns ตัวเลขที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

4.3.3 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลชีววิทยาของเนื้อไก่เลียนแบบที่เก็บที่อุณหภูมิแช่เย็น (4°C)

ตารางที่ 4.14 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG เป็น 30:70 และมีปริมาณขนุนอ่อน 18 กรัม ที่อุณหภูมิแช่เย็น (4°C) ที่ระยะเวลาต่าง ๆ

ระยะเวลา (วัน)	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	ปริมาณราทั้งหมด (CFU/g)	ปริมาณยีสต์ทั้งหมด (CFU/g)
1	8.47×10^2	0.00	0.00
6	1.80×10^2	0.00	0.00
15	6.53×10^4	0.00	0.00
22	3.25×10^5	2.00×10^1	3.73
29	1.14×10^4	1.60	1.08×10^2

จากตารางที่ 4.14 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG เป็น 30:70 และมีปริมาณขนุนอ่อน 18 กรัม ที่อุณหภูมิแช่เย็น วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด พบว่าระหว่างการเก็บรักษา 22 วัน มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดสูงสุด คือ 3.25×10^5 CFU/g ซึ่งน้อยกว่าประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ เรื่องเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของ อาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 3 พ.ศ. 2560 ในอาหารปรุงสุกแล้วแช่เย็น และต้องอุ่นก่อนบริโภค ซึ่งกำหนดให้มีได้ไม่เกิน 1×10^6 CFU/g (สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2560) ดังนั้นผลิตภัณฑ์ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัย

4.3.4 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บ (drip loss) ของเนื้อไก่เลียนแบบที่เก็บที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง (-18°C)

ตารางที่ 4.15 การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG เป็น 30:70 และมีปริมาณขนุนอ่อน 18 กรัม ที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง (-18°C) ที่ระยะเวลาต่าง ๆ

ระยะเวลา (สัปดาห์)	%drip loss
2	0.41 ± 0.47
4	0.82 ± 0.18
6	1.03 ± 0.18
8	1.45 ± 0.99

หมายเหตุ

- รายงานในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวัดวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

จากตารางที่ 4.15 พบว่าร้อยละการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากระยะเวลาในการเก็บผลิตภัณฑ์เนื้อไก่เลียนแบบที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็งเพิ่มขึ้น จะเกิดผลึกน้ำแข็งใหม่เพิ่มขึ้นเช่นกัน ซึ่งส่งผลให้เกิดการทำลายโครงสร้างของเนื้อไก่เลียนแบบและมีผลให้การเกิดการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บเพิ่มขึ้น (ทิพย์สุคนธ, 2557)

4.4 การประเมินทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค

จากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อไก่เลียนแบบสูตรต่าง ๆ พบว่าสูตรที่มีอัตราส่วน SPI:WG เท่ากับ 70:30 และสูตรที่มีอัตราส่วน SPI:WG เท่ากับ 70:30 ผสมกับขนุนอ่อน 18 กรัม มีลักษณะเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับเนื้อไก่ จึงเลือกมาทำการประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี 7-point hedonic

scale โดยให้ผู้ทดสอบจำนวน 15 คน ประเมินลักษณะทางด้านสี กลิ่น รสชาติ ความนุ่ม ความเหนียว ความแข็ง ความชุ่มน้ำ และความชอบโดยรวม เพื่อศึกษาความพึงพอใจของของผู้บริโภค ได้ผลดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์เนื้ออกไก่ เนื้อไก่เลียนแบบและเนื้อไก่เลียนแบบที่มีขนุนอ่อน จากผู้ทดสอบ 15 คน

ลักษณะ	อกไก่	เนื้อไก่เลียนแบบ	เนื้อไก่เลียนแบบที่มีขนุนอ่อน
สี^{ns}	5.20 ± 1.26	5.13 ± 1.25	4.73 ± 1.58
กลิ่น	5.27 ± 1.44^{a}	4.53 ± 1.41^{b}	4.67 ± 1.18^{ab}
รสชาติ	5.47 ± 1.36^{a}	4.13 ± 0.99^{b}	4.60 ± 1.24^{b}
ความนุ่ม^{ns}	5.47 ± 1.13	4.80 ± 1.66	5.00 ± 1.25
ความเหนียว^{ns}	4.80 ± 1.78	5.27 ± 1.33	4.87 ± 1.36
ความแข็ง^{ns}	4.60 ± 1.40	4.93 ± 1.67	4.33 ± 1.54
ความชุ่มน้ำ	5.47 ± 1.19^{a}	4.40 ± 1.30^{b}	5.00 ± 1.07^{ab}
ความชอบโดยรวม	5.60 ± 1.18^{a}	4.73 ± 1.22^{b}	4.93 ± 1.22^{b}

หมายเหตุ

- รายงานในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวัดวิเคราะห์ 3 ซ้ำ
- a, b, c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)
- ns ตัวเลขที่อยู่ในแถวเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.16 พบว่าผลประเมินทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค ด้านสี ความนุ่ม ความเหนียว และความแข็งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ในขณะที่กลิ่น รสชาติ ความชุ่มน้ำ และความชอบโดยรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมของเนื้อไก่มากที่สุด ซึ่งมีค่าความชอบอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง และเนื้อไก่เลียนแบบที่มีขนุนอ่อนได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากกว่าเนื้อไก่เลียนแบบ ซึ่งมีค่าความชอบอยู่ในช่วงเฉย ๆ ถึงชอบเล็กน้อย

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาเนื้อไก่เลียนแบบจากโปรตีนจากพืชที่มีสมบัติเชิงหน้าที่ จากการศึกษาอัตราส่วน SPI ต่อ WG (20:80, 25:75 และ 30:70) โดยวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่าเนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG เท่ากับ 30:70 มีค่า hardness, chewiness และ gumminess ใกล้เคียงกับอกไก่ต้มมากที่สุด จึงนำสูตรนี้มาเพิ่มขนุนอ่อน โดยแปรปริมาณขนุนอ่อน (14, 16 และ 18 กรัม) เพื่อเพิ่มสมบัติเชิงหน้าที่ในผลิตภัณฑ์นี้ พบว่าสูตรที่เพิ่มขนุนอ่อนปริมาณ 18 กรัม มีค่า hardness, gumminess และ chewiness ใกล้เคียงกับอกไก่ต้มมากที่สุด เมื่อนำมาศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ พบว่าการบริโภคเนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG เท่ากับ 30:70 และมีขนุนอ่อน 18 กรัม ในปริมาณ 100 กรัม จะได้รับปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และกากใย เท่ากับ 58.69, 24.39, 1.30, 1.20, 12.33 และ 2.09 กรัม ตามลำดับ ซึ่งสามารถเป็นทางเลือกในการรับประทานให้กับกลุ่มคนรักสุขภาพ มังสวิรัติและวีแกนได้ และได้รับโปรตีนเทียบเท่าอกไก่ พร้อมทั้งได้รับกากใยอีกด้วย จากการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภคด้านความชอบโดยรวม พบว่าเนื้ออกไก่ได้รับความชอบโดยรวมมากที่สุด รองลงมาเป็นเนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG เท่ากับ 30:70 และมีขนุนอ่อน 18 กรัม และเนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG เท่ากับ 30:70 ตามลำดับ ซึ่งเนื้อไก่เลียนแบบที่มีอัตราส่วน SPI ต่อ WG เท่ากับ 30:70 และมีขนุนอ่อน 18 กรัม มีค่าความชอบอยู่ในช่วงเฉย ๆ ถึงชอบเล็กน้อย จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิแช่เย็น (4°C) และที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง (-18°C) พบว่าผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็นประมาณ 2 สัปดาห์ ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ยังคงมีลักษณะทางกายภาพเป็นที่ยอมรับได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ปรับปรุงสูตรเพื่อให้คนที่แพ้ถั่วเหลืองสามารถรับประทานได้ โดยอาจจะใช้ Pea protein

5.2.2 ปรับปรุงการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิแช่เย็น (4°C) ให้มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น เช่น วิธีการบรรจุหรือสร้างข้อปฏิบัติที่ดีในการบรรจุอาหารเพื่อเป็นแนวทางในการควบคุมสุขลักษณะที่ดีในการบรรจุ

5.2.3 เลือกกลุ่มผู้ประเมินทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภคเป็นกลุ่มที่รับประทานอาหารมังสวิรัติ หรือวีแกนอยู่แล้ว และใช้ผู้ประเมินจำนวนมากขึ้น เพื่อให้ได้ค่าการยอมรับจากผู้บริโภคที่น่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

กรมอนามัย. (2544). เรื่อง ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย. ค้นเมื่อ 20 เมษายน 2564, จาก http://nutrition.anamai.moph.go.th/images/files/nutritive_values_of_thai_foods.pdf

ทิพย์สุคนธ์ อังกาพย์ และธนกร โรจนกร. (2557). *ผลของการแช่เยือกแข็งหลังดึงน้ำออกบางส่วนโดยวิธีออสโมซิสต่อลักษณะคุณภาพของฝรั่งแช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษา* (วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

ทัศนีย์ สุพจนาพรชัย. (2530). *การใช้ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองบางชนิดในไส้กรอก* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพ.

ธนกร โรจนกร. (2532). *การแปลงเนื้อสัมผัสของโปรตีนถั่วเหลือง โดยวิธีแช่แข็งเพื่อผลิตเนื้อเทียม* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพ.

ธนจันทร์ มหาวนิช, ประสิทธิศักดิ์ สมบูรณ์ศักดิ์ และศุภชาญ ตั้งวิริยศิริกุล. (2550). ผลของชนิดและความเข้มข้นของเกลือที่มีต่อสมบัติของเจลซอย โปรตีนไอโซเลท. *อาหาร, 37*(2), 191-199.

ธนากรณ์ ดำสุด, ฐิติกร จันทร์วุ่น, รมล ศรีเมฆ และสุธรรม ส่งแสง. (2560). ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ยับยั้งแอลฟากลูโคซิเดสของส่วนสกัดขนุนอ่อน. *KKU Science Journal, 45*(3), 543-550.

ประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. (2560). เรื่องเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 3. ค้นเมื่อ 20 เมษายน 2564, จากhttp://bqsf.dmsc.moph.go.th/bqsfWeb/wp-content/uploads/2017/06/.pdf

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข. (2563). เรื่อง ปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย. ค้นเมื่อ 20 เมษายน 2564, จาก http://nutrition.anamai.moph.go.th/images/dri2563.pdf .

วิไลรัตน์ มณีเสถียรรัตนา. (2535). *การผลิตไส้กรอกเลียนแบบจากโปรตีนถั่วเหลือง* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพ.

สุพรรณี เทพอรุณรัตน์. (2546). เทคโนโลยีการผลิตอาหารด้วยความดันสูง. *วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ, 51*(163), 21-25.

อารีย์ โต๊ะเด็ม. (2552). *การเตรียมและการใช้ประโยชน์ผลิตภัณฑ์เลียนแบบซูริมิจากเนื้อไก่และเศษเหลือ* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

อาวุธ ตันโช. (2538). *การผลิตสัตว์ปีก*. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพ: โอเดียนสโตร์.

AOAC. (2000). *Official Method of Analysis* (17th ed.). The Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C.

Arora, B., Kamal, S., and Sharma, V.P. (2017). Effect of binding agents on quality characteristics of mushroom based sausage analogue. *Journal of Food Processing and Preservation, 41*(5), 1745-4549.

Bahramikia, S., Ardestani, A., and Yazdanparast, R. (2009). Protective effects of four Iranian medicinal plants against free radical-mediated protein oxidation. *Food chemistry, 115*(1), 37-42.

Berrill, A. (2019). *Banana blossom: the next vegan food star with the texture of fish.* Retrieved April 4, 2020, from https://www.theguardian.com/food/2019/mar/16/banana-blossom-vegan-food-fish-texture-sainsburys.

Boyer, R.A. (1954). *High protein food product and process for its preparation*. United States Patent and Trademark Office, 2,682,466.

Cheftel, J.C., Kitagawa, M., Quéguiner, C., and Queguiner, C. (1992). New protein texturization processes by extrusion cooking at high moisture levels. *Food Reviews International, 8*(2), 235-275.

Chiang, J.H., Loveday, S.M., Hardacre, A.K., and Parker, M.E. (2019). Effects of soy protein to Wheat gluten ratio on the physicochemical properties of extruded meat analogues. *Food Structure, 19*, 100-102.

Day, L., Augustin, M.A., Batey, I.L., and Wrigley, C.W. (2006). Wheat-gluten uses and industry needs. *Trends in Food Science & Technology, 17*(2), 82-90.

Dekkers, B.L., Boom, R.M., and Goot, A.J. (2018). Structuring processes for meat analogues. *Trends in Food Science & Technology, 81*, 25-36.

Dekkers, B.L., Hamoen, R., Boom, R.M., and Goot, A.J. (2018). Understanding fiber formation in a concentrated soy protein isolate-pectin blend. *Journal of Food Engineering*, *222*, 84-92.

Don, C., Lichtendonk, W., Plijter, J.J., and Hamer, R.J. (2003). Glutenin macropolymer: a gel formed by glutenin particles. *Journal of Cereal Science, 37*(1), 1-7.

Dubberley, M. (2006). *Creating delicious chicken dishes*. Retrieved April 15, 2020, from http://www.foodproductdesign.com/archive/2002/0802cc.htm

Egbert, R., and Borders, C. (2006). Achieving success with meat analogs. *Food Technology, 60*(1), 28-34.

FAOSTAT Database. (2015). *Protein Content and Amino Acid Composition of Selected Cereal, Legume, and Animal Foods*. Retrieved April 15, 2020, from http://www.fao.org/docrep/005/AC854T/AC854T03.htm#noteA

Fellows, P.J., (2000). *Food Processing Technology* (3rd ed.). Cambridge: Woodhead Publishing.

Giezen, F.E., Jansen, W.W.J.T., and Willemsen, J.H.A. (2013). Method of Making Structured Protein Composition. United States Patent and Trademark Office.

Guo, Y., Huang, J., Sun, X., Lu, Q., Huang, M., and Zhou, G. (2018). Effect of normal and modified atmosphere packaging on shelf life of roast chicken meat. *Journal of Food Safety, 38*(5), e12493.

Hamid, M.A., Tsia, F.L.C., Okit, A.A.B., Xin, C.W., Cien, H.H., Harn, L.S., ... Yee, C.F. (2020). The application of Jackfruit by-product on the development of healthy meat analogue. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 575*, 012001

Heerden, S.M., Schonfeldt, H.C., Smith, M.F., and Jansen van Rensburg, D.M. (2002). Nutrient content of South African chickens. *Journal of Food Science and Technology, 15*(1), 47-64.

Iulietto, M. F., Sechi, P., Borgogni, E., and Cenci-Goga, B. T. (2015). Meat Spoilage: A Critical Review of a Neglected Alteration Due to Ropy Slime Producing Bacteria. *Italian Journal of Animal Science, 14*(3), 316-326.

Jankowski, T. (1992). Influence of starch retrogradation on the texture of cooked potato tuber. *International Journal of Food Scienceand Technology, 27*, 637-642.

Krintiras, G. (2016). *Intensified Protein Structuring for more sustainable foods: Development of the up-scaled Couette Cell for the production of meat replacers* (doctoral thesis). Delft University of Technology. Greece.

Krintiras, G.A., Gadea Diaz, J., Goot, A.J., Stankiewicz, A.I., and Stefanidis, G.D. (2016). On the use of the Couette Cell technology for large scale production of textured soy-based meat replacers. *Journal of Food Engineering*, *169*, 205-213.

Krintiras, G. A., Göbel, J., Van der Goot, A. J., & Stefanidis, G. D. (2015). Production of structured soy-based meat analogues using simple shear and heat in a Couette Cell. *Journal of Food Engineering, 160*, 34–41.

Kumar, P., Sharma, B.D., Kumar, R.R., and Kumar, A. (2012). Optimization of the level of wheat gluten in analogue meat nuggets. *Indian Journal of Veterinary Research, 21*(1), 54-59.

Kyriakopoulou, K., Dekkers, B., and Goot, A.J. (2019). Plant-Based Meat Analogues. In C.M. Galanakis (Ed.), *Sustainable Meat Production and Processing* (pp. 103-126). Cambridge: Academic Press.

Lanari, M.C., Bevilacqua, A.E., and Zaritzky, N.E. (1990). Pigment modifications during freezing and frozen storage of pachaged beef. *Journal of Food Process Engineering, 12*, 49-66.

Lau, B.F., Kong, K.W., Leong, K.H., Sun, J., He, X., Wang, Z., ... Ismail, A. (2020). Banana inflorescence: Its bio-prospects as an ingredient for functional foods. *Trends in Food Science & Technology, 97*, 14-28.

Lin, S., Huff, H.E., and Hsieh, F. (2000). Texture and chemical characteristics of soy protein meat analog extruded at high moisture. *Journal of Food Science*, *65*(2), 264-269.

Liyanage, R., Gunasegaram, S., Visvanathan, R., Jayathilake, C., Weththasinghe, P., Jayawardana, B.C., ... Vidanarachchi, J.K. (2016). Banana Blossom (Musa acuminate Colla) Incorporated Experimental Diets Modulate Serum Cholesterol and Serum Glucose Level in Wistar Rats Fed with Cholesterol. *Cholesterol*, *2016*(21), 1-6.

Malav, O.P., Talukder, S., Gokulakrishnan, P., and Chand, S. (2015). Meat analog: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 55*(9), 1241-1245.

Maurya, A.K., and Said, P.P. (2014). Extrusion processing on physical and chemical properties of protein rich product an overview. *Journal of Bioresource Engineering and Technology*, *2*, 61-67.

Michail, N. (2017). *Introducing jackfruit: The next big thing in plant-based meat alternatives?*. Retrieved April 15, 2021, from https://www.foodnavigator.com/Article/2017/06/30/Introducing-jackfruit-The-next-big-thing-in-plant-based-meat-alternatives?utm_source=copyright&utm_medium=OnSite&utm_campaign=copyright

Mountney, G.J. (1966). *Poultry products technology* (1st ed.). Westport: Tre AVI Publishing.

Mwangi, R. (2008). *Inactivation of wild-type Bacillus spores in a soy meat analog model by extrusion cooking*. University of Missouri, Missouri.

O'Sullivan, M.G. (2016). The stability and shelf life of meat and poultry. In P. Subramaniam (Ed.), *The Stability and Shelf Life of Food* (pp. 521-543). Cambridge: Woodhead Publishing.

Rampon, V., Robert, P., Nicolas, N., and Dufour, E. (1999). Protein structure and network orientation in edible films prepared by spinning process. *Journal of Food Science, 64*(2), 313-316.

Ramu, R., Shirahatti, P.S., Anilakumar, K.R., Nayakavadi, S., Zameer, F., Dhananjaya, B.L., Nagendra Prasad, M. N. (2017). Assessment of nutritional quality and global antioxidant response of banana (Musa sp. CV. Nanjangud Rasa Bale) pseudostem and flower. *Pharmacognosy Research, 9*(1), S74-S83.

Rao, D.N., and Sachindra, N.M. (2002). Modified atmosphere and vacuum packaging of meat and poultry products. *Food Reviews International, 18*(4), 263–293.

Redl, A., Feneuil, A., and Vogel, F. (2015). An Inclusion Containing Proteinaceous Meat Analogue Having an Improved Texture and an Extended Shelf-life.

Riaz, M.N. (2011). Texturized vegetable proteins. In G.O. Phillips and P.A. Williams (Ed.), *Handbook of Food Proteins* (pp. 395-418). Cambridge: Woodhead Publishing.

Rueda, J., Kil-Chang, Y., and Martínez-Bustos, F. (2004). Functional characteristics of texturized defatted soy flour. *Agrociencia*, *38*(1), 63-73.

Saucie, L., Gendron, C., and Gariépy, C. (2000). Shelf life of ground poultry meat stored under modified atmosphere. *Poultry Science, 79*(12), 1851-1856.

Sha, L., and Xiong, Y.L. (2020). Plant protein-based alternatives of reconstructed meat: Science, technology, and challenges. Trends in Food Science & Technology, 102, 51-61.

Shahidi, F. (2016). Oxidative stability and shelf life of meat and meat products. In M. Hu and C. Jacobsen (Eds.), *Oxidative Stability and Shelf Life of Foods Containing Oils and Fats* (pp. 373-389). London: Academic Press and AOCS Press.

Shurtleff, W., and Aoyagi, A. (2014). *History of Meat Alternatives*. CA: Soyinfo Center.

Silvas-García, M. I., Ramírez-Wong, B., Torres-Chavez, P. I., Carvajal-Millan, E., Barrón-Hoyos, J. M., Bello-Pérez, L. A., and Quintero-Ramos, A. (2014). Effect of freezing rate and storage time on gluten protein solubility, and dough and bread properties. *Journal of Food Process Engineering, 37*(3), 237-247.

Singh, S. (2017). Banana blossom-an understated food with high functional benefits. *International Journal of Current Research, 9*(1), 44516-44519.

Thomas. (2018). *The Best Vegan Chick'n*. Retrieved April 15, 2020, from https://fullofplants.com/the-best-vegan-chickn/

Tolstoguzov, V.B. (1988). Creation of fibrous structures by spinneretless spinning. In J. R. Mitchell, and J. M. V. Blanshard (Eds.), *Food structure: Its creation and evaluation* (pp. 181-196). London: Butterworths.

Wickramarachchi, K.S., and Ranamukhaarachchi, S.L. (2005). Preservation of Fiber-Rich Banana Blossom as a Dehydrated Vegetable. *ScienceAsia, 31*(3), 265-271.

Wild, F. (2016). Manufacture of Meat Analogues through High Moisture Extrusion, *Reference Module in Food Science*, 1-9.

Xia, X., Kong, B., Liu, Q., & Liu, J. (2009). Physicochemical change and protein oxidation in porcine longissimus dorsi as influenced by different freeze–thaw cycles. *Meat Science, 83*, 239-243.

Xiao, C.W. (2008). Health Effects of Soy Protein and Isoflavones in Humans. *The Journal of Nutrition, 138*(6), 1244S–1249S.

Yadav, P., Ahlawat, S.S., Jairath, G., Rani, M., and Bishnoi, S. (2015). Studies On Physico-Chemical Properties And Shelf Life Of Developed Chicken Meat Analogue Rolls. *Haryana Vet, 54*(1), 25-28.

Zhang, X., Wang, H., Li, N., Li, M., and Xu, X. (2015). High CO_2-modified atmosphere packaging for extension of shelf-life of chilled yellow-feather broiler meat: a special breed in Asia. *LWT - Food Science and Technology, 64*(2), 1123–1129.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

วิธีการวิเคราะห์

1. การตรวจวัดค่าสี (Hwang et al., 2013)

อุปกรณ์

Chroma Meter (Konica Minolta, CM-600d, Japan)

วิธีการวิเคราะห์

1. สอบเทียบเครื่อง chroma meter ด้วย white standard plate (L^* = 97.59, a^* = 0.00, b^* = 1.98)
2. วัดค่าสี (CIE L^*, a^* และ b^*) บนผิวตัวอย่างจากห้าตำแหน่งที่แตกต่างกันแล้วบันทึกผล

2. การวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะทางเนื้อสัมผัส (Texture profile analysis (TPA))

อุปกรณ์

1. เครื่อง Texture analyzer

วิธีการวิเคราะห์

1. Calibrate เครื่องวัดค่าแรงกด โดยเปิดสวิทซ์เครื่องแล้วนำตุ้มน้ำหนัก 10 กิโลกรัม วางบนแท่นวางน้ำหนัก
2. การ Calibrate ความสูงโดยใช้หัว P/100 กำหนดระยะห่างที่ต้องการกด คือ 40 มิลลิเมตร
3. เตรียมตัวอย่างเนื้อไก่เลียนแบบ โดยตัดชิ้นเนื้อขนาด 2 x 3 x 2 เซนติเมตร
4. นำไปวิเคราะห์ TPA โดยกำหนดค่าต่าง ๆ ของการวัดดังนี้

   หัววัด: P = 100 mm

   Pre-Test Speed: 1.00 mm/sec

   Test Speed: 1.00 mm/sec

   Post-Test Speed: 5.00 mm/sec

   Distance: 50.0% strain

   Time: 1.00 sec

   Trigger force: 5.0 g

3. การวิเคราะห์ค่าการตัดขาด (Cutting force)

<u>อุปกรณ์</u>

2. เครื่อง Texture analyzer

<u>วิธีการวิเคราะห์</u>

5. Calibrate เครื่องวัดค่าแรงกด โดยเปิดสวิทซ์เครื่องแล้วนำตุ้มน้ำหนัก 10 กิโลกรัม วางบนแท่นวางน้ำหนัก
6. การ Calibrate ความสูงโดยใช้หัว HDP/BSW กำหนดระยะห่างที่ต้องการกด คือ 40 มิลลิเมตร
7. เตรียมตัวอย่างเนื้อไก่เลียนแบบ โดยตัดชิ้นเนื้อขนาด 2 x 3 x 0.8 เซนติเมตร
8. นำไปวิเคราะห์ Cutting force โดยกำหนดค่าต่าง ๆ ของการวัดดังนี้

   หัววัด: HDP/BSW

   Test Mode: Compression

   Pre-Test Speed: 1.50 mm/sec

   Test Speed: 1.50 mm/sec

   Post-Test Speed: 5.00 mm/sec

   Distance: 30.00 mm

   Trigger force: 60.0 g

4. การตรวจวัดค่ากิจกรรมของน้ำ (Water activity (a_w)) ด้วยวิธี In-house method (AOAC, 2019)

<u>อุปกรณ์</u>

1. เครื่อง Water activity meter (Aqua Lab, Series3 TE, USA)

<u>วิธีการวิเคราะห์</u>

1. เปิดเครื่อง Aqua Lab ก่อนทำการวัดอย่างน้อย 15 นาที เพื่ออุ่นเครื่องให้พร้อมใช้งาน
2. บรรจุตัวอย่างเนื้อไก่เลียนแบบลงยังภาชนะบรรจุของเครื่อง แล้วปิด chamber เพื่อให้เครื่องเริ่มทำงาน
3. เมื่อเครื่องวัดค่าเสร็จแล้วทำการบันทึกค่าที่อ่านได้จากหน้าจอแสดงผล

5. การวิเคราะห์ความชื้น (Moisture) ด้วยวิธี Hot air oven (AOAC, 1999)

<u>อุปกรณ์</u>

1. ตู้อบลมร้อน (hot air oven)

2. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
3. เดซิเคเตอร์ (desiccator)
4. ภาชนะอลูมิเนียม (moisture can)

<u>วิธีการวิเคราะห์</u>

1. อบภาชนะอะลูมิเนียมในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง นำออกมาจากตู้อบไปใส่ในเดซิเคเตอร์ รอจนอุณหภูมิของภาชนะลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วชั่งน้ำหนัก
2. ทำซ้ำกับข้อที่ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
3. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่แน่นอนประมาณ 1-3 กรัม ใส่ลงในภาชนะหาความชื้นที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว
4. อบตัวอย่างในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 5-6 ชั่วโมง
5. เมื่อครบกำหนดเวลา นำออกมาใส่ในเดซิเคเตอร์ รอจนอุณหภูมิของภาชนะลดถึงอุณหภูมิห้องจากนั้นชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน และนำเข้าตู้อบอีกครั้ง
6. ทำซ้ำข้อที่ 4 จนผลต่างของน้ำหนักที่ชั่ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
7. เมื่อได้น้ำหนักที่แน่นอนแล้ว นำมาคำนวณปริมาณความชื้น

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{(W_1 - W_2) \times 100}{W_1}$$

โดย W_1 = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_2 = น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

6. การวิเคราะห์เถ้า (Ash) ด้วยวิธี Gravimetric method (AOAC, 1999)

<u>อุปกรณ์</u>

1. ครูซิเบิล (crucible)
2. เตาไฟฟ้า (hot plate)
3. เตาเผา (furnace)
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
5. เดซิเคเตอร์ (desiccator)

<u>วิธีการวิเคราะห์</u>

1. เผาครูซิเบิลเพื่อหาน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่างประมาณ 5 กรัม ใส่ครูซิเบิล นำไปเผาบนเตาไฟฟ้าจนหมดควัน

3. นำไปเผาต่อในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 2-3 ชั่วโมงหรือจนกว่าได้เถ้าสีขาวหรือสีเทา
4. จากนั้นนำมาใส่เดซิเคเตอร์ ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน
5. นำไปเผาซ้ำครั้งละ 30 นาที จนได้น้ำหนักต่างกันไม่เกิน 1 มิลลิกรัม

$$\text{ปริมาณเถ้า (\%)} = \frac{(W_2 - W) \times 100}{W_1 - W}$$

โดย W = น้ำหนักของครูซิเบิล

W_1 = น้ำหนักของครูซิเบิลและตัวอย่างก่อนเผา (กรัม)

W_2 = น้ำหนักของครูซิเบิลและตัวอย่างหลังเผาจนน้ำหนักคงที่ (กรัม)

7. การวิเคราะห์โปรตีน (Protein) ด้วยวิธี Kjeldahl method (AOAC, 2000)

<u>สารเคมี</u>

1. conc. H_2SO_4
2. Catalyst tablet
3. 35% NaOH
4. 4% boric acid
5. 0.1 N HCl
6. อินดิเคเตอร์ผสมระหว่างเมทิลเรดและโบรโมครีซอลกรีน

<u>อุปกรณ์</u>

1. เครื่องย่อยสลาย
2. หลอด Kejldahl สำหรับย่อย
3. เครื่องกลั่นอัตโนมัติ

<u>วิธีการวิเคราะห์</u>

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 1-2 กรัม ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ใส่ลงในหลอดย่อย ระวังไม่ให้ติดข้างหลอด
2. ใส่ Catalyst tablet 1 เม็ด เพื่อเร่งปฏิกิริยาและเติม conc. H_2SO_4 20 มิลลิลิตร
3. นำหลอดย่อยต่อเข้ากับชุดเครื่องย่อย ทำการย่อยจนได้สารละลายสีน้ำตาลใส ตั้งทิ้งไว้จนเย็นแล้วเติมน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร
4. นำหลอดย่อยต่อเข้ากับชุดเครื่องกลั่น แล้วเติม 35% NaOH จนสารละลายในหลอดย่อยเป็นสีน้ำตาล
5. รองรับสารที่กลั่นได้ด้วยขวด (flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่บรรจุ 4% boric acid ปริมาตร 25 มิลลิลิตร และหยดอินดิเคเตอร์ไว้ 2 หยด ตั้งระบบกลั่นประมาณ 6 นาที

6. นำไปไทเทรตด้วย 0.1 N HCl จนกระทั่งได้สารละลายสีมพูอ่อน (จุดยุติ) บันทึกปริมาณกรดที่ใช้ นำไปคำนวณหาปริมาณโปรตีน (%โดยน้ำหนัก) จากสูตร

$$\text{ปริมาณโปรตีน (\%โดยน้ำหนัก)} = \frac{(\mathbf{A-B})\times\mathbf{N}\times\mathbf{1.4007}\times\mathbf{F}}{\mathbf{W}}$$

โดย A = ปริมาตร HCl ที่ใช้ในการไทเทรตกับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B = ปริมาตร HCl ที่ใช้ในการไทเทรตกับ blank (มิลลิลิตร)

W = น้ำหนักตัวอย่าง

N = ความเข้มข้นของ HCl (Normal)

F = factor คือ 6.25

8. การวิเคราะห์ไขมัน (Crude fat) ด้วยวิธี Soxhlet extraction (AOAC, 2000)

<u>สารเคมี</u>

ปิโตรเลียมอีเทอร์ ที่มีจุดเดือดช่วง 40-60 องศาเซลเซียส

<u>อุปกรณ์</u>

1. Soxhlet extractor
2. เครื่องทำความเย็น
3. Thimble
4. เดซิเคเตอร์
5. ขวดกลมก้นแบน
6. สำลี
7. กระดาษกรอง Whatman No.1
8. เครื่องระเหยสุญญากาศ
9. ตู้อบลมร้อน

<u>วิธีการวิเคราะห์</u>

1. อบขวดกลมก้นแบนให้แห้ง และบันทึกน้ำหนักไว้
2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้ง ประมาณ 3 กรัม ลงบนกระดาษกรองและห่อให้มิดชิด บันทึกน้ำหนักตัวอย่างที่แน่นอน แล้วนำมาใส่ลงใน thimble
3. นำ thimble ใส่ลงใน siphon ของ Soxhlet

4. ต่อขวดกลมก้นแบนเข้ากับ Soxhlet siphon
5. เทปิโตรเลียมอีเทอร์ ประมาณ 250 มิลลิลิตร ลงใน siphon และต่ออุปกรณ์สำหรับการสกัดเข้าด้วยกัน
6. สกัดที่อัตราการกลั่น 5-6 หยดต่อวินาที เป็นเวลา 3 ชั่วโมง
7. นำขวดกลมก้นแบนไปทำการระเหยปิโตรเลียมอีเทอร์ ด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ แล้วนำไปทำให้แห้งด้วยเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์
8. ชั่งน้ำหนักขวดกลมก้นแบน บันทึกผลและคำนวณหาปริมาณไขมันในตัวอย่าง จากสูตร

$$\text{ปริมาณไขมัน (\%โดยน้ำหนักแห้ง)} = \frac{(W_2 - W_1)\ x\ 100}{W}$$

โดย W_1 = น้ำหนักขวดกลมก้นแบนก่อนสกัด (กรัม)

W_2 = น้ำหนักขวดกลมก้นแบนกับไขมันที่สกัดได้ (กรัม)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

9. การวิเคราะห์ใยอาหาร (Crude fiber) ตามวิธี AOAC (1995)

<u>สารเคมี</u>

1. 1.25%(v/v) H_2SO_4
2. 1.25%(w/v) NaOH
3. 95% Ethanol
4. น้ำกลั่น

<u>อุปกรณ์</u>

1. บีกเกอร์
2. แท่งแก้ว
3. ครูซิเบิล
4. กาน้ำร้อน
5. เตาไฟฟ้า
6. ตู้อบลมร้อน
7. กระดาษลิตมัส
8. หลอดทดลอง

9. Fiber bag
10. ชุดใส่ตัวอย่าง (Carousel)

<u>วิธีการวิเคราะห์</u>

1. ชั่งครูซิเบิลที่เผาและเย็นแล้ว บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งน้ำหนัก fiber bag และชั่งตัวอย่างอบแห้งสกัดไขมัน 2 กรัม บันทึกน้ำหนักที่แน่นอนใส่ใน fiber bag
3. นำหลอดทดลองใส่ใน fiber bag และนำไปใส่ชุดใส่ตัวอย่าง (Carousel) จากนั้นนำชุดใส่ตัวอย่างใส่ในบีกเกอร์ 1000 มิลลิลิตร
4. เติม 1.25% H2SO4 จนถึงขีดบอกปริมาตร 200 มิลลิลิตร
5. ต้มส่วนผสมจนเดือด แล้วต้มต่อด้วยไฟอ่อนอีก 30 นาที ระวังส่วนผสมเดือดล้นออกมาระหว่างการต้ม หากปริมาตรลดลงต่ำกว่าขีด 200 มิลลิลิตร ให้เติมน้ำกลั่นต้มเดือดให้ถึงขีด ระหว่างต้มคนด้วยแท่งแก้วเป็นระยะ
6. ล้างกากตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นต้มเดือด จนกว่าน้ำล้างกากที่ผ่านออกมาไม่เป็นกรด ทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส
7. เติม 1.25% NaOH จนถึงขีดบอกปริมาตร 200 มิลลิลิตร
8. ต้มส่วนผสมจนเดือด แล้วต้มต่อด้วยไฟอ่อนอีก 30 นาที ระวังส่วนผสมเดือดล้นออกมาระหว่างการต้ม หากปริมาตรลดลงต่ำกว่าขีด 200 มิลลิลิตร ให้เติมน้ำกลั่นต้มเดือดให้ถึงขีด ระหว่างต้มคนด้วยแท่งแก้วเป็นระยะ
9. ล้างกากตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นต้มเดือด จนกว่าน้ำล้างกากที่ผ่านออกมาไม่เป็นกรด ทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส
10. ชะกากตัวอย่าง fiber bag ด้วย 95% Ethanol
11. นำ fiber bag ที่มีกากตัวอย่างใส่ครูซิเบิล แล้วนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่
12. นำครูซิเบิลออกมาพักให้เย็นในเดซิเคเตอร์ แล้วชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน (W_1 คือ น้ำหนักตัวอย่างที่ลบน้ำหนักภาชนะและน้ำหนัก fiber bag ออก)
13. นำครูซิเบิลที่มี fiber bag และกากตัวอย่าง เผาบนเตาไฟฟ้าจนหมดควัน
14. นำไปเผาต่อในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนได้เถ้าสีขาวหรือสีเทา
15. จากนั้นนำมาใส่เดซิเคเตอร์ ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน (W_2 คือ น้ำหนักตัวอย่างหลังจากเผาที่ลบน้ำหนักภาชนะออก)

16. น้ำหนัก W_1 ลบน้ำหนัก W_2 น้ำหนักที่หายไประหว่างการเผา คือ น้ำหนักของ crude fiber
17. รายงานปริมาณ crude fiber ในรูป g Crude fiber/2 g ตัวอย่างอบแห้งสกัดไขมัน (หากต้องการรายงานปริมาร crude fiber ในตัวอย่างต้องทราบปริมาณความชื้นและปริมาณไขมันหยาบในตัวอย่างเพื่อนำมาคำนวณกลับไป

10. การวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรต ตามวิธี AOAC (1995)

คำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดร้อยละโดยน้ำหนัก = 100 – [ปริมาณความชื้น (%) + ปริมาณโปรตีน (%) + ปริมาณไขมัน (%) + ปริมาณเถ้า (%) + ปริมาณ crude fiber]

11. การวิเคราะห์การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา ตามวิธีของ Xia et al. (2009)

ชั่งน้ำหนักของตัวอย่างก่อนการแช่เยือกแข็งและน้ำหนักหลังจากละลายน้ำแข็ง คำนวณค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา (g/100g) ดังนี้

$$\text{Drip loss (g/100g)} = \frac{\text{(น้ำหนักก่อนแช่เยือกแข็ง – น้ำหนักหลังละลายน้ำแข็ง)}}{\text{น้ำหนักก่อนแช่เยือกแข็ง}} \times 100$$

ภาคผนวก ข.

แบบประเมิน

แบบทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส
ผลิตภัณฑ์เนื้อเลียนแบบจากโปรตีนทางเลือกจากพืชที่มีสมบัติเชิงหน้าที่

วันที่ทดสอบ_____ ชื่อผู้ทดสอบ_____

<u>วิธีทำ</u> : ให้ผู้ทดสอบชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์เนื้อเลียนแบบจากโปรตีนทางเลือกจากพืชที่มีสมบัติเชิงหน้าที่จากซ้ายไปขวา แล้วระบุระดับความพึงพอใจของท่านตามหมายเลข 1-7 ผู้ทดสอบสามารถบ้วนปากด้วยน้ำเปล่าระหว่างตัวอย่างหรือบ้วนทิ้งในภาชนะที่เตรียมไว้ให้

****หมายเหตุ:** 1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบปานกลาง 3 = ไม่ชอบเล็กน้อย 4 = เฉยๆ
5 = ชอบเล็กน้อย 6 = ชอบปานกลาง 7 = ชอบมากที่สุด

ลักษณะปรากฏ	**ตัวอย่าง**		
	รหัส_____	**รหัส_____**	**รหัส_____**
สี			
กลิ่น			
รสชาติ			
ความนุ่ม			
ความเหนียว			
ความแข็ง			
ความชุ่มน้ำ			
ความชอบโดยรวม			

ตอนที่ 2 แบบทดสอบความคิดเห็นของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เนื้อเลียนแบบจากโปรตีนทางเลือกจากพืชที่มีสมบัติเชิงหน้าที่

<u>วิธีทำ</u> : ให้ผู้ทดสอบตอบคำถามและทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องตอบคำถามที่ท่านเลือก

2.1 ผลิตภัณฑ์ที่ท่านชอบมากที่สุด คือ รหัส_____

2.2 หากมีผลิตภัณฑ์นี้ที่ท่านชอบวางจำหน่ายในท้องตลาด ท่านจะเลือกซื้อหรือไม่

☐ ซื้อ ☐ ไม่ซื้อ

2.3 หากท่านเลือก ไม่ซื้อ เพราะเหตุผลใด

☐ กลิ่น ☐ รสชาติ
☐ เนื้อสัมผัส ☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ_____)

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาวธันยธรณ์ เสถียรจริยวงศ์

ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ

วุฒิการศึกษา วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.)

ภาควิชา เทคโนโลยีอาหาร

คณะ วิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีที่สำเร็จการศึกษา 2563

โทรศัพท์ 0939391454

E-mail speak.0308@gmail.com

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาวสุมณฑา เจริญศิววัฒน์

ตำแหน่ง ผู้วิจัยร่วม

วุฒิการศึกษา วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.)

ภาควิชา เทคโนโลยีอาหาร

คณะ วิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีที่สำเร็จการศึกษา 2563

โทรศัพท์ 0836600248

E-mail ja.sumonta@gmail.com

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาวอักษรประภา ลอยลาวัลย์

ตำแหน่ง ผู้วิจัยร่วม

วุฒิการศึกษา วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.)

ภาควิชา เทคโนโลยีอาหาร

คณะ วิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีที่สำเร็จการศึกษา 2563

โทรศัพท์ 0832051353

E-mail aksornprapaloy@gmail.com