การใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืช
Using of Pre-Emulsified Vegetable Oil in Plant-Based Meat Analogue Sausage Product

ศุภักษร หินแก้ว

SUPAKSORN HINKAEW

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2565

การใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืช
Using of Pre-Emulsified Vegetable Oil in Plant-Based Meat Analogue Sausage Product

ศุภักษร หินแก้ว

SUPAKSORN HINKAEW

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2565

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อวิทยานิพนธ์	การใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืช
ชื่อ นามสกุล	ศุภักษร หินแก้ว
ชื่อปริญญา	คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (คหกรรมศาสตร์)
สาขาวิชา	คหกรรมศาสตร์
คณะ	เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.น้อมจิตต์ สุธีบุตร

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้ให้ความเห็นชอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิสุทธิ หนักแน่น)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชญาภัทร์ กี่อาริโย)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.น้อมจิตต์ สุธีบุตร)

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

.....คณบดีคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนภพ โสตรโยม)

วันที่ 23 เดือน มกราคม พ.ศ. 2566

ชื่อวิทยานิพนธ์ การใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืช
ชื่อ นามสกุล ศุภักษร หินแก้ว
ชื่อปริญญา คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (คหกรรมศาสตร์)
สาขาวิชา และคณะ คหกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2565

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาสูตรพื้นฐานผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้กลูเตน 2) ศึกษาปริมาณน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืช 3) ศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชที่ใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ 4) ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชที่ใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ และ 5) ศึกษาต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์ไส้กรอก ผลการวิจัยพบว่า ผู้ทดสอบชิมได้ให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชที่ใช้กลูเตนทดแทนเนื้อไก่ในสูตรพื้นฐานไส้กรอกเวียนนาไก่ทั้ง 3 สูตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสูตรที่ 3 มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส (ความแน่นเนื้อ) สี และรสชาติสูงกว่าสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 ผลการศึกษาปริมาณน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชสูตรที่ 3 พบว่าการใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ร้อยละ 75 ของปริมาณน้ำมันพืชที่ใช้ในส่วนผสมไส้กรอกได้รับคะแนนความชอบมากกว่าร้อยละ 50 และร้อยละ 100 การใช้น้ำมันพืช พรีอิมัลซิฟายด์ในส่วนผสมมีผลให้ค่าความคงตัวของอิมัลชันดิบ ค่าการสูญเสียน้ำหนักขณะทำให้สุกและค่าปริมาณผลผลิตที่ได้ของไส้กรอกสูงขึ้น ($p \leq 0.05$) และมีผลให้ไส้กรอกมีสีเข้มขึ้น โดยค่า L* ลดลง ค่า a* และ b* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่ากิจกรรมของน้ำ (a_w) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ปริมาณน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ที่เพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 100 มีผลให้ไส้กรอกมีค่าความแน่นเนื้อ ค่าความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว ค่าความเหนียวยึดติด ค่าความยืดหยุ่นและค่าความสามารถในการยึดเกาะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อนำผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชที่ใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในปริมาณ 100 กรัม ให้พลังงาน 189.54 กิโลแคลอรี่ ไขมัน 10.10 กรัม โปรตีน 15.90 กรัม คาร์โบไฮเดรต 8.76 กรัม เถ้า 2.13 กรัม และความชื้น 63.08 กรัม ซึ่งให้ค่าพลังงานและไขมันที่ต่ำกว่าไส้กรอกเวียนนาไก่สูตรพื้นฐาน แต่มีปริมาณโปรตีนมากกว่า จากการเปรียบเทียบต้นทุนของการผลิตพบว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชที่ใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์มีราคาต้นทุนที่ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาไก่สูตรพื้นฐานร้อยละ 21

คำสำคัญ: ไส้กรอก, น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์, เนื้อเทียมจากพืช, กลูเตน

Thesis Title Using of Pre-Emulsified Vegetable Oil in Plant-Based Meat Analogue Sausage Product
Author Supaksorn Hinkaew
Degree Master of Home Economics (Home Economics)
Major Program Home Economics
Academic Year 2022

ABSTRACT

The purposes of this research were 1) to study the basic formula of plant-based meat analogue sausage products using gluten. 2) To study the appropriate amount of pre-emulsified vegetable oil in plant-based meat analogue sausage products. 3) To study the physical and chemical characteristics of plant-based meat analogue sausage products using pre-emulsified vegetable oil. 4) To study the nutritional value of plant-based meat analogue sausage products using pre-emulsified vegetable oil., and 5) To study of the production costs of sausage products. The study found that the panellist tasted and rated their preference for gluten-substituted plant-based meat analogue sausage products differently in the three basic recipes of the Vienna chicken sausage ($p \leq 0.05$), with recipe 3 having a higher liking score on texture (firmness), color and flavor than recipe 1 and recipe 2. The results of the study on the amount of appropriate use of pre-emulsified vegetable oil in the plant-based meat analogue sausage products recipe 3 found that when mixing 75% of pre-emulsified vegetable oil in the mixture of that sausage. It has been more favored than using 50% and 100% of vegetable oil. The use of pre-emulsified vegetable oil in the blend resulted in higher crude emulsion stability, weight loss during ripening and higher sausage yield values. ($p \leq 0.05$) and resulted in a darker sausage color with a decrease in L*, an increase in a* and b* ($p \leq 0.05$), but no effect on water activity (a_w) ($p > 0.05$). The amount of 100 % pre-emulsified vegetable oil increased thus giving the sausage firmness, chewiness, gumminess, springiness, and cohesiveness decreased ($p \leq 0.05$). When analyzing the chemical composition of 100 g of pre-emulsified plant-based meat analogue sausage products, it was found that the energy was 189.54 kcal, fat 10.10 g, protein 15.90 g,

carbohydrates 8.76 g, ash 2.13 g and 63.08 g of moisture, which provides lower energy and fat, but more protein than the basic Vienna chicken sausage. The cost of production of pre-emulsified plant-based meat analogue sausage products was 21% lower than that of the basic Vienna chicken sausage.

Keywords: Sausage, Pre-Emulsified Vegetable Oil, Plant-Based Meat Analogue, Gluten

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณา และความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. น้อมจิตต์ สุธีบุตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำ ตรวจทานแก้ไขการวิจัยมาโดยตลอดและให้ข้อเสนอแนะติดตามความก้าวหน้าในการศึกษา ผู้ศึกษา ขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาของอาจารย์เป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิสุทธิ หนักแน่น ที่สละเวลามาเป็นประธานในการสอบ ให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษา และให้ความรู้ที่เป็นประโยชน์ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์อย่างดียิ่ง

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชญาภัทร์ กี่อาริโย ที่สละเวลามาเป็นกรรมการในการสอบ พร้อมทั้งให้คำแนะนำ และให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์อย่างดียิ่ง

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่งานบัณฑิตศึกษา คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ ทุก ๆ ท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือ และให้คำแนะนำในการใช้งานเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ คุณศุภักษร จงศิริ คุณประภาพรรณ รูปสวยดี ผู้บริหาร เพื่อน ๆ พี่ ๆ ร่วมงาน ร้านอาหารบ้านไอซ์ กรุงเทพมหานคร ที่มีส่วนร่วมในการทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์อย่างดียิ่ง

ขอขอบคุณ พี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ รุ่นที่ 15 ทุกท่าน ที่คอยให้คำปรึกษา และความช่วยเหลือที่ดีตลอดมา รวมทั้งให้กำลังใจในการจัดทำวิทยานิพนธ์เสมอมา และมีส่วนร่วมในการทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์อย่างดียิ่ง

ขอผลแห่งความสำเร็จในการศึกษา และคุณค่าของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบเป็นเครื่องบูชา พระคุณบิดา มารดา ครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่มีส่วนร่วมในการทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์อย่างดียิ่ง

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง มา ณ โอกาสนี้

ศุภักษร หินแก้ว

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(1)
Abstract	(2)
กิตติกรรมประกาศ	(4)
สารบัญ	(5)
สารบัญตาราง	(7)
สารบัญภาพ	(8)
สารบัญแผนภูมิ	(9)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตการศึกษา	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูป	5
2.2 ผลิตภัณฑ์ไส้กรอก	6
2.3 โปรตีนพืช (Plant-Based Protein)	12
2.4 เนื้อเทียม (Meat Analogue)	20
2.5 กลูเตน (Gluten)	22
2.6 น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์	26
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	33
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	39
3.1 วัตถุดิบและเครื่องมืออุปกรณ์	39
3.2 วิธีการทดลอง	41
3.3 สถานที่ทำการทดลอง	51
3.4 ระยะเวลาดำเนินงาน	51

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล	52
4.1 ผลการศึกษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชสูตรพื้นฐาน	52
4.2 ผลการศึกษาการใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ปริมาณที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืช	55
4.3 ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์	59
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	65
5.1 สรุปผล	65
5.2 ข้อเสนอแนะ	65
เอกสารอ้างอิง	67
ภาคผนวก	74
ภาคผนวก ก สูตรและกรรมวิธีการผลิตไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชสูตรพื้นฐาน สูตรและกรรมวิธีการผลิตไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์	75
ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส และภาพถ่ายผู้ทดสอบ	98
ภาคผนวก ค รายงานผลการทดสอบคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์	103
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี	106
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	114

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ผลของปัจจัยกายภาพที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีนพืช	18
2.2	ปริมาณสารอาหารในน้ำมันรำข้าว ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค	28
2.3	กรดไขมัน (ร้อยละต่อปริมาณกรดไขมันทั้งหมด) ที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันบริโภคจากพืชบางชนิด	31
3.1	ปริมาณส่วนผสมสูตรพื้นฐานไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้กลูเตน	43
3.2	ปริมาณส่วนผสมน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ (PO)	46
3.3	ปริมาณส่วนผสมสูตรไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชที่ใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ (PO)	47
4.1	คุณลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชสูตรพื้นฐาน	53
4.2	คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชสูตรพื้นฐาน	54
4.3	ผลวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์	56
4.4	คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของปริมาณน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ต่อคุณลักษณะไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืช	58
4.5	องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาไก่สูตรพื้นฐาน และผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์	59
4.6	ต้นทุนมันหมูแข็ง	60
4.7	ต้นทุนน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์	60
4.8	ต้นทุนกลูเตน	61
4.9	ต้นทุนสันในไก่	61
4.10	ต้นทุนไส้กรอกเวียนนาไก่	62
4.11	ต้นทุนไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์	63

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	โครงสร้าง 4 ระดับของโปรตีน	15
2.2	การสร้างโครงสร้างของกลูเตน แสดงการยึดกันของโปรตีนไกลอะดิน (gliadin) และกลูเตนิน (glutenin) ด้วยพันธะไดซัลไฟท์ (disulfide bond) เกิดเป็นกลูเตนที่เหนียวและยืดหยุ่น	25
4.1	ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชสูตรพื้นฐานจำนวน 3 สูตร	52
4.2	ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์	55

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่		หน้า
3.1	กรรมวิธีการเตรียมกลูเตนจากแป้งสาลี	42
3.2	กรรมวิธีการทำไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้กลูเตน	44
3.3	กรรมวิธีการเตรียมน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ (PO)	47
3.4	กรรมวิธีการทำไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์	48

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันผู้บริโภคจำนวนมากหันมาใส่ใจสุขภาพรวมถึงการใส่ใจสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ผู้บริโภคต้องการผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความหลากหลาย มีคุณภาพดี มีคุณค่าทางโภชนาการปลอดภัย และมักเป็นผลิตภัณฑ์ลดไขมัน ซึ่งช่วยให้ร่างกายแข็งแรงและช่วยป้องกันโรคภัยไข้เจ็บต่าง ๆ จึงส่งผลให้กระแสการบริโภคอาหารจากวัตถุดิบหลักที่เป็นพืชเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะการสนใจบริโภคอาหารประเภทโปรตีน โปรตีนจากพืช (plant based protein) นั้นจัดเป็นโปรตีนทางเลือก (alternative protein) เพื่อทดแทนโปรตีนจากสัตว์เนื่องจากไขมันสัตว์มีองค์ประกอบของคอเลสเตอรอลสูง และมีผลกระทบของการบริโภคเนื้อสัตว์ทั้งในแง่จริยธรรมจากการทรมานสัตว์ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากระบบฟาร์มปศุสัตว์ที่มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ค่อนข้างสูง และผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภคจากการใช้สารเคมีหรือยาปฏิชีวนะในการเลี้ยงสัตว์ โปรตีนจากพืชจึงเป็นสารอาหารประเภทโปรตีนที่มีบทบาทเข้ามาแทนที่เนื้อสัตว์ในอาหารมากขึ้น ด้วยรสชาติ เนื้อสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการที่คล้ายคลึงกับเนื้อสัตว์ แต่มีองค์ประกอบที่แตกต่างกัน กล่าวคือทำจากวัตถุดิบที่ไม่ได้มาจากสัตว์แต่มาจากพืชแทน (เขมิสรา และนิพัฒน์, 2565) ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกโปรตีนจากพืช (Plant-based) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากโปรตีนถั่ว ธัญพืช รวมถึงพืชตระกูลเห็ด เป็นต้น ซึ่งเป็นแหล่งที่มีคุณค่าทางโปรตีนสูง จึงเป็นโปรตีนทางเลือกใหม่สำหรับอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร เพื่อใช้ทดแทนเนื้อสัตว์ ด้วยความก้าวหน้าทางการผลิตอาหารประเภทโปรตีนจากพืชทำให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่ใช้โปรตีนพืชมาแทนโปรตีนจากเนื้อสัตว์ มีรูปลักษณ์ รสชาติไม่ต่างจากเนื้อสัตว์ ให้คุณค่าทางโภชนาการสูง พลังงานต่ำ และมีไขมันดี (High-Density Lipoprotein : HDL) สูงกว่าไส้กรอกที่ผลิตจากเนื้อสัตว์ (ขนิษฐา, 2563) รวมถึงกลูเตน (gluten) ซึ่งเป็นไกลโคโปรตีนที่พบในส่วนที่เป็นเอนโดสเปอร์มของธัญพืช (cereal grain) บางชนิด เช่น ข้าวสาลี (wheat) ข้าวบาร์เลย์ และข้าวโพด เกิดจากการรวมตัวของโปรตีน (protein) กลูเตนิน (glutenin) และไกลอะดิน (gliadin) ในสัดส่วนเท่า ๆ กัน โดยจะสร้างพันธะไดซัลไฟด์ (disulfide bond) ทำให้กลูเตนมีลักษณะเหนียวและยืดหยุ่น ไม่ละลายในน้ำ กลูเตนในอาหารโดยทั่วไปกลูเตนสกัดได้จากการนำแป้งข้าวสาลี (wheat flour) มาผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม ทำให้เกิดโด (dough) แล้วนำโดที่ได้มาล้างด้วยน้ำ มีส่วนประกอบหลักเป็นโปรตีน (protein) ส่วนใหญ่แล้วกลูเตน

นิยมใช้เป็นส่วนประกอบแทนที่เนื้อสัตว์ (meat) ในอาหารเจ (vegan) และอาหารมังสวิรัติ เป็นต้น (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2562)

การผลิตอาหารเพื่อสุขภาพในปัจจุบันมีการใช้สารที่ทำหน้าที่ทดแทนไขมัน (Fat replacer) ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกวัตถุประสงค์เพื่อให้ความข้นหนืด ความลื่นมัน การดูดซับ เช่นเดียวกับไขมัน โดยสารทดแทนไขมันมีหลายประเภท เช่น สารทดแทนไขมันกลุ่มโปรตีน เช่น ไข่ นม ถั่วเหลือง โปรตีนถั่วเหลืองสกัด ข้าวสาลี เป็นต้น ทำหน้าที่ช่วยเพิ่มความสามารถในการจับน้ำ การเกิดอิมัลชัน การปรับปรุงเนื้อสัมผัส และยังมีสารทดแทนไขมันกลุ่มคาร์โบไฮเดรตซึ่งได้จากพืชและธัญชาติ เป็นกลุ่มที่นิยมใช้กับผลิตภัณฑ์ลดไขมัน เนื่องจากสามารถละลายน้ำแล้วเกิดโครงร่างคล้ายเจล เพิ่มความหนืด และเนื้ออาหารในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก (สัญชัย, 2555) การใช้น้ำมันพืชนิดต่าง ๆ ที่มีผลดีต่อสุขภาพใช้ทดแทนไขมันสัตว์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก เช่น น้ำมันดอกคาโนล่า น้ำมันเมล็ดทานตะวัน น้ำมันมำพร้าว น้ำมันมะกอก น้ำมันรำข้าว รวมถึงน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ เป็นสารทดแทนไขมันทำให้เกิดอิมัลชันที่ดีในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก ดัดแปลงลักษณะทางกายภาพด้วย เทคนิคอิมัลซิฟิเคชั่น (emulsification) และใช้สารอิมัลซิฟายเออร์ (emulsifier) ในการปรับปรุงคุณภาพของไส้กรอกเพื่อทดแทนการใช้ไขมันจากสัตว์ มีผลดีต่อสุขภาพ ทำให้ผลิตภัณฑ์อิมัลชันมีความแน่นเนื้อและมีความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้ยังสามารถใช้ในไส้กรอกอิมัลชันฮาลาลได้อีกด้วย (อัมรินา, 2554) ซึ่งในการทำน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์จะใช้โปรตีนทำหน้าที่เป็นอิมัลซิฟายเออร์ โดยสามารถใช้โปรตีนได้หลายชนิดด้วยกัน เช่น โปรตีนจากสัตว์ โปรตีนถั่วเหลือง โปรตีนนม เป็นต้น

จากการศึกษาเบื้องต้นของผู้วิจัยพบว่าโปรตีนถั่วเหลืองเป็นโปรตีนที่เหมาะสมในการทำน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์มากที่สุด เนื่องจากโปรตีนถั่วเหลือง สามารถอุ้มน้ำได้มาก ละลายน้ำได้ดี และให้ลักษณะเนื้อสัมผัสดีเหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก ซึ่งเป็นการผลิตโดยใช้เครื่องสับผสม มีส่วนผสมหลัก ได้แก่ น้ำมันพืช รำข้าว น้ำเปล่า และโปรตีนถั่วเหลืองสกัด สามารถลดระดับของกรดไขมันชนิดอิ่มตัว และคอเลสเตอรอลในผลิตภัณฑ์ลงได้ ซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพ (กันยา และคณะ, 2559)

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ถึงประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกโปรตีนพืชและน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ ผู้วิจัยจึงสนใจการใช้เนื้อเทียมจากพืช และการใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืช เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นที่ต้องการของตลาดอาหารเพื่อสุขภาพ และยังเป็นผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพและเพิ่มความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาสูตรพื้นฐานผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้กลูเตน

1.2.2 เพื่อศึกษาปริมาณน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืช

1.2.3 เพื่อศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและคุณลักษณะทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์

1.2.4 เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ การใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชพร้อมบริโภค

1.2.5 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนของการผลิตไส้กรอก

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 ศึกษาสูตรพื้นฐานไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้กลูเตน

1.3.2 ศึกษาปริมาณของน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ในปริมาณที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืช จำนวน 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 50 ร้อยละ 75 และร้อยละ 100 ตามลำดับ

1.3.3 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ตามฉลากโภชนาการ ได้แก่ พลังงานทั้งหมด ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เถ้า และความชื้น โดยส่งวิเคราะห์ตัวอย่างที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ทางเคมีอาหาร

1.3.4 การประเมินคุณลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analysis), การวัดค่าสี (Color Measurement), การวิเคราะห์ค่ากิจกรรมของน้ำ (a_w) , การสูญเสียน้ำหนักขณะทำให้สุก (cooking loss, %), ปริมาณผลผลิตที่ได้ (cooking yield, %) และค่าความคงตัวของอิมัลชัน (Emulsion stability)

1.3.5 ศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนของการผลิตไส้กรอก

1.3.6 ประชากร กลุ่มตัวอย่างทดลองชิม บุคลากร นักเรียน และนักศึกษา สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ วิทยาลัยอาชีวศึกษาธนบุรี กรุงเทพมหานคร จำนวน 60 คน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เป็นแนวทางในการพัฒนาการแปรรูปผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืช (Meat analogue) และผลิตภัณฑ์ลดไขมัน ในระดับชุมชน และอุตสาหกรรมอาหาร

1.4.2 เป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกให้แก่ผู้บริโภคที่ต้องการลดปริมาณไขมัน

1.4.3 เป็นแนวทางให้ผู้ที่ต้องการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืช (Meat analogue)

1.4.4 เป็นแนวทางการศึกษาน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ปริมาณที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์แปรรูปประเภทอื่นได้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิทยานิพนธ์เรื่อง การใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืช ผู้ศึกษาได้ศึกษาทฤษฎี แนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาและนำเสนอหัวข้อดังต่อไปนี้

2.1 ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูป

2.2 ผลิตภัณฑ์ไส้กรอก

2.3 โปรตีนพืช (Plant-Based Protein)

2.4 เนื้อเทียม (Meat Analogue)

2.5 กลูเตน (Gluten)

2.6 น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูป

ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

2.1.1 ผลิตภัณฑ์ขนาดเดิม (Non-comminuted products) เป็นผลิตภัณฑ์ที่โครงสร้างสุดท้ายของเนื้อจะยังคงรูปร่างและโครงสร้างของเนื้อสดอยู่ เช่น แฮม เบคอน หมูแผ่น คอร์นบีฟ หมูหยอง สะเต็ก หมูตั้ง

2.1.2 ผลิตภัณฑ์ลดขนาด (Comminuted products) เป็นผลิตภัณฑ์ที่โครงสร้างสุดท้ายประกอบกันขึ้นมาจากเนื้อชิ้นเล็ก ๆ ย่อย ๆ รวมตัวกันขึ้นเป็นรูปร่างตามสิ่งที่ใช้บรรจุ เนื้อสัตว์ที่เป็นวัตถุดิบหลักถูกลดขนาดให้เล็กย่อยลง โดยการหั่น บด และสับละเอียด ผลิตภัณฑ์ลดขนาดอาจแบ่งตามลักษณโครงสร้างภายใน และการลดขนาดชิ้นส่วนของเนื้อเป็น 2 กลุ่มย่อย คือ

2.1.2.1 ผลิตภัณฑ์ลดขนาดบดหยาบ เป็นผลิตภัณฑ์ที่เนื้อถูกบดด้วยเครื่องบดเนื้อธรรมดาเนื้อถูกลดขนาดลง แต่ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพในระดับเส้นใยกล้ามเนื้อ เช่น ไส้กรอกเปรี้ยว แหนม กุนเชียง ไส้กรอกอาหารเช้า (pork sausage) ไส้กรอกซาลามิ (Salami) หมูส้ม มั้ม

2.1.2.2 ผลิตภัณฑ์ลดขนาดบดละเอียดอิมัลชัน เป็นผลิตภัณฑ์ที่เนื้อถูกบดด้วยเครื่องบดและสับละเอียด จนโครงสร้างในระดับเส้นใยกล้ามเนื้อเปลี่ยนแปลง โดยมีโปรตีนไมโอซินละลายออกมาจากเส้นใยกล้ามเนื้อ และทำให้ส่วนผสมแปรเปลี่ยนเป็นมวลเหนียว ซึ่งเป็นลักษณะของส่วนผสมที่เรียกว่าอิมัลชัน (emulsion) เช่น หมูยอ ไส้กรอกเวียนนา หรือแฟรงค์เฟอร์เตอร์ โบโลญา แนกเวอร์สท(Knackwurst) เบอร์ลินเนอร์ (Berliner) ลั่นเชียนมีท (Luncheon meat) ลูกชิ้นเนื้อต่าง ๆ ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ต่าง ๆ (เยาวลักษณ์, 2536)

2.2 ผลิตภัณฑ์ไส้กรอก

2.2.1 ความเป็นมาของผลิตภัณฑ์ไส้กรอก

ไส้กรอก (Sausage) หมายถึง เนื้อและไขมันที่ผสมกับน้ำ เครื่องเทศ เกลือ และเครื่องปรุงรสต่าง ๆ ที่ผ่านการบดจนเป็นเนื้อเดียวกันนำมาบรรจุในไส้ (สัญชัย, 2555 อ้างจาก Danner and Stoll, 1993) หรือแม่แบบ (Mold) ความแตกต่างของไส้กรอกขึ้นกับชนิดของเนื้อสัตว์ เครื่องเทศ ไส้บรรจุ และวิธีการทำ (สัญชัย, 2555)

ไส้กรอก (sausage) มีรากศัพท์มาจากภาษาลาตินว่า “Salsus” หมายถึงเนื้อสัตว์ที่มีการเก็บรักษาโดยใช้เกลือ สำหรับภาษาเยอรมันมาจากคำว่า “เวอร์สท (Wurst)” หมายถึง เนื้อที่เตรียมได้จากการบดให้ละเอียดผสมเกลือ เครื่องเทศและเครื่องปรุงรสอื่น ๆ บรรจุในไส้หรือแบบความแตกต่างของไส้กรอกขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องเทศที่ใช้ สัดส่วนของเนื้อและไขมัน ชนิดของเนื้อและวิธีการทำ ไส้กรอกเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูปเนื้อสัตว์จัดได้ว่าอยู่ในกลุ่มของผลิตภัณฑ์ลดขนาดบดละเอียดอิมัลชัน (emulsion) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ที่ถูกบดด้วยเครื่องบดและสับละเอียดจนโครงสร้างในระดับเส้นใยกล้ามเนื้อเปลี่ยนแปลงโดยมีโปรตีนไมโอซินละลายออกมาจากเส้นใยกล้ามเนื้อและทำให้ส่วนผสมแปรเปลี่ยนเป็นมวลเหนียวซึ่งเป็นลักษณะของส่วนผสมที่เรียกว่าอิมัลชัน (เยาวลักษณ์, 2536)

2.2.2 ประเภทของไส้กรอก

โดยทั่วไปแล้ว ไส้กรอกสามารถแบ่งได้ 5 ชนิด คือ

2.2.2.1 ไส้กรอกแห้ง (Dry sausage) หมายถึง ไส้กรอกที่ผ่านกระบวนการผลิตมีเทคนิคในการทำให้แห้งโดยการดึงน้ำออก สามารถเก็บรักษาได้นาน เช่น ธูริงเกน (Thüringen) และกุนเชียง เป็นต้น

2.2.2.2 ไส้กรอกสด (Fresh sausage) หมายถึงไส้กรอกที่ทำจากเนื้อสุกร ผสมด้วยเครื่องเทศบด บรรจุลงในไส้ มัดเป็นท่อน ๆ เก็บไว้ในตู้เย็น เวลารับประทาน ต้องทำให้สุกเสียก่อนด้วยการ ย่าง ปิ้ง อบ หรือทอด เช่น บราทเวอร์ส (Bratwurst) บอคเวอร์ส (Bockwurst) ไส้กรอกอีสาน และ ไส้อั่ว เป็นต้น

2.2.2.3 ไส้กรอกรมควัน (Smoked sausage) หมายถึง ไส้กรอกที่ผ่านการหมักมีการรมควันให้กับไส้กรอก เช่น เมทเวอร์ส (Metwurst) เวียนนา (Vienna) แฟรงก์เฟิร์ทเตอร์ (Frankfurter) และ โบโลญา (Bologna) เป็นต้น

2.2.2.4 ไส้กรอกหมกแห้ง (Fermented dry sausage) หมายถึง ไส้กรอกที่หมักให้มี รสเปรี้ยวก่อนทำให้แห้ง เก็บรักษาได้นาน เนื่องจากแห้ง มีความชื้นต่ำ เช่น ซาลามี (Salami) เปปเปอร์โรนี (Pepperoni) และมั่ม เป็นต้น

2.2.2.5 ไส้กรอกสุก (Cooked sausage) หมายถึง ไส้กรอกที่ผ่านกระบวนการผลิตต้องทำให้สุก พร้อมที่จะรับประทานได้ทันที เช่น ไส้กรอกตับ (Liver sausage) และ ไส้กรอกเลือด (Liver sausage) เป็นต้น (สัญชัย, 2555)

2.2.3 การผลิตไส้กรอกอิมัลชัน

2.2.3.1 อิมัลชันในเนื้อสัตว์

อิมัลชัน (emulsion) หมายถึง การผสมและอยู่รวมกันของของเหลว 2 ชนิด (ที่ปกติไม่รวมตัวเป็นเนื้อเดียวกัน) ให้อยู่รวมกัน โดยของเหลวชนิดหนึ่งกระจายอยู่ทั่วไปในส่วนผสมและอยู่ในรูปของหยดและละเอียด (droplets) ของเหลวชนิดนี้เรียกว่า dispersed phase ส่วนของเหลวอีกส่วนหนึ่งที่ dispersed phase กระจายอยู่เรียกว่า continuous phase ผลิตภัณฑ์ลดขนาดบดละเอียดอิมัลชัน เป็นผลิตภัณฑ์ที่เนื้อถูกบดด้วยเครื่องบด และสับละเอียด จนโครงสร้างในระดับเส้นใยกล้ามเนื้อเปลี่ยนแปลง โดยมีโปรตีนไมโอซินละลายออกมาจากเส้นใยกล้ามเนื้อ และทำให้ส่วนผสมแปรเปลี่ยนเป็นมวลเหนียว ซึ่งเป็นลักษณะของส่วนผสมที่เรียกว่า อิมัลชัน (emulsion) (เยาวลักษณ์, 2536)

ขนาดผลิตภัณฑ์เนื้อโปรตีนไมโอซินที่ถูกสกัดออกมานั้นจะไปทำหน้าที่เป็น emulsifying agent ซึ่งเป็นรูปแบบของอิมัลชันที่มีหยดไขมันเล็กละเอียดถูกห่อหุ้มไว้ด้วยโมเลกุลของ emulsifying agent และสัมผัสกับน้ำที่อยู่รอบนอกหยดไขมัน ถ้าในระบบนั้นมี emulsifying agent มากเพียงพอจะทำให้ทั้งระบบนั้นเป็น emulsion ที่คงทนได้นาน ส่วนโปรตีนเนื้อเยื่อเกี่ยวพันนั้นไม่สามารถทำหน้าที่ดังกล่าวได้ จึงลอยตัวอยู่ได้โดยอิสระและไม่มีผลได้ ๆ ต่อความเป็นอิมัลชัน เมื่อโปรตีนถูกสกัดและละลายออกมามากพอแล้ว ก็จะทำให้อิมัลชันมีความคงทนมากขึ้น ซึ่งโปรตีนไมโอซินและแอกตินในเนื้อจะมีคุณสมบัติละลายได้ในน้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 3 ดังนั้นการผสมเกลือเข้าไปในส่วนผสมขั้นตอนแรก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขณะบดหยาบจึงเป็นวิธีหนึ่งที่นิยมทำในการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อแปรรูปที่มีลักษณะเป็นอิมัลชัน นอกจากนี้ระบบอิมัลชันของไส้กรอกเกิดจากการผสมระหว่างโปรตีน ไขมัน และน้ำเข้าด้วยกัน ในส่วนผสมของโปรตีนส่วนใหญ่จะเป็นโปรตีนที่ได้จากสัตว์ สำหรับไขมันที่ได้จากส่วนอกและส่วนหลังของสัตว์ ถือว่าเป็นไขมันส่วนที่ดีที่สุดในการทำผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชันจะคงอยู่ไม่นานถ้าขาด emulsifying หรือ stabilizing agent

เนื่องจากเมื่อหยดไขมันสัมผัสกับน้ำจะมีแรงตึงผิวสูงมาก (interfacial tension) จึงต้องการ emulsifying agent มาลดแรงนี้ลง (ลักขณา, 2540) ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ในกลุ่มอิมัลชัน เช่น หมูยอ ไส้กรอกเวียนนา หรือแฟรงค์เฟอร์เตอร์ โบโลญา แนกเวอร์สท (Knackwurst) เบอร์ลินเนอร์ (Berliner) ลั่นเชียนมีท (Luncheon meat) ลูกชิ้นเนื้อต่าง ๆ (เยาวลักษณ์, 2536)

2.2.3.2 ขั้นตอนวิธีการผลิตไส้กรอกอิมัลชัน ดังนี้

1) การสับผสม ไส้กรอกอิมัลชันโดยทั่วไปจะทำขึ้นจากการสับผสมเนื้อสับละเอียดรวมกับ ไขมันสัตว์ และน้ำหรือน้ำแข็ง โดขการสับผสมมีจุดประสงค์เพื่อลดขนาดอนุภาคไขมันและสกัดเอา myofibrillar protein จากเนื้อสัตว์ ซึ่ง myofibrillar protein จะทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ โดยจะสามารถละลายออกมาได้ในสารละลายเกลือ และทำหน้าที่หุ้มล้อมอนุภาคไขมันเพื่อให้เกิดโครงสร้างอิมัลชันที่คงตัว โดยปัจจัยสำคัญของการเกิดอิมัลชันที่คงตัวคือการควบคุมอุณหภูมิของผสมระหว่างสับผสมไม่ให้เกิน 12-14 องศาเซลเซียส เพื่อไม่ให้โปรตีนที่สกัดได้เสียสภาพธรรมชาติ ซึ่งจะควบคุมอุณหภูมิได้โคยการเติมน้ำแข็งระหว่างสับผสม โดยจะเป็นการเพิ่มปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ด้วย ค่า pH จะขึ้นอยู่กับระยะเวลาหลังการฆ่าชำแหละ เมื่อเวลาผ่านไปค่า pH ของเนื้อสัตว์จะต่ำลงจาก 6.5-7.0 จนเข้าใกล้ค่า pI ที่ 5.0-5.4 ซึ่งจะทำให้โปรตีนไม่เหมาะสมกับการทำผลิตภัณฑ์ และเมื่อเกิด rigor mortis ไมโอซินจะจับกับแอคดินเกิดเป็นแอคโตไมโอซินซึ่งจะทำให้ไม่สามารถละลายได้ในสารละลายเกลือ สรุปได้ว่าค่า pH และอุณหภูมิส่งผลต่อการเสียสภาพของโปรตีน ซึ่งเมื่อ โปรตีนเสียสภาพก่อนที่จะผลิตไส้กรอก ความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ก็จะสูญเสียไป ทั้งนี้ความเข้มข้นของสารละลายเกลือก็มีผลทำให้สมบัติการละลายของไมโอซินเพิ่มขึ้นทำให้สกัดไมโอซินได้มากขึ้นด้วย (กันตภณ และ ธรรศ, 2562 อ้างจาก Lynn, 1987)

2) การยัดไส้ ส่วนผสมของไส้กรอกอิมัลชันจะถูกนำไปบรรจุในไส้ (casing) โดยอาจเป็นไส้ธรรมชาติ เช่น ไส้หมู ไส้วัว ไส้แกะ หรือไส้สังเคราะห์ เช่น ไส้คอลลาเจน ไส้เซลลูโลส โดยทั่วไปการใช้ไส้ธรรมชาติจะต้องแช่น้ำก่อน แต่จะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะตรงกับความต้องการของผู้บริโภคมากกว่า การยัดไส้จะต้องยัดให้เต็มความจุของไส้ ไม่ให้มีฟองอากาศ จากนั้นจึงทำการมัดไส้กรอกตามความยาวที่กำหนด (กันตภณ และ ธรรศ, 2562 อ้างจาก Savic, 1985)

3) การรมควัน สำหรับการรมควันไส้กรอกมักมีการรมควันแบบ hot smoking เพื่อให้สารประกอบจำพวก acid, aldehyde, phenols ที่ได้จากการเผาไม้เนื้อแข็ง เช่น ไม้โอ๊ก ไม้บีช ไม้เมเปิ้ล ไม้ฮิดคอรี ระเหยออกมาและถูกดูดซับบนผิวไส้กรอกทำให้เกิดลักษณะผิวไส้กรอก จากสารประกอบ aldehyde กลิ่นรสเฉพาะของผิวไส้กรอกจากสารประกอบฟินอลและการตกตะกอนของโปรตีนโดยกรด (กันตภณ และ ธรรศ, 2562 อ้างจาก Savic, 1985)

4) การปรุงสุกและการทำให้เย็น การปรุงสุกไส้กรอกหลังทำได้หลายวิธี เช่น การต้มในน้ำร้อน การพ่นน้ำร้อน การใช้ไอน้ำ เพื่อให้ไส้กรอกมีอุณหภูมิภายในอย่างต่ำ 65 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิภายในไส้กรอก 68 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุด จากนั้นจึงพ่นน้ำเย็นอุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส เป็นการสิ้นสุดกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยอุณหภูมิ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บรักษาได้นาน (กันตภณ และ ธรรศ, 2562 อ้างจาก Savic, 1985)

2.2.4 วัตถุดิบในการทำผลิตภัณฑ์ไส้กรอกโปรตีนพืช

2.2.4.1 เนื้อเทียม (Meat analogues)

เป็นอาหารที่มีลักษณะโครงสร้าง และเนื้อสัมผัสคล้ายเนื้อสัตว์ ผลิตจากโปรตีนไข่ โปรตีนถั่วเหลือง ปลา หรือธัญชาติ เช่น โปรตีนกลูเตนจากข้าวสาลี ที่เรียกว่า หมี่กึง อาจผสมโปรตีนจากน้ำนมเพื่อให้มีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับเนื้อสัตว์ เนื้อเทียมในท้องตลาดทุกวันนี้มีมากมายจนแทบจะแทนที่เนื้อสัตว์ทุกชนิดได้หมด ทำให้อาหารเจที่ขายกันอยู่ในท้องตลาดไม่ต่างอะไรกับอาหารทั่วไปมีตั้งแต่เมนูขึ้นเหลาอย่างเป๋าฮื้อเจ เป็ดปักกิ่งเจ เป็ดย่างเจ หูฉลามเจ ไปจนถึงติ่มซำหลายร้อยชนิดที่ล้วนแล้วแต่ทำจากเนื้อเทียม เต้าหู้ และผัก (สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ ณ กรุงเฮก, 2563)

2.2.4.2 ไขมัน (Fat)

ไขมัน เป็นวัตถุดิบที่ใช้เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะนุ่ม มีความชุ่มฉ่ำและช่วยให้มีรสชาติดี ช่วยลดต้นทุนการผลิต แต่ก็ต้องใส่การพอดี ถ้าใส่มากเกินไป เนื้อสัมผัสจะไม่เหนียวและรสชาติจะเปลี่ยนไป ไขมันที่ใช้คือ มันแข็งของหมู มันไก่ มันจากวัว และน้ำมันจากพืช การเลือกใช้ไขมันจะต้อง สดใหม่ ปราศจากกลิ่นสาบ กลิ่นอับ กลิ่นเน่าเสีย และเลือกไขมันตามชนิดของผลิตภัณฑ์ชนิดนั้น (ธเนศ, 2561)

ไขมันเป็นส่วนประกอบที่มีผลต่อความนุ่มและความชุ่มฉ่ำและกลิ่นรสเฉพาะตัวของไส้กรอก ปัจจุบันมีการใช้สารที่ทำหน้าที่ทดแทนไขมัน (Fat replacer) วัตถุประสงค์เพื่อให้ความข้นหนืด ความลื่นมัน การดูดซับ เช่นเดียวกับไขมัน โดยสารทดแทนไขมันมีหลายประเภท เช่น สารทดแทนไขมันกลุ่มโปรตีน เช่น ไข่ นม ถั่วเหลือง ข้าวสาลี เป็นต้น ทำหน้าที่ช่วยเพิ่มความสามารถในการจับน้ำ การเกิดอิมัลชัน การปรับปรุงเนื้อสัมผัส และยังมีสารทดแทนไขมันกลุ่มคาร์โบไฮเดรตซึ่งได้จากพืชและธัญชาติ เป็นกลุ่มที่นิยมใช้กับผลิตภัณฑ์ลดไขมันเนื่องจากสามารถละลายน้ำแล้วเกิดโครงร่างคล้ายเจลเพิ่มความหนืดและเนื้ออาหารในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก (สัญชัย, 2555)

2.2.4.3 โปรตีนเสริม (Protein supplement)

เป็นโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองบริสุทธิ์ โปรตีนนม โปรตีนไข่ขาว โปรตีนจากพลาสมาหรือไขกระดูก คุณสมบัติและหน้าที่สำคัญมีดังนี้

1) เพิ่มโปรตีนแก่ผลผลิต เพราะมีโปรตีนสูงถึงร้อยละ 70

2) เนื่องจากการใช้โปรตีนเป็นสื่อสำคัญ สามารถผสมเนื้อแดง มัน เนื้อหรือมันหมูและน้ำ ให้เป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อทำการบดละเอียดในเครื่องสับละเอียดเนื้อ ซึ่งเป็นจุดสำคัญที่สุด ที่จะไม่ทำให้ไขมันแยกตัวออกจากแป้ง

3) ทำหน้าที่ให้ไส้กรอกมีความตึงและกรอบดีกว่าแป้งหลายเท่า

2.2.4.4 เกลือ (Salt)

ทำหน้าที่เป็นส่วนผสมที่ให้รสเค็ม เป็นสารกันเสียในผลิตภัณฑ์เนื้อช่วยยืดอายุการเก็บรักษา เป็นตัวลดความชื้น หรือช่วยลดค่ากิจกรรมของน้ำของผลิตภัณฑ์ลง โดยเกลือจะรวมตัวกับน้ำ ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถใช้ประโยชน์จากน้ำนั้นได้ นอกจากนี้คุณสมบัติของเกลือยังสามารถละลายโปรตีนจากเนื้อสัตว์ได้ (สัญชัย, 2555) จึงทำให้เนื้อสัมผัสไส้กรอกเหนียว

2.2.4.5 ไส้บรรจุ (Casing)

ในการทำผลิตภัณฑ์ไส้กรอกจำเป็นต้องมีสิ่งบรรจุที่จะสามารถรองรับเนื้อผสมเข้าไปอัดภายในและได้รูปแบบที่ต้องการสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท ได้แก่

1) ไส้แท้ (Natural casing) เช่น ได้จากไส้หมู ไส้แกะ ไส้วัว และกระเพาะ มีขนาดไม่แน่นอน และไม่สม่ำเสมอ มีรูเล็ก ๆ กระจายอยู่ทั่ว ฉีกขาดง่าย เก็บรักษายาก ราคาแพงแต่รสชาติดี

2) ไส้เทียม (Artificial casing) แบ่งได้ 2 ชนิด

2.1) ไส้เทียมที่รับประทานได้ (Edible artificial casing) ทำจากหนังสัตว์ต้มกับด่าง แล้วไปทำปฏิกิริยายากับกรด เกิดการพองตัว และเหลวข้น ผ่านเข้าแม่แบบ ทำให้แห้ง

2.2) ไส้เทียมที่รับประทานไม่ได้ (Inedible artificial casing) ทำจากเซลลูโลสจากพืช คอลลาเจน หรือพลาสติก มีความแข็งแรงทนทานและมีทุกขนาด (สัญชัย, 2555, หน้า 206)

2.2.4.6 น้ำ

นิยมเติมในรูปแบบน้ำแข็งเพื่อควบคุมอุณหภูมิของส่วนผสม (Batter) ระหว่างสับผสมหรือสับนวดน้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่ทำให้ไส้กรอกมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่นุ่มและชุ่มฉ่ำ นอกจากนี้ยังทำให้เกลือและส่วนผสมอื่น ๆ ละลายและกระจายตัวได้ดี ทำให้อิมัลชันคงตัวดี และ ง่ายต่อการบรรจุลงไส้ รวมทั้งช่วยทดแทนการสูญเสียน้ำระหว่างการให้ความร้อนและการรมควัน

2.2.4.7 เครื่องเทศ (Spice)

มีหน้าที่หลักคือช่วยเป็นสารเพิ่มรสชาติในผลิตภัณฑ์เนื้อ นอกจากนี้เครื่องเทศบางชนิดอาจมีฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระได้ด้วย เครื่องเทศเหล่านี้ทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสชาติถูกปากผู้บริโภค ซึ่งรวมทั้งบดหยาบและบดละเอียด ได้จากพืชแล้วนำมาทำแห้งจากนั้นบด เช่น พริกไทย พริก กระเทียม หอม ตะไคร้ สะระแหน่ โหระพา มัสตาร์ด อบเชย ยี่หร่า กานพลู ลูกผักชี ดอกจันทน์ ลูกจันทน์ ลูกกระวาน โป๊ยกั๊ก โรสแมรี่ หญ้าฝรั่น ออริกาโน่ มาร์โจราม ทาร์รากอน ไธม์ เป็นต้น

2.2.4.8 น้ำตาล (Sugar)

ทำหน้าที่เป็นสารให้ความหวาน ยืดอายุการเก็บรักษา และช่วยลดค่ากิจกรรมของน้ำของผลิตภัณฑ์ จึงสามารถลดการเจริญของจุลินทรีย์ได้ (สัญชัย, 2555)

2.2.4.9 สารฟอสเฟต (Phosphate)

สำหรับถนอมผลิตภัณฑ์เนื้อ คุณสมบัติสำคัญ คือ

1) ทำให้โมเลกุลของเนื้อประสานกันเหมือนตาข่าย กันไม่ให้เลือดและน้ำเกลือซึมออกจากผลิตภัณฑ์เนื้อ

2) ลดการสูญเสียน้ำหนักเมื่อให้ความร้อน เพราะช่วยลดปฏิกิริยาการหดตัวของเนื้อหลังทำให้สุก

3) เมื่อเลือดและน้ำไม่ไหลออกจากผลิตภัณฑ์เนื้อ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปนั้นมีรสชาติที่ดีและมีรสชาตินุ่มนวล ไม่แห้งจนเกินไปและหั่นเนื้อได้ง่าย (สัญชัย, 2555)

2.2.4.10 สารระเหย (Essential)

คือเครื่องเทศที่ผ่านกระบวนการกลั่น เพื่อสกัดเอากลิ่นเครื่องเทศ วิธีนี้สามารถควบคุมปริมาณที่แน่นอน อีกทั้งยังป้องกันการเกิดผลข้างเคียงที่อาจเกิดกับการใช้เครื่องเทศบด เช่น สี การปลอมปน เชื้อรา เป็นต้น (สัญชัย, 2555)

2.2.4.11 ผงเพรก (เกลือไนเตรต หรือเกลือไนไตรท์)

อาจใช้ในรูปเกลือโซเดียมหรือ โพแตสเซียมโดยตรง เช่น โซเดียมไนไตรท์ หรือโพแตสเซียมไนเตรต หรืออาจใช้ในรูปผงเพรก (Praque powder) ซึ่งเป็นชื่อทางการค้าประกอบด้วย โซเดียมไนเตรต โพแตสเซียมไนไตรท์ และ Fillers อื่น ๆ ทำหน้าที่เป็นสารป้องกันการหืน (Antioxidant) ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ พวกครอสติเดียม และช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีสีชมพูสวยน่ารับประทาน โดยการทำปฏิกิริยากับไมโอโกลบินเกิดเป็นสารไนโตรโซฮีโครมการใช้เกลือไนเตรตหรือไนไตรท์จะต้องคำนึงถึงปริมาณอนุมูลไนไตรท์ที่ตกต้องอยู่ในผลิตภัณฑ์ เนื่องจากไนไตรท์จะสามารถรวมตัวกับสารประกอบเอมีน (Amine) เกิดเป็นสารประกอบไนโตรซามีน (Nitrosamine)

ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งในสัตว์ทดลองหลายชนิดโดยทั่วไปแล้วปริมาณสารไนไตรท์ที่ใส่ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอยู่ที่ระดับ 100 – 300 ส่วนในล้านส่วน แต่ปริมาณสารไนไตรท์ที่ใส่ลงในอาหารซึ่งเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าปลอดภัยไม่ควรเกิน 120 ส่วนในล้านส่วน

2.3 โปรตีนพืช (Plant-Based Protein)

พืชเป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกที่สำคัญรองจากสัตว์ แม้ว่าโปรตีนจากพืชชนิดเดียวจะให้กรดอะมิโนที่มีสัดส่วนไม่ใกล้เคียงกับกรดอะมิโนในโปรตีนจากสัตว์ การผสมโปรตีนจากพืชที่หลากหลายเป็นวิธีการเพิ่มคุณภาพโปรตีน โปรตีนจากพืชแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม คือ โปรตีนจากธัญพืช ถั่ว เมล็ดพืชและนัท หญ้าที่ไม่ใช่ข้าว และพืชผัก โปรตีนเหล่านี้มีโครงสร้างในระดับโมเลกุลแตกต่างกัน คือ กรดอะมิโนที่เป็นส่วนประกอบและปริมาณซึ่งส่งผลต่อหน้าที่ของโปรตีน โดยเฉพาะการละลายที่เป็นตัวกำหนดคุณสมบัติการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการใช้โปรตีนพืชเป็นส่วนผสมผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น การขึ้นฟู การเกิดอิมัลชัน และการใช้เป็นบรรจุภัณฑ์เช่น การซึมผ่านของน้ำและอากาศ รวมทั้งความสามารถในการจับกับโมเลกุลขนาดเล็กในระบบอาหาร เช่น รงควัตถุ กลิ่น วิตามิน แร่ธาตุ และสารขัดขวางการดูดซึมสารอาหาร

2.3.1 แหล่งที่มาและคุณค่าทางโภชนาการโปรตีนจากพืช

โปรตีนจากพืชมีแหล่งที่มาหลากหลาย การจัดแหล่งที่มาของโปรตีนจากพืชยังไม่มีระบบที่ชัดเจน ในที่นี้ได้กำหนดตามหลักพฤกษศาสตร์ ออกได้เป็น 5 กลุ่มดังต่อไปนี้

2.3.1.1 กลุ่มที่ 1 โปรตีนจากธัญพืช (cereal) โปรตีนนี้ได้จากพืชในตระกูลหญ้าที่บริโภคได้ เช่น ข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าวเจ้า ข้าวฟ่าง ข้าวบาร์เล่ย์ ปริมาณโปรตีนของอาหารไทยในส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม รายงานโปรตีนในข้าวเจ้าหอมมะลิ 6.5 กรัม ข้าวเหนียว 6.3 กรัม ข้าวฟ่าง 9.8 กรัม ข้าวโพดต้ม 4.3 กรัม ข้าวบาร์เลย์ 8.3 กรัม และข้าวสาลี 12.0 กรัม

2.3.1.2 กลุ่มที่ 2 โปรตีนจากถั่ว (legume) โปรตีนจากถั่วแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยได้ตามลักษณะ ดังนี้ กลุ่มถั่วฝักเมล็ดไม่กลม (bean) เช่น ถั่วดำ ถั่วแดง ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่วลายเสือ กลุ่มถั่วฝักเมล็ดกลม (pea) เช่น ถั่วลูกไก่ ถั่วพุ่ม และ กลุ่มถั่วเมล็ดแบน เช่น ถั่วเลนทิล(lentil) ถั่วทั้ง 3 กลุ่มนี้แบ่งออกได้เป็น ถั่วน้ำมัน(oilseed legume) มีโปรตีนและไขมันสูง เช่น ถั่วเหลืองถั่วลิสง และ ถั่วพัลส์ (pulse) มีโปรตีนสูงแต่ไขมันต่ำ มีคาร์โบไฮเดรต เช่น ถั่วเขียว ถั่วขาว ถั่วแดง ถั่วลูกไก่

2.3.1.3 กลุ่มที่ 3 โปรตีนจากเมล็ดพืช (seed) และ นัท(nut) โปรตีนกลุ่มนี้กำลังได้รับความสนใจเนื่องจากเป็นแหล่งโปรตีนใหม่ เช่น เมล็ดทานตะวัน เมล็ดฟักทองเมล็ดงา เมล็ดลินิน เมล็ดกัญชง เมล็ดป๊อปปี้ ในประเทศไทยเมล็ดงาดำจัดเป็นพืชให้โปรตีนสูงถึง 20 กรัม ในส่วนรับประทานได้ 100 กรัมอุดมด้วยกรดอะมิโนเมทไทโอนีนทริปโทเฟน และ ซีสเทอีน (นักสิทธิ์, 2563 อ้างจาก Fasuan et al., 2018) ส่วนนัทที่ให้โปรตีน เช่น อัลมอนด์(almond) เกาลัด(chestnut) แมคาเดเมีย (macadamia)

2.3.1.4 กลุ่มที่ 4 โปรตีนจากหญ้าที่ไม่ใช่ธัญพืช(pseudo-cereal) พบในบักวีท (buckwheat) เจีย(chia) ควินัว (quinoa) อะมารัน (amaranth) ให้โปรตีนสูงเช่นกัน

2.3.1.5 กลุ่มที่ 5 โปรตีนจากพืชผัก (vegetable protein) จัดเป็นโปรตีนสีเขียว เช่น บร็อกโคลี (broccoli) เคลป์ (kale) กะหล่ำดอก มันฝรั่ง สะตอ ผักหวาน ชะอมยอดแค ยอดกระถิน ขี้เหล็ก ใบมะรุม (moringa) และใบชายา (chaya)

2.3.2 คุณสมบัติเชิงหน้าที่โปรตีนจากพืช

คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนจากพืชเกี่ยวข้องกับปัจจัย 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยภายในเรื่องปริมาณกรดอะมิโนและลำดับกรดอะมิโน ขนาดและรูปร่างโปรตีนโครงสร้างโปรตีนในรูปแบบต่าง ๆ และความเป็นไฮโดรโฟบิก (hydrophobic คุณสมบัติไม่ชอบน้ำ) กับไฮโดรฟิลิก (hydrophilic คุณสมบัติชอบน้ำ) และปัจจัยภายนอกได้แก่ กายภาพ (ความร้อน ความเย็น ความดัน สนามไฟฟ้าคลื่นอัลทราซาวด์ รังสี) และ เคมี (ความเป็นกรดหรือความเป็นด่าง ความแข็งแรงของไอออนิก) ปัจจัยเหล่านี้เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติที่สำคัญ ดังต่อไปนี้

2.3.2.1 การเกิดอิมัลชัน (emulsion properties) คือความสามารถของโปรตีนในการดูดซับหยดไขมันโดยห่อหุ้มเป็นฟิล์มบาง ๆ ความคงตัวของอิมัลชันพิจารณาจากการกระจายตัวและขนาดอนุภาคของไขมันหลังการโฮโมจีไนเซชัน (homogenization) การศึกษาของ Jain et al. (2015) พบว่า โปรตีนจากบาร์เลย์ที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยการตกตะกอนด้วยสารละลายกรดมีความสามารถในการเกิดอิมัลชันได้ดี และอิมัลชันมีความคงตัว มากกว่าโปรตีนจากบาร์เลย์ที่เติมหมู่อะซีทิล ส่วนโปรตีนเกาลัด ในรูปแป้งสกัดไขมัน (flour) มีความสามารถในการเกิดอิมัลชันต่ำกว่าโปรตีนจากบาร์เลย์

2.3.2.2 การละลาย (solubility) โปรตีนพืชจำแนกตามความสามารถในการละลายได้ 4 กลุ่ม (Osborn, 1924) ดังต่อไปนี้

1) อัลบูมิน (albumin) โปรตีนที่ละลายในน้ำ เนื่องจากโมเลกุลมีกรดอะมิโนที่มีประจุที่เพียงพอ และไม่มีพันธะไดซัลไฟด์ที่ทำให้โมเลกุลโปรตีนเกาะกัน

2) โกลบูลิน (globulin) ละลายได้ดีในสารละลายเกลือ เพราะโมเลกุลโปรตีนมีกรดอะมิโนที่มีประจุไฟฟ้ามาก

3) โปรลามิน (prolamin) ละลายในแอลกอฮอล์ (เช่น เอทานอล ความเข้มข้นร้อยละ 60-70) ไม่ละลายในน้ำ

4) กลูเทลิน (glutelin) ซึ่งมีคุณสมบัติละลายได้ดีที่ความเป็นด่างมากกว่า 10 หรือความเป็นกรดต่ำกว่า 3 พืชแต่ละชนิดมีโปรตีนทั้งสี่ โดยหากมีโปรตีนชนิดใดอยู่มากก็จะเป็นตัวกำหนดคุณสมบัติในเชิงหน้าที่ ยกตัวอย่างเช่น โปรตีนในข้าว (*Oryza sativa* L.) ส่วนใหญ่เป็นกลูเทลิน ละลายน้ำได้ต่ำที่ความเป็นกรด ความเป็นด่าง 4-5 แต่ที่สภาวะด่างแก่ และกรดสูงการละลายกลับเพิ่มขึ้น (นักสิทธิ์, 2563 อ้างจาก Amagliani et al., 2017)

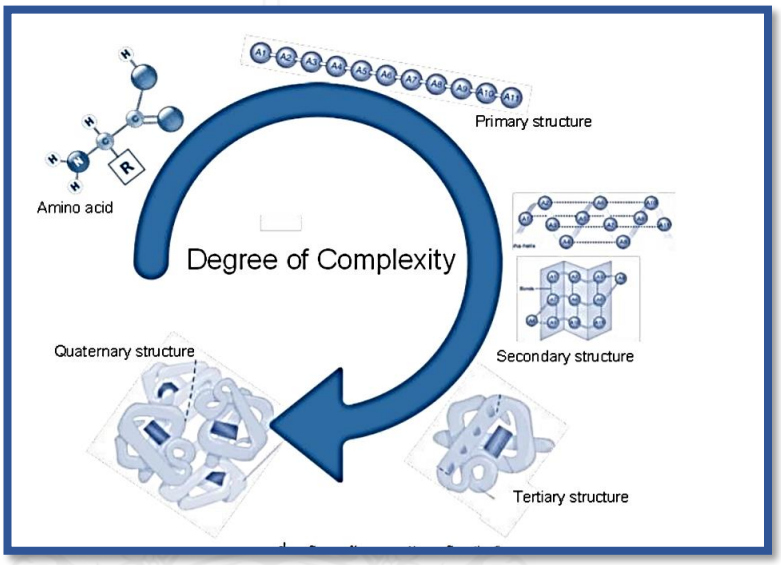
2.3.2.3 การเกิดโฟม (foaming properties) คือความสามารถของโปรตีนในการดูดซับอากาศและน้ำ ต่อด้วยการจัดเรียงโครงสร้างโปรตีนบริเวณรอยต่อของอากาศและโปรตีนให้เกิดฟิล์มบาง โดยความคงตัวของโฟมจากโปรตีนมีความเกี่ยวข้องกับการเตรียมโปรตีน เช่น การสกัดไขมันออก การเปลี่ยนโครงสร้างด้วยการเติมหมู่อะซีทิล (C_2H_3O) ในโปรตีน การเชื่อมข้ามในโปรตีนจากบาร์เลย์ พบว่า โฟมคงตัวดีในโปรตีนที่เติมหมู่อะซีทิล (C_2H_3O) (นักสิทธิ์, 2563 อ้างจาก Jain et al., 2015) ส่วนการเตรียมตัวอย่างโปรตีนเกาลัด ในรูปแป้งสกัดไขมัน (flour) ร้อยละ 50 ในรูปโปรตีนเข้มข้น (concentrate) ร้อยละ 70 และ ในรูปโปรตีนบริสุทธิ์ (isolate) ร้อยละ 80 พบว่าโปรตีนเข้มข้นทำให้โฟมที่มีปริมาตรสูงและคงตัวนานกว่าการเตรียมด้วยวิธีที่เหลือ (นักสิทธิ์, 2563 อ้างจาก Mohamed et al., 2007)

2.3.2.4 การจับกับโมเลกุลขนาดเล็ก (small molecule binding) คุณสมบัตินี้กับการจับระหว่าง โปรตีนจากพืชกับอนุภาคที่มีขนาดเล็ก ๆ เช่น วิตามิน แร่ ธาตุ กลิ่น สารที่ขัดขวางการดูดซึมสารอาหาร ทำให้เกิด การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโมเลกุลในระดับจตุรภูมิ ตัวอย่าง เช่น เบต้าคอนไกลซีนิน (beta-conglycinin) และ ไกลซีนิน จับกับวิตามินบี 12 ทำให้โครงสร้างทุติยภูมิที่เป็นแบบพับมีความเสถียรและเกิดโครงสร้างจตุรภูมิโดย ในวิตามินฝังอยู่ในตาข่ายด้วยพันธะไฮโดรโฟบิก (นักสิทธิ์, 2563 อ้างจาก Zhang et al., 2013) เช่นเดียวกับไกลซีนินจับสังกะสี แต่ไม่ปรากฏการจับกับแคลเซียมและแมกนีเซียม ที่สภาวะ บัฟเฟอร์โพแทสเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5 โมล่าร์ความเป็นกรด ความเป็นด่างเท่ากับ 6.2 (นักสิทธิ์, 2563 อ้างจาก Nosworthy and Caldwell, 1987)

2.3.2.5 ความสามารถในการดูดซึมน้ำ (water adsorption capacity) เป็นสมบัติหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการ ซึมผ่านของโมเมกุลของน้ำ การดูดซึมน้ำที่สูงเพราะเกิด พันธะไฮโดรเจนระหว่างโปรตีนและโมเลกุลน้ำเพื่อช่วยใน การป้องกันการสูญเสียความชื้นออกไป เช่น โปรตีนสกัดจากมันฝรั่ง ที่ชื่อว่า พาทาทิน (Patatin) (นักสิทธิ์, 2563 อ้างจาก Schäfer et al, 2018)

ในทางตรงกันข้ามโปรตีนในกลุ่มโปรลามินที่พบใน ซีน (zein) ข้าวโพด ออร์เดอิน (hordein) ในข้าวบาร์เล่ย รวมทั้งโปรตีนอื่น ๆ ในพืชตระกูลหญ้า เช่น ข้าวฟ่าง ข้าว โอ๊ต ที่การดูดซึมน้ำน้อยที่ค่าวอเทอร์แอคติวิตีต่ำกว่า 0.8 เพราะมีกรดอะมิโนโปรลีน (Prolein) มีความเป็นไฮโดรโฟบิกสูง (นักสิทธิ์, 2563)

2.3.3 โครงสร้างโปรตีน



ภาพที่ 2.1 โครงสร้าง 4 ระดับของโปรตีน
ที่มา: นักสิทธิ์ (2563)

ภาพที่ 2.1 แสดงโครงสร้างโปรตีนที่มีหน่วย ย่อยที่เล็กที่สุดคือ กรดอะมิโน ซึ่งโมเลกุลมีหมู่เคมี 2 หมู่ คือ หมู่อะมิโน (-NH_2) และ หมู่คาร์บอกซิล (-COOH) เชื่อมกันด้วยคาร์บอน และมีโซ่ข้าง (side chain) หรือ หมู่ R ที่มีความเฉพาะกับกรดอะมิโนแต่ละตัว เช่น กรดอะมิโนวาลีน มีสายข้างเป็น (-$CH(CH_3)_2$) มีคุณสมบัติไม่มี ขั้วทางเคมี และไม่ชอบน้ำ ส่วนกรดอะมิโนเมทไทโอนีน มีสายข้างเป็น (-$(CH_2)2SCH_3$) มีกำมะถันในสายข้างกลับมี คุณสมบัติละลายน้ำได้ดี ปัจจุบันมีกรดอะมิโน มาตรฐาน 20 ชนิด ตามรหัสพันธุกรรม เรียกว่า โปรตีโน-เจนิก (proteinogenic amino acid) มาเรียงต่อกันและเชื่อมด้วยพันธะเคมีเป็นสายยาวจนเกิดโครงสร้างปฐมภูมิ

เมื่อโครงสร้างโซ่ยาวมีการเชื่อมด้วยพันธะไฮโดรเจนทำให้โครงสร้างสายโซ่เกิดลักษณะสามมิติเป็นเกลียวหรือแผ่นพับ เรียกว่าโครงสร้างทุติยภูมิ ส่วนโครงสร้างตติยภูมิมีลักษณะเป็นโปรตีนก้อนกลม เพราะมีพันธะไดซัลไฟด์ (disulfide bond) หรือพันธุเคมีอื่น ๆ มาบังคับรูปทรงของ โปรตีน และความซับซ้อนของโครงสร้างโปรตีนเพิ่มมากขึ้น เมื่อพอลิเพปไทด์มากกว่า 1 สายมาขดพันกัน ทำให้โมเลกุลโปรตีนแข็งแรงมากขึ้นไปอีก เรียกว่า โครงสร้าง ตติยภูมิ รายละเอียดโครงสร้างโปรตีนพืชแต่ละระดับ มีดังนี้

2.3.3.1 โครงสร้างตติยภูมิ (tertiary structure) เกิด จากพันธะไฮโดรเจน พันธะไดซัลไฟด์ พันธะไอออนที่ยึดระหว่างสายพอลิเพปไทด์สายเดียวกันหรือระหว่างสาย ทำให้เกิดการขดตัวบิดพับเป็นโครงสร้างทรงกลมสามมิติ เช่น โปรตีนกลูเตน ส่วนที่ชื่อไกลอะนินและกลูเทลิน ประกอบด้วยพันธะไดซัลไฟด์ในกรดอะมิโนซิสเทอีน เชื่อมระหว่างโมเลกุลโปรตีน แม้ว่ากรดอะมิโนชนิดนี้มีปริมาณน้อยเพียงร้อยละ 2 ของกรดอะมิโนในข้าวสาลีแต่สร้างพันธะที่แข็งแรงมาก (นักสิทธิ์, 2563 อ้างจาก Wieser, 2007)

2.3.3.2 โครงสร้างทุติยภูมิ (secondary structure) เกิดจากกรดอะมิโนในสายพอลิเพปไทด์เดียวกันมีการ เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไฮโดรเจน เกิดโครงสร้างสามมิติ 2 รูปแบบ คือแบบเกลียวแอลฟา (alpha helix) ลักษณะ เป็นเกลียวขด และแบบแผ่นพับ (beta sheets) เช่น กลูตามีน ในแป้งสาลี (มีปริมาณร้อยละ 35 ของกรดอะมิโนในกลูเต็น) สร้างพันธะไฮโดรเจนกับกลูตามีนอีก โมเลกุล รวมทั้งกรดอะมิโนที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (ซีรีน และ ไทโรซีน) แม้ว่าพันธะไฮโดรเจนจะเป็นแรงอ่อน แต่การ สร้างพันธะระหว่างกรดอะมิโนจำนวนมากทำให้โครงสร้างเกิดความแข็งแรงขึ้นโครงสร้างทุติยภูมิเกิดการ เปลี่ยนแปลงได้จากปัจจัยภายนอก (อุณหภูมิสูง ความดันสูง คลื่นอัลทราซาวด์ รังสี) ในระดับที่เพียงพอ ดังรายงานการเปลี่ยนแปลงในโปรตีนพืชชนิดต่าง ๆ สรุป ในตารางที่ 2.1

2.3.3.3 โครงสร้างปฐมภูมิ (primary structure) เป็นโครงสร้างพื้นฐานของโปรตีนพืชในแต่ละกลุ่มที่กล่าวมา ข้างต้น โดยประกอบขึ้นมาจากการเชื่อมต่อกันของกรดอะมิโนเป็นสายยาวด้วยพันธะเพปไทด์ (peptide bond) เรียกว่า สายพอลิเพปไทด์ (polypeptide) ชนิดและการเรียงลำดับของกรดอะมิโนในสายพอลิเพปไทด์มีความเจาะจงทำให้มีโปรตีนพืชชนิดต่าง ๆ มากมาย เช่น โปรตีน กลูเตน (gluten) ในข้าวสาลี ประกอบด้วยโปรตีน 2 ชนิด ได้แก่ ไกลอะนิน (gliadin) และ กลูเทลิน (glutenin) ซึ่งแต่ละชนิดมีกรดอะมิโนที่พบมาก คือ กลูตามีน (glutamine) และโพรลีน (proline) โครงสร้างปฐมภูมินี้ มีความแข็งแรงมาก ปัจจัยกายภาพ เช่น ความร้อน ความดัน คลื่นเสียงไม่อาจทำลายพันธะเพปไทด์ได้ (นักสิทธิ์, 2563 อ้างจาก Wieser, 2007)

2.3.3.4 โครงสร้างจตุรภูมิ(quaternary structure) ประกอบด้วยพอลิเพปไทด์มากกว่า 1 สายขึ้นไป โดยแต่ละสายอาจมีโครงสร้าง ปฐมภูมิ ทุติยภูมิ หรือตติยภูมิ มาจัดเรียงตัวเป็นโครงสร้างที่ซับซ้อนขึ้น เช่น โปรตีนในถั่วเหลือง คือ ไกลซีนิน (glycinin) ที่มีสายพอลิ เพปไทด์ 6 สาย มาขดพันกันอย่างซับซ้อน โครงสร้างโมเลกุลของโปรตีนส่งผลต่อคุณค่า ทางโภชนาการในประเด็นการย่อยในระบบร่างกายมนุษย์และการดูดซึมกรดอะมิโนเอนไซม์เพปติเดส(peptidase) เกี่ยวข้องกับการย่อยสายโซ่โปรตีนให้เป็นกรดอะมิโนต่าง ๆ แต่กรดอะมิโนโปรลีน (prolein) ซึ่งมีหมู่ข้างเป็นวงไซคลิกมีความแข็งแรงมากจึงต้านทานการย่อย ด้วยเอนไซม์เพปติเดสในสายโซ่ปฐมภูมิ พบว่าการที่ โครงสร้างโปรตีนถั่วมีความแข็งแรงจากพันธะไฮโดรเจนมี ผลต่อการเพิ่มคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ ทำให้การย่อยโปรตีน ถั่วที่มีโครงสร้างทุติยภูมิแบบแผ่นพับถูกจำกัดการย่อยลง (นักสิทธิ์, 2563 อ้างจาก Carbonaro et al., 2012) เช่นเดียวกับความสามารถใน การต้านทานการย่อยด้วยเอนไซม์เพปติเดสของโครงสร้างทุติยภูมิแบบแผ่นพับในโปรตีนข้าวสาลี ในระหว่างการนวดแป้งข้าวสาลีทำให้เกิดการเชื่อมข้ามระหว่างสายโซ่ โปรตีนและเกิดการเพิ่มจำนวนพันธะไดซัลไฟด์ในก้อนโด แป้งสาลี (dough) ให้โครงสร้างตติยภูมิและจตุรภูมิที่ แข็งแรงมากขึ้น จึงส่งผลต่อคุณสมบัติเชิงหน้าที่ในการยืดหยุ่นและหนืด (viscoelasticity) และการกักเก็บอากาศในขณะหมักโดขนมอบต่อไป (นักสิทธิ์, 2563 อ้างจาก Joye, 2019)

ตารางที่ 2.1 ผลของปัจจัยกายภาพที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีนพืช

โปรตีน	แหล่งที่มา	ปัจจัยกายภาพ	ผลต่อโครงสร้าง	อ้างอิง
กลูเตน	ข้าวสาลี	ความร้อน	ความร้อน 95 องศาเซลเซียสทำให้เกิดสายพอลิเมอร์ (polymerization) ของไกลอะนิน และกลูเทลิน เพิ่มความหนืดและเกิดร่างแหตาข่าย	Ortolan and Steel (2017)
ไกลซีนิน	ถั่วเหลือง	ความดัน	ความดันสูง 500 MPa นาน 10 นาทีทำให้โปรตีนเสียสภาพ การเปลี่ยนแปลงเกลียวแอลฟาและแบบแผ่นพับที่เป็นระเบียบไปเป็นโครงสร้างเกลียวที่ไม่เป็นระเบียบ	Zhang et al. (2003)
กลูเตน	ข้าวสาลี	สนามไฟฟ้าความเข้มสูง (high electric field)	สนามไฟฟ้า 3.5 kV นาน 30 นาทีทำให้โปรตีนมีโครงสร้างทุติยภูมิเป็นแบบเกลียวแอลฟาและแบบแผ่นพับ แต่เมื่อเพิ่มวลานานขึ้นเป็น 90 นาทีโครงสร้างส่วนใหญ่เป็นแบบเกลียวแอลฟา	Singh et al. (2016)
โปรตีนเมล็ดทานตะวันบริสุทธิ์	เมล็ดทานตะวัน	คลื่น อัลตราซาวด์ความเข้มสูง (high intensity ultrasound)	คลื่นอัลตราซาวด์ความเข้ม 20 kHz นาน 30 นาที ทำให้โปรตีนเกิดการคลายตัว (unfolding) เพิ่มปริมาณพันธะซัลไฟต์และลดแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล	Malik et al. (2017)
ซีน (zein)	ข้าวโพด	รังสี อัลทราไวโอเลต	รังสีอัลทราไวโอเลตชักนำให้เกิดการเชื่อมข้าม (cross linking) ของสายพอลิเพปไทด์	Rhim et al. (1999)

ที่มา: นักสิทธิ์ (2563)

2.3.4 การประยุกต์ใช้โปรตีนจากพืชในอุตสาหกรรมอาหาร

โปรตีนจากพืชมีศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากเป็นโปรตีนที่ หาได้ง่าย มีราคาไม่แพง ทั้งยังมีโครงสร้าง และคุณสมบัติ ที่หลากหลาย โปรตีนจากพืชนี้จึงเป็นทางเลือกปัจจุบันที่มีความเป็นไปได้ นอกเหนือจากโปรตีนจากแหล่งทางเลือกอื่น เช่น แมลง สาหร่าย จุลินทรีย์กลุ่มรา ซึ่งการประยุกต์ใช้งานมีตัวอย่างดังนี้

2.3.4.1 การใช้โปรตีนพืชในการทาฟิล์มและการเคลือบบนบรรจุภัณฑ์ เช่น ซีนกลูเตน โปรตีนถั่ว มีคุณสมบัติป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนและน้ำ รวมทั้งมีคุณสมบัติทางกล (การดึงขาด ความแข็ง) การผสมพลาสติกไซเซอร์ (plasticizer) เช่น สารสกัดต้านการ เจริญจุลินทรีย์ (antimicrobial agent) สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) จึงเป็นทางเลือกในการใช้บรรจุภัณฑ์แบบฉลาดที่ช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม เพิ่มความปลอดภัยและเกิดความยั่งยืนต่อระบบนิเวศ (นักสิทธิ์, 2563 อ้างจาก Chen et al., 2019)

2.3.4.2 การใช้โปรตีนพืชแปรรูปเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ เช่น น้ำนมถั่วเหลือง น้ำนมข้าว น้ำนมถั่วลิสง น้ำงา น้ำอัลมอนด์ ผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีองค์ประกอบที่ส่งเสริมสุขภาพ เช่น น้ำงา มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ลดโคเลสเตอรอล ต้านไวรัส ต้านมะเร็ง ต้านเนื้องอก แต่วัตถุดิบงามีสารขัดขวางการดูดซึมสารอาหาร คือ ออกซาเลต (oxalate) ดังนั้นต้องมีการนำเปลือกออกงาให้รสขม และกลิ่นชอล์ค ดังนั้นจึงแช่ในน้ำด่างเพื่อเพิ่มการละลาย ของโปรตีน และนำไปคั่วก่อนนำไปแปรรูป (นักสิทธิ์, 2563 อ้างจาก Sethi et al., 2016)

2.3.4.3 การใช้โปรตีนพืชในขนมอบ เช่นโปรตีน จากควินัวและถั่ว ช่วยเพิ่มคุณค่าโภชนาการในแป้งขนมอบ รวมทั้งลดดัชนีน้ำตาล (glycemic index) แต่การทดแทนแป้งสาลีด้วยโปรตีนถั่วส่งผลต่อการขึ้นฟูของ ผลิตภัณฑ์เนื่องจากโปรตีนพืชส่วนใหญ่ไม่มีความสามารถในการเก็บกักอากาศและยืดหยุ่นเหมือนกับกลูเตน ดังนั้นจึงต้องมีการปรับโครงสร้างด้วยการใช้เอนไซม์ทรานกลูตามิเนส (transglutaminase) ประสานให้เกิดโครงสร้างของโปรตีน (protein networking) เพิ่มความเหนียวของเส้น บะหมี่และพาสต้าได้

2.3.4.4 การใช้โปรตีนจากพืชในผลิตภัณฑ์เนื้อแปรรูป หรือเนื้อเทียม (meat analog) โดยใช้โปรตีนถั่วและพืชให้น้ำมัน โดยการนำมาใช้ต้องกำจัดสารที่ขัดขวางการดูดซึมสารอาหาร (antinutrient) เช่น ทริปซินอินฮิบิเตอร์ (trypsin inhibitor) ในถั่วเหลืองออกไปก่อน จากนั้นนำเนื้อเทียมไปผสมกับเครื่องปรุงรสอื่น ๆ ปรับเนื้อสัมผัส ให้มี รสชาติคล้ายเนื้อสัตว์ แต่ปราศจากคอเลสเตอรอล ไขมันต่ำ และประหยัดต้นทุน

2.3.4.5 การใช้โปรตีนพืชช่วยให้ไวน์ใสแทนการใช้เจลาติน เพื่อลดความเสี่ยงในการส่งผ่านโรคสู่มนุษย์ และข้อจำกัดด้านศาสนายิว ดังนั้น การใช้กลูเตนโปรตีนบริสุทธิ์จากถั่วเลนทิล ถั่วเหลือง ถั่วลันเตาช่วยลดความ ขุ่นของไวน์ โดยเฉพาะกลูเตนช่วยรักษากลิ่น ไวน์ใสและไม่เกิดการตกค้างในผลิตภัณฑ์จึงกล่าวอ้างได้ว่าปราศจาก กลูเตน (นักสิทธิ์, 2563 อ้างจาก Wadhave et al., 2014)

2.4 เนื้อเทียม (Meat analogues)

เนื้อเทียม (Meat analogues) เป็นอาหารที่มีลักษณะโครงสร้าง และเนื้อสัมผัสคล้ายเนื้อสัตว์ ผลิตจากโปรตีนไข่ โปรตีนถั่วเหลือง ปลา หรือธัญชาติ เช่น โปรตีนกลูเตนจากข้าวสาลี ที่เรียกว่าหมี่กึง อาจผสมโปรตีนจากน้ำนมเพื่อให้มีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับเนื้อสัตว์ เนื้อเทียมในท้องตลาดทุกวันนี้ มีมากมายจนแทบจะแทนที่เนื้อสัตว์ทุกชนิดได้หมด ทำให้อาหารเจที่ขายกันอยู่ในท้องตลาดไม่ต่างอะไรกับอาหารทั่วไปมีตั้งแต่เมนูขึ้นเหลาอย่างเป๋าฮื้อเจ เป็ดปักกิ่งเจ เป็ดย่างเจ หูฉลามเจ ไปจนถึงติ่มซำหลายร้อยชนิดที่ล้วนแล้วแต่ทำจากเนื้อเทียม เต้าหู้ และผัก

กระบวนการผลิตเนื้อเทียมด้วยเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ เริ่มมีการผลิตตั้งแต่ปี พ.ศ. 2340 โดยโจเซฟ บรามา (Joseph Bramah) ชาวอังกฤษได้ประดิษฐ์เครื่องมือที่ใช้กระบวนการอัดพองเพื่อทำท่อตะกั่ว ต่อมาได้มีการใช้เครื่องนี้ทำกระเบื้อง สบู่ อาหารเส้น เป็นต้น หลังจากนั้นมีการพัฒนากระบวนการนี้เรื่อยมาจนปัจจุบันเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์มีใช้ในการผลิตมีหลายขนาด และหลายรูปแบบ เช่น การผลิตโปรตีนเกษตรของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร ผลิตด้วยเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์สกรูเดี่ยว ใช้แป้งถั่วเหลืองไขมันต่ำ ได้เนื้อสัมผัสคล้ายเนื้อสัตว์ คืนตัวได้เร็ว มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 49.74 การผลิตเนื้อเทียมจึงเป็นอาหารโปรตีนราคาถูก ทดแทนเนื้อสัตว์ได้ เป็นอาหารเพื่ออนาคต ที่มีแนวโน้มในการได้รับความนิยมมากขึ้น (สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ ณ กรุงเฮก, 2563)

ด้วยกระแสการรักสุขภาพที่มีเพิ่มมากขึ้น คนส่วนใหญ่จึงนิยมบริโภคอาหารที่มีประโยชน์ เช่น อาหารประเภทให้พลังงานต่ำ มีน้ำตาลน้อย ปราศจากไขมันทรานส์ มีใยอาหารและโปรตีนสูง การใช้โปรตีนจากพืชเพื่อทดแทนโปรตีนจากเนื้อสัตว์ (เนื้อเทียม) หรือที่เรียกว่า Plant-based protein เป็นอาหารแนวใหม่ที่กำลังเป็นที่นิยมในปี 2563 และยังได้รับความนิยมมาถึงปัจจุบัน โปรตีนจากพืชมีการเติบโตของตลาดเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.4 ซึ่งมีมูลค่าทางการตลาดสูงถึง 6,725 ล้านบาท อาหารกลุ่มนี้นอกจากดีต่อสุขภาพแล้ว ยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพราะช่วยลดการปล่อยแก๊สมีเทนที่เกิดจากการทำปศุสัตว์อีกด้วย โปรตีนที่นำมาใช้ในการผลิตเนื้อเทียมนั้นได้มาจากพืชที่มีโปรตีนสูง ได้แก่ แป้งสาลี พืชตระกูลถั่ว เห็ด และสาหร่าย หรือจากกระบวนการหมักเชื้อจุลินทรีย์ที่เรียกว่า Mycoprotein ซึ่งทำให้เนื้อเทียมมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เนื้อสัมผัสและรสชาติใกล้เคียงเนื้อสัตว์ การผลิตเนื้อเทียมจากพืชจะใช้เทคโนโลยีการอัดผ่านเกลียว (extrusion) ร่วมกับการควบคุมอุณหภูมิและความดันภายในเครื่อง จนเกิดการหดตัวของเส้นใยโปรตีน ทำให้มีลักษณะคล้ายกล้ามเนื้อของสัตว์ที่ผ่านการให้ความร้อน แล้วนำมาพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมในรูปแบบต่าง ๆ เช่น เนื้อบด ไส้กรอก ไก่ทอด ปลาทอด เบอร์เกอร์ และลูกชิ้น ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีโปรตีนสูงจากพืชทดแทนการใช้เนื้อสัตว์ เป็นทางเลือกหนึ่งให้ผู้บริโภคที่ต้องการโปรตีนปริมาณสูงเพื่อเสริมสร้างกล้ามเนื้อ หรือผู้บริโภคมังสวิรัติที่ขาดแคลนโปรตีนจากเนื้อสัตว์ และผู้ที่ต้องการหลีกเลี่ยงการบริโภค

เนื้อสัตว์เพราะปัญหาสุขภาพบางอย่างทำให้การเติบโตของตลาดเนื้อเทียมจากโปรตีนพืชมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น จึงเกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคอย่างต่อเนื่อง (กองวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ, 2563)

2.4.1 กระแสนิยมการบริโภคเนื้อจากพืช

กระแสนิยมการบริโภคเนื้อจากพืช มาจากเหตุผลหลัก ๆ ดังนี้

2.4.1.1 สร้างความมั่นคงทางด้านอาหาร ประเด็นความมั่นคงทางอาหาร ถือว่าวาระเร่งด่วนของโลกโดยเฉพาะสภาวการณ์แพร่ระบาดของไวรัส COVID-19 การดำเนินชีวิตวิถีปกติใหม่ (New normal) ยิ่งทำให้คนตื่นตัว และตระหนักถึงความสำคัญมากขึ้นอย่างจริงจัง และเลือกรับประทานอาหาร ที่สะอาดปลอดภัย (มนัญญา, 2564 อ้างจาก พีรนาท สุขคุ้ม, 2564)

2.4.1.2 การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น การผลิตเนื้อจากพืชจะปล่อยก๊าซเรือนกระจก น้อยกว่ากระบวนการผลิตและแปรรูปเนื้อสัตว์ประมาณร้อยละ 30-90 จึงส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า

2.4.1.3 การให้ความสำคัญกับสุขภาพมากขึ้น ผู้บริโภคหันมาบริโภคพืชผักผลไม้มากขึ้น ในขณะเดียวกันก็พยายามที่จะลดการบริโภคเนื้อสัตว์ลง ด้วยมีข้อมูลที่ผู้บริโภคทราบว่าเส้นใยอาหารที่ได้จากพืชช่วยป้องกันโรคอ้วน มะเร็งลำไส้ เบาหวาน ลดปริมาณโคเลสเตอรอล โดยเฉพาะช่วยลดระดับโคเลสเตอรอล ชนิดแอลดีแอล (LDL-cholesterol) (มนัญญา, 2564 อ้างจาก ทองกร, 2563) เนื้อจากพืชโดยทั่วไปให้พลังงาน ไขมันรวมและไขมันอิ่มตัวน้อยกว่าเนื้อสัตว์ในขณะที่จะให้เส้นใยอาหารที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับเนื้อสัตว์ (มนัญญา, 2564 อ้างจาก Curtain & Grafenauer, 2019) จากการรวบรวมข้อมูลโดยองค์การอนามัยโลก ได้ชี้ให้เห็นว่าผู้ป่วยกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (Non Communicable Diseases : NCDs) ที่ได้รับเชื้อไวรัสโคโรน่าสายพันธุ์ใหม่(COVID19) จะแสดงอาการรุนแรงกว่าผู้ที่ไม่เป็นโรคในกลุ่ม NCDs เกือบ 4 เท่า และมีโอกาสเสียชีวิตได้มากกว่าถึง 3.5 เท่า ทำให้ผู้บริโภคเริ่มตระหนักถึงการมีสุขภาพที่ดี โดยพยายามลดการบริโภคเนื้อสัตว์แปรรูปที่เพิ่มความเสี่ยงให้เกิดโรค NCDs และหันมาบริโภคอาหารซึ่งเป็นโปรตีนจากพืชแทน (มนัญญา, 2564)

2.4.2 การผลิตอาหารประเภทเนื้อจากพืช

ในการผลิตอาหารประเภทเนื้อจากพืช คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีน (Functional Properties) ในการผลิตอาหารนั้นเป็นส่วนสำคัญ แหล่งของโปรตีนจากพืชซึ่งมีโครงสร้างในระดับโมเลกุลแตกต่างกันกรดอะมิโนและลักษณะการจับกันของกรดอะมิโนเป็นตัวกำหนดหน้าที่และสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนแต่ละชนิดแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของโปรตีน ชนิดของอาหาร และสภาวะการผลิต (มนัญญา, 2564 อ้างจาก กานต์ธิดา, 2563) โดยทั่วไปโปรตีนสัตว์มีลักษณะเป็นเส้นใยยาวเกิดจากการเรียงตัวของแอกทิน (Actin) และไมโอซิน(Myosin) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของ

ไมโอไฟบริล (Myofibril) ในขณะที่โปรตีนพืชเป็นโปรตีนที่สะสมในเมล็ดของพืชเป็นโปรตีนก่อนกลม (Globular Protein) เมื่อรับประทานโปรตีนจากพืชและสัตว์ก็จะให้ความรู้สึกในปากที่แตกต่างกัน ดังนั้นการผลิตเนื้อจากพืชจึงต้องจำลองโปรตีนจากพืชทรงกลมให้มีลักษณะเป็นเส้นใยโปรตีนคล้ายจากเนื้อสัตว์ (มนัญญา, 2564 อ้างจาก McClements, Grossmann, 2021) เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัส มีรสชาติกลิ่นและสีที่ใกล้เคียงกับเนื้อสัตว์ การพัฒนาสูตรส่วนผสมของพืชที่มีโปรตีนสูง และปรับปรุงสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนในพืชให้สมบัติหลักด้านโครงสร้างและเนื้อสัมผัสของอาหารนั้นใกล้เคียงกับเนื้อสัตว์ เช่น การละลาย การอุ้มน้ำ การเกิดเจล ความยืดหยุ่น การเกิดอิมัลชัน การดูดซับไขมัน (มนัญญา, 2564 อ้างจาก กานต์ธิดา, 2563)

ทั้งนี้การพัฒนาสูตรอาหารเนื้อจากพืช จึงต้องคำนึงถึงประเด็นนี้ด้วยในการเลือกวัตถุดิบจากพืชหรือส่วนผสมที่สามารถทดแทนเพื่อส่งเสริมคุณภาพกรดอะมิโนจำเป็นในอาหารเพื่อเป็นการช่วยเสริมให้ร่างกายได้รับกรดอะมิโนจำเป็นในปริมาณที่ร่างกายต้องการได้ซึ่งในวัยผู้ใหญ่ประมาณ 12-13 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักร่างกาย 1 กิโลกรัม การรับประทานโปรตีนที่เน้นโปรตีนจากพืชจำเป็นต้องตระหนักถึงความแตกต่างของกรดอะมิโนจำเป็นเหล่านี้ เพื่อวางแผนรับประทานอาหารที่เหมาะสมและหลากหลายเพื่อให้ได้กรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วน (มนัญญา, 2564 อ้างจาก Hertzler et al., 2020)

2.5 กลูเตน (Gluten)

2.5.1 คุณสมบัติและแหล่งที่มาของกลูเตน

กลูเตน ธัญพืชที่อยู่ในตระกูล Gramineae สามารถแบ่งออกเป็นสี่ตระกูลย่อย : Bambusoidea , Pooideae , Panicoideae และ Chloridiodeae อนุวงศ์ Pooideae ประกอบด้วยสองกลุ่มย่อย: Triticeae ที่มีธัญพืชเป็นส่วนใหญ่: ข้าวสาลี (triticum) ข้าวไรย์ (secale) ข้าวบาร์เลย์ (hordeum) และ Avenaepe ที่มีข้าวโอ๊ต (avena) (Sdepanian et al, 1999) ข้าวสาลี (Triticum vulgare) ร่วมกับข้าวและข้าวโพดเป็นหนึ่งในธัญพืชที่สำคัญที่สุด แป้งที่ได้จากการสีเมล็ดพืชมีไว้สำหรับการผลิตขนมปัง เค้ก และผลิตภัณฑ์เบเกอรี่อื่น ๆ ส่วนใหญ่ (Preichard and Gularte, 2021)

กลูเตน มีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับอุตสาหกรรมอาหารเนื่องจากให้ลักษณะเฉพาะด้านคุณภาพ โดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ในกรณีของแป้งสาลี กลิอาดินมีหน้าที่ในการจับตัวกันของแป้ง และกลูเตนินมีหน้าที่ต้านทานการยืดตัวของแป้ง (Hoseney, 1994) มีความชุ่มชื้นของโปรตีน gliadin และแป้งกลูเตนิน

เมื่อแป้งสาลีผสมกับน้ำและทำให้เป็นเนื้อเดียวกันโดยทางกลไกสำหรับ การผลิตผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ และสิ่งเหล่านี้ก่อตัวเป็นโปรตีนเชิงซ้อนโดยการเชื่อมโยงผ่านพันธะไฮโดรเจน พันธะ Van der Waals และพันธะไดซัลไฟด์ ก่อตัวเป็นกลูเตน (Bobbio e Bobbio, 1992) ซึ่งให้คุณสมบัติแป้งโดว์และคุณสมบัติหนืด และความสามารถในการกักเก็บก๊าซ (ภาพที่ 2.2) (Preichardt and Gularte, 2021)

กลูเตน (gluten) เป็นไกลโคโปรตีนที่พบในส่วนที่เป็นเอนโดสเปอร์มของธัญพืช (cereal grain) บางชนิด เช่น ข้าวสาลี (wheat) ข้าวบาร์เลย์ และข้าวโพด เกิดจากการรวมตัวของโปรตีน (protein) กลูเตนิน (glutenin) และไกลอะดิน (gliadin) ในสัดส่วนเท่า ๆ กัน โดยจะสร้างพันธะไดซัลไฟด์ (disulfide bond) ทำให้กลูเตนมีลักษณะเหนียวและยืดหยุ่น ไม่ละลายในน้ำ กลูเตนในอาหารโดยทั่วไปกลูเตนสกัดได้จากการนำแป้งข้าวสาลี (wheat flour) มาผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม ทำให้เกิดโด (dough) แล้วนำโดที่ได้มาล้างด้วยน้ำ มีส่วนประกอบหลักเป็นโปรตีน (protein) ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ (bakery) กลูเตนสามารถเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตขึ้นโดยยีสต์ (yeast) หรือผงฟูเอาไว้ได้ ทำให้รักษารูปทรงของผลิตภัณฑ์ เช่น ขนมปัง (bread) โดนัท (doughnut) ขนมเค้ก (cake) กลูเตนนิยมใช้เป็นส่วนประกอบแทนที่เนื้อสัตว์ (meat) ในอาหารเจ (vegan) และอาหารมังสวิรัติ (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2562)

เมทริกซ์ของกลูเตน และหน้าที่ที่เป็นผลลัพธ์มีความสำคัญต่อการกำหนดคุณภาพแป้งของขนมปังและการอบอื่น ๆ ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น พาสต้า เค้ก ขนมอบ และบิสกิต กลูเตนเป็นทนความร้อนและมีความสามารถในการทำหน้าที่เป็นสารยึดเกาะและขยายและมักใช้เป็นสารเติมแต่งในกระบวนการแปรรูป อาหารเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัส รสชาติ และการเก็บความชื้น ดังนั้นแหล่งที่มาของกลูเตนที่ไม่ค่อยชัดเจนจึงรวมถึงกระบวนการแปรรูปด้วย เนื้อสัตว์ อาหาร ทะเลประกอบ และอาหารทดแทนเนื้อสัตว์มังสวิรัติ และเป็นสารเพิ่มความข้น อิมัลซิไฟเออร์ หรือสารทำให้เกิดเจลในลูกอม ไอศกรีม เนย เครื่องปรุงรส ไส้ ซอสหมัก และน้ำสลัด เป็นสารตัวเติม และสารเคลือบที่ใช้ในยาหรือขนม นอกจากนี้กลูเตนยังถูกแยกออกจากข้าวสาลีมากขึ้นเรื่อย ๆ เรียกว่า “กลูเตนจากข้าวสาลีที่สำคัญ” หรือถูกดัดแปลงให้เฉพาะเจาะจงใช้ “เรียกว่า โปรตีนข้าวสาลีที่แยกได้” เพื่อปรับปรุงความสมบูรณ์ทางโครงสร้างของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ในอุตสาหกรรมและเพื่อเสริมความแข็งแกร่งแป้งโปรตีนต่ำ (Biesiekierski, 2017 อ้างจาก Kucek et al., 2015)

การรับประทานอาหารปราศจากกลูเตน (Gluten free) หมายถึง การรับประทานอาหารที่มีกลูเตนในปริมาณน้อยมากหรือไม่มีกลูเตนเป็นส่วนประกอบเลย อาหารเหล่านี้ถูกใช้เป็นส่วนหนึ่งในการรักษาโรคเซลีแอค (Celiac disease) เนื่องจากโรคเซลิแอค คือ สภาวะที่ระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายมีความผิดปกติ ส่งผลให้ลำไส้เล็กของผู้ป่วยได้รับความเสียหาย เมื่อผู้ป่วยกลุ่มนี้ได้รับกลูเตน จะทำให้สำไส้เล็กเกิดการอักเสบ และอาจส่งผลต่อผนังสำไส้เล็กในระยะยาว

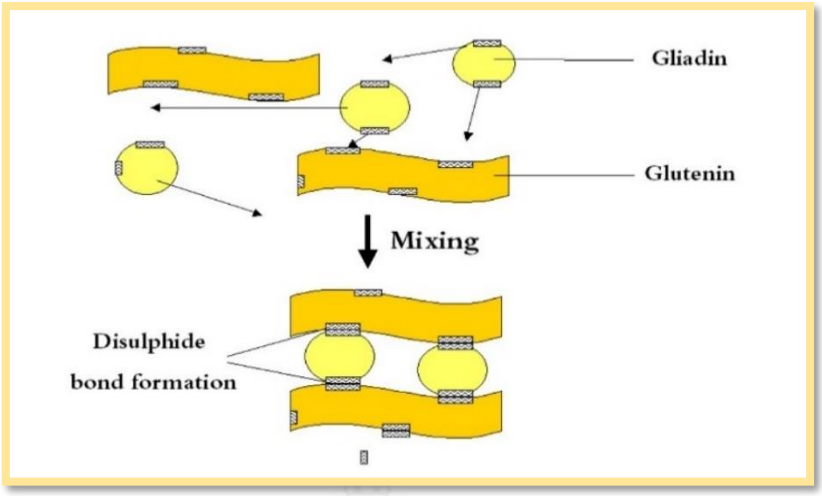
ทำให้ร่างกายดูดซึมสารอาหารได้ไม่เต็มที่ ส่งผลให้เกิดปัญหาสุขภาพต่าง ๆ ตามมา เช่น มีบุตรยาก ชักกระดูกพรุน หรือเส้นประสาทเสียหาย เป็นต้น

อาหารประเภทแป้งที่ปราศจากกลูเตน ได้แก่

- ข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง มันฝรั่ง
- แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวฟ่าง แป้งซอร์กัม แป้งท้าวยายม่อม
- ถั่วเหลืองหรือแป้งจากถั่วอื่น ๆ
- แป้งจากผักโขม (Amaranth)
- บัควีท (Buckwheat)
- คอร์นมีล (Cornmeal)
- เมล็ดแฟล็ก (Flax)
- โฮมินี (Hominy)
- ควินัว (Quinoa) (พัชรพร, 2561)

2.5.2 โครงสร้างของกลูเตน

กลูเตนเป็นสารประกอบที่ซับซ้อนมาก มีลักษณะเป็นอัลคีลิกสูง ความหลากหลายที่เข้ารหัสโปรตีน กลูเตนิน และกลิอาดินเฉพาะของมันยิ่งไปกว่านั้นจีโนไทป์ของข้าวสาลีแต่ละชนิดยังสร้างสายพันธุ์ที่แตกต่างกันและปริมาณของสารประกอบเหล่านี้ซึ่งอาจแตกต่างกันไปตามปริมาณ สภาพการเจริญเติบโตและกระบวนการทางเทคโนโลยี ซึ่งโปรตีนนั้น (และคาร์โบไฮเดรตด้วย) การแสดงออกของจีโนไทป์หนึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงได้ ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่ปลูก เช่น ปริมาณ gliadin **ω** - 5 จะเพิ่มขึ้นตามการปฏิสนธิและอุณหภูมิในช่วงครบกำหนด **α** gliadins บางส่วนที่อยู่ใน sub aleurone ของเมล็ดข้าวสาลีสามารถเอาออกได้บางส่วนโดยการกัดด้วยลูกกลิ้ง (Biesiekierski, 2017 อ้างจาก Kucek et al., 2015)



ภาพที่ 2.2 การสร้างโครงสร้างของกลูเตน แสดงการยึดกันของโปรตีนไกลอะดิน (giadin) และกลูเตนิน (glutenin) ด้วยพันธะไดซัลไฟท์ (disulfide bond) เกิดเป็นกลูเตนที่เหนียวและยืดหยุ่น

ที่มา: Preichardt and Gularte (2021)

2.5.3 ผลของคุณภาพน้ำต่อความแข็งแรงของกลูเตน

ความกระด้างของน้ำ (water hardness) มีความสำคัญกับความแข็งแรงของกลูเตน ซึ่งมีผลกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นฟูด้วยยีสต์ น้ำอ่อนไม่เหมาะสำหรับทำขนมปัง เพราะทำให้กลูเตน (gluten) ไม่แข็งแรง ทำให้แป้งโด (dough) ที่ผสมเสร็จแล้วเหนียวและแฉะติดมือ กักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ยีสต์ (yeast) ผลิตระหว่างการหมักไม่ได้ ขนมปังจะมีปริมาตรน้อย แบนราบ แต่ถ้าจำเป็นที่จะต้องใช้น้ำอ่อนในการทำขนมปัง ควรจะเพิ่มเกลือในสูตรประมาณร้อยละ 2-5 หรืออาจจะเพิ่มยีสต์ให้มากขึ้น เพื่อให้ยีสต์ผลิตก๊าซได้ตามปกติ และกลูเตนจะเก็บก๊าซได้ดีระหว่างหมัก ทำให้แป้งที่ผสมแล้วมีลักษณะนุ่มพอดี ไม่เหนียวติดมือหรือแข็งกระด้าง แต่การใช้น้ำกระด้างมาก ในการผลิตขนมปัง ทำให้ไม่เหมาะกับการเจริญของยีสต์ กลูเตนจับตัวกันแน่น การขึ้นฟูของปริมาตรโด (dough) น้อยลง ขนมปังแข็ง (พิมพ์เพ็ญและนิธิยา, 2562)

2.6 น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์

น้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์ คือ น้ำมันหรือไขมันที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพทางกายภาพด้วยการสับผสมหรือพรีอิมัลชัน (pre-emulsion) ด้วยความเร็วสูงกับอิมัลซิฟายด์เออร์ ทำให้ผลิตภัณฑ์อิมัลชันมีความแน่นเนื้อ และมีความสามารถช่วยในการอุ้มน้ำเพิ่มมากขึ้น (Kayaard and Gok, 2004) ซึ่งในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์จะใช้น้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์ทดแทนการใช้ไขมันสัตว์ เนื่องจากมีผลดีต่อสุขภาพ และสามารถใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารฮาลาล ส่วนประกอบที่สำคัญของน้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์ คือ น้ำมัน น้ำและ โปรตีน

2.6.1 ส่วนประกอบที่สำคัญของน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์

2.6.1.1 น้ำมันรำข้าว ข้าวเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของมนุษย์โดยเฉพาะข้าวสายพันธ์ Oryza Sativa ที่ไม่ทำให้เกิดลักษณ์ของอาการแพ้เหมือนที่พบในข้าวสาลี สำหรับส่วนที่อุดมด้วยคุณค่าสารอาหารมากที่สุดของข้าวก็คือ ส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวและส่วนของจมูกข้าว โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อนำส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวและจมูกข้าวมาผ่านกรรมวิธีสกัด จนกระทั่งได้เป็นน้ำมันรำข้าวและจมูกข้าวซึ่งเหมาะอย่างยิ่งในการบริโภคน้ำมันรำข้าวและจมูกข้าวซึ่งเป็นส่วนที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงที่สุดของข้าวกล้อง จึงอุดมไปด้วยวิตามินและสารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติหลายชนิด ทั้งโอริซานอลไฟโตสเตอรอล และวิตามินอีอยู่ปริมาณมาก โดยเฉพาะสารโอริซานอล พบเฉพาะในน้ำมันรำข้าวเท่านั้น ไม่พบในน้ำมันพืชชนิดอื่น มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่า วิตามินอีถึง 6 เท่า และช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลที่ไม่ดี (LDL-C) ในร่างกายได้ นอกจากนั้นน้ำมันรำข้าวเป็นน้ำมันที่ไม่เพิ่มปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด

1) ส่วนประกอบสำคัญในน้ำมันรำข้าวและจมูกข้าว

1.1) กรดโอเลอิก (Oleic acid) เป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) จัดอยู่ในกลุ่มกรดไขมันโอเมก้า-9 (omega-9) ที่มีฤทธิ์ลดระดับไขมันในเลือดได้จึงสามารถลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดได้ดี

1.2) ฟอสฟอไลปิด (Phospholipid) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเยื่อหุ้มเซลล์ โดยเฉพาะเซลล์เยื่อหุ้มสมอง และเยื่อหุ้มประสาท ฟอสฟอไลปิด ทำให้การสื่อประแสประสาทสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และรวดเร็วทำให้ระบบความจำดีขึ้น และลดความเสี่ยงของการเกิดโรคความจำเสื่อม

1.3) กรดไลโนเลอิก (Linoleic acid) เป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) จัดอยู่ในกลุ่มกรดไขมันโอเมก้า-6 (Omega-6) เป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกายต้องได้รับจากอาหาร และช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด

1.4) ไฟโตสเตอรอล (Phytosterol) เป็นสาระสำคัญที่ช่วยยับยั้งการเติบโตของเนื้องอก และเซลล์มะเร็ง ช่วยป้องกันกันเกิดมะเร็งลำไส้ และมะเร็งต่อมลูกหมาก รวมทั้งยังช่วยลดคอเลสเตอรอลที่ไม่ดี (LDL) และลดความเสี่ยงของโรคหลอดเลือดและหัวใจได้

1.5) แกมมา โอริซานอล (Gamma orizanol) พบได้เฉพาะในน้ำมันที่สกัดจากรำข้าวและจมูกข้าวเท่านั้น ประสิทธิภาพของแกมมา ออริซานอล เช่น ทำให้ระบบไหลเวียนเลือดในร่างกายดีขึ้น และลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคกระดูกพรุน

1.6) วิตามินอี (Vitamin E) ในน้ำมันรำข้าวและจมูกข้าวจัดเป็นกลุ่มวิตามินอี ที่เรียกว่า โทคอลกรุ๊ป (Tocol group) โทโคฟีนอล (Tocophynol) และโทโคไตรอีนอล (Tocotrienol) ที่มีประสิทธิภาพสูงในการต้านอนุมูลอิสระจึงช่วยชะลอการเสื่อมของเซลล์ต่าง ๆ ในร่างกาย ป้องกันการแก่ก่อนวัย และลดความเสี่ยงการเกิดโรคมะเร็ง

2) คุณประโยชน์ของน้ำมันรำข้าวและจมูกข้าว ได้แก่

2.1) ระบบภูมิคุ้มกันและการต้านอนุมูลอิสระ ทำให้ร่างกายเสื่อมช้าลงลดความเสี่ยงของการเกิดโรคเสื่อมต่าง ๆ เช่น เบาหวาน ความดันโลหิตสูง โรคหัวใจ และโรคมะเร็ง เป็นต้น และช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกันของร่างกาย

2.2) ระบบหลอดเลือดและการไหลเวียนเลือด ช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอล และลดปริมาณของแอลดีแอล (LDL) ซึ่งเป็นไขมันชนิดไม่ดีและช่วยให้ระบบการไหลเวียนเลือดดีขึ้น ผนังหลอดเลือดมีความยืดหยุ่นตัวดีขึ้น จึงส่งผลให้ความดันโลหิตลดลงได้ การรับประทานน้ำมันรำข้าวและจมูกข้าวสม่ำเสมอสามารถลดอัตราการเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดได้

2.3) ระบบกระดูก ช่วยลดอาการอักเสบของข้อ และช่วยเพิ่มการหล่อลื่นภายในข้อกระดูกให้ดีขึ้นจึงทำให้การเคลื่อนไหวของข้อกระดูกต่าง ๆ ดีขึ้น อีกทั้งช่วยลดการสูญเสียแคลเซียมออกจากร่างกาย จึงลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคกระดูกพรุน

ตารางที่ 2.2 ปริมาณสารอาหารในน้ำมันรำข้าว ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค

หนึ่งหน่วยบริโภค : 1 ช้อนโต๊ะ (15 มล.) (Serving size : 1 tbsp) 15 ml) จำนวนบริโภคต่อขวด : ประมาณ 67 (Serving (s) Per container : About 67)		
สารอาหาร	ปริมาณ	(หน่วย)
พลังงานทั้งหมด	130	กิโลแคลอรี่
พลังงานจากไขมัน	130	กิโลแคลอรี่
ไขมันทั้งหมด	14	กรัม
ไขมันอิ่มตัว	3.5	กรัม
ไขมันไม่อิ่มตัวตำแหน่งเดียว	6	กรัม
ไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง	4.5	กรัม
วิตามินอี (Vitamin E)	ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน (Percent Thai RDI)	ร้อยละ 20
โอรีซานอน (Oryzanol) ไฟโตสเตอรอล (Phytosterols)	ปริมาณต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (Amount per serving 4,000 ppm 15,000 ppm	56มก. (mg.) 210มก.(mg.)

ที่มา: King Rice Oil Group (2017)

2.6.1.2 น้ำมันทานตะวัน ทานตะวัน (sunflower) เป็นพืชอีกชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพ เนื่องจากเมล็ดทานตะวันเป็นทั้งแหล่งน้ำมัน(oil) และโปรตีน ทานตะวันมีชื่อทางวิทยาศาตร์ คือ Helianthus annuus L. อยู่ในวงศ์ Asteraceae มีมากถึง 67 สายพันธุ์ (Breed) ที่ปลูกกันทั่วโลก ซึ่งทั้งโลกสามารถผลิตเมล็ดทานตะวันมากถึง 37.05 ล้านตันต่อปี และสามารถผลิตน้ำมันจากเมล็ดทานตะวันได้ถึง 15.22 ล้านตันต่อปี (สุวิทย์ และคณะ, 2564 อ้างจาก Alagawany, 2015) ทานตะวันสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี เพราะเป็นพืชที่ไม่ไวต่อช่วงแสงสามารถออกดอกติดเมล็ดได้ตลอดปี ทนต่อสภาพแห้งแล้งและร้อนของประเทศไทย รวมทั้งในสภาพอากาศเย็นได้อย่างดี และเจริญเติบโตได้กับดินหลายประเภท รวมทั้งดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ตลอดจนสภาพดินที่เป็นเกลือและด่างจัด ในเมล็ดทานตะวันประกอบด้วยสารอาหารหลายชนิด ได้แก่ กรดไขมัน (fatty acids) (กรดไขมันอิ่มตัว 4.45 กรัม ไขมันไม่อิ่มตัวโมเลกุลเดียว 18.53 และกรดไขมันไม่อิ่มตัวพันธะคู่ 23.13 กรัม ต่อ 100 กรัม) โปรตีน (crud protein, CP)

ประมาณร้อยละ 30-34 เยื่อใยเซลลูโลสร้อยละ 20-25 ลิกนินร้อยละ 8-10 (สุวิทย์ และคณะ, 2564 อ้างจาก Selvaraj, 2004) ไขมันร้อยละ 38.6-51.46 (สุวิทย์ และคณะ, 2564 อ้างจาก Cheva-Isarakul, 1991) แร่ธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เหล็กสังกะสี และโซเดียม เท่ากับ 78, 325, 660, 645, 5.25, 5.00, และ 9.00 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ มีวิตามิน บี 1 (Thiamin) บี 2 (Riboflavin), บี 5 (Niacin), บี6 (Pyridoxine), โฟเลท, วิตามินเอ และวิตามินอี เท่ากับ 1.48, 0.35, 8.33, 1.34 มิลลิกรัมต่อ100 กรัม, 227 ไมโครกรัมต่อ100 กรัม, 50 ไอยู และ 35.17 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม ตามลำดับ (สุวิทย์ และคณะ, 2564) น้ำมันทานตะวันมีกรดลิโนเลอิคมากกว่าน้ำมันชนิดอื่น ๆ (กองโภชนาการ, 2545)

น้ำมันเมล็ดทานตะวันสกัดได้จากเมล็ดของทานตะวัน (Helianthus annuus L.) ซึ่งปลูกมากในประเทศรัสเซีย แคนาดา อเมริกา ฮังการี และอาร์เจนตินา เมล็ดทานตะวันมีน้ำมันประมาณร้อยละ 20 - 36 บางสายพันธุ์อาจมีน้ำมันสูงถึงร้อยละ 40 และมีโปรตีนประมาณร้อยละ 15 – 20 การสกัดน้ำมันออกจากเมล็ดทำได้โดยใช้ hydraulic หรือ screw pressing หรือใช้สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำมันเมล็ดทานตะวันมีประโยชน์นำใช้ทำเป็นน้ำมันปรุงอาหาร น้ำมันสลัด เนยเทียม และเนยขาว

น้ำมันเมล็ดทานตะวันมีสีเหลืองอ่อน มีกลิ่นเฉพาะซึ่งสามารถทำจัดออกได้ โดยใช้วิธีกำจัดกลิ่นองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดทานตะวัน ประกอบด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวประมาณร้อยละ 85 ซึ่งเป็นกรดโอเลอิกเป็นส่วนใหญ่ มีกรดลิโนเลอิกร้อยละ 4 – 8 และมีกรดลิโน-เลนิก น้อยกว่าร้อยละ 2 มีกรดไขมันชนิดอิ่มตัวประมาณร้อยละ 15 น้ำมันเมล็ดทานตะวันที่ผ่านการรีไฟน์แล้วจะมีค่าไฮโอดีน 130 ค่าการหักเหของแสง 1.4599 ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ค่าซาพอนิฟิเคชัน 190 ความหนาแน่น 0.897 ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ไตเตอร์ 18 องศาเซลเซียส มีสารที่ไม่ถูกไฮโดรไลซ์ด้วยด่างร้อยละ 0.8 (นิธิยา, 2548)

สำหรับมาตรฐานของน้ำมันเมล็ดทานตะวันกำหนดไว้ดังนี้

ความถ่วงจำเพาะ (25*ช.)	0.915 - 0.919
ค่าการหักเหของแสง (25*ซ.)	1.472 -1.474
ค่าไอโอดีน (Wijs)	125 - 136
ค่าซาพอนิฟิเคชัน	188 - 194
สารที่ไม่ถูกไฮโดรไลซ์ด้วยด่าง (ร้อยละ)	<1.5
ไตเตอร์ ("ซ.)	16 – 20

2.6.1.3 น้ำมันพืชคาโนล่า

น้ำมันพืชคาโนล่า คือ น้ำมันพืชมีไขมันไม่อิ่มตัว รสชาติที่เป็นกลางดีต่อสุขภาพสูงมาก ซึ่งกลุ่มคนรักสุขภาพมักใช้น้ำมันพืชคาโนล่าปรุงอาหารมีประโยชน์ช่วยให้สุขภาพแข็งแรงได้ ช่วยลดน้ำหนัก และลดความเสี่ยงของโรคหัวใจ วันนี้เรามีน้ำมันคุณภาพสูงมาแนะนำเพื่อใช้ปรุงอาหารรับประทาน น้ำมันที่ว่าก็ คือ น้ำมันพืชคาโนล่า (Canola Oil) มีกรดไขมันโอเมก้า 3 อัลฟา-ไลโนเลนิก (ALA) สูงกว่าน้ำมันอื่น ๆ หากนำน้ำมันพืชมาปรุงอาหารแล้วนำไปเปรียบเทียบกับน้ำมันมะกอกพบว่าน้ำมันพืชคาโนล่ามีปริมาณแคลอรี่ 124 กรัมและไขมัน 14 กรัมเท่าน้ำมันมะกอกแต่มีไขมันอิ่มตัวแค่ครึ่งเดียวของน้ำมันมะกอกเท่านั้น (สุนันท์, 2559)

คาโนล่าซึ่งเป็นพืชที่มีการเพาะปลูกมากแถบประเทศอินเดีย แคนาดา สาธารณรัฐประชาชนจีน และสหภาพยุโรป น้ำมันพืชคาโนล่าเป็นน้ำมันที่ประกอบด้วยกรดโอเลอิก (18:1 n-9) เป็นกรดไขมันหลัก (กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันพืชคาโนล่าแสดงในตารางที่ 2.2 นิยมใช้น้ำมันพืชคาโนล่าเป็นน้ำมันปรุงอาหารทั่วไปทั้งในระดับครัวเรือนและอุตสาหกรรม (นพรัตน์, 2564)

ตารางที่ 2.3 กรดไขมัน (ร้อยละต่อปริมาณกรดไขมันทั้งหมด) ที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันบริโภคจากพืชบางชนิด

องค์ประกอบ	น้ำมันรำข้าว[1]	น้ำมันเมล็ดทานตะวัน[2]	น้ำมันพืชคาโนล่า[2]
คาโพรอิก (6:0)	nr	nr	nr
คาพริลิก (8:0)	nr	nr	nr
คาพลิก (10:0)	nr	nr	nr
ลอริก (12:0)	nr	nr	nr
ไมริสติก (14:0)	0.4-0.6	0.1	0.1
ปาล์มมิติก (16:0)	14-22	9.1	6.9
ปาล์มมมิโตเลอิก (16:1)	nr	0.1	0.1
สเตียริก (18:0)	0.9-2.5	4.6	2.9
โอเลอิก (18:1 n-9)	38-46	26.4	54.4
ลิโนเลอิก (18:2 n-6)	33-40	57.8	19.0
ALA (18:3 n-3)	0.2-2.9	0.1	13.0
อะราคิดิก (20:0)	nr	0.3	0.9
กอนโดอิก (20:1 n-9)	nr	0.2	2.0
เบเฮนิก (22:0)	nr	1.0	0.5
ลิกโนเซริก (24:0)	nr	3.0	0.2

ที่มา: 1 ปวิชญา อ้างอิงจาก Mishra (2013)

2 นพรัตน์ (2564)

หมายเหตุ: nr ไม่ได้รายงาน (not reported)

2.6.1.4 โปรตีนถั่วเหลืองสกัด (Soy Protein) ถั่วเหลืองเมล็ดแห้ง มีโปรตีนประมาณร้อยละ 35 ซึ่งสูงกว่าเนื้อสัตว์ต่าง ๆ ประมาณ 2 เท่า แต่มีกรดอะมิโนเมไทโอนีนต่ำมีไลซีนสูงกว่าถั่วชนิดอื่น ๆ และมีวาลีนสูงด้วย นอกจากนั้นในถั่วเหลืองดิบหรือถั่วเหลืองที่ได้รับความร้อนไม่เพียงพอ ยังมีสารยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ทริพซิน ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีน จะทำให้โปรตีนถูกย่อยได้น้อยลง คุณภาพของโปรตีน จะลดลงและทำให้ร่างกายได้รับกรดอะมิโนน้อยลงด้วย ดังนั้นการนำถั่วเหลืองไปใช้เป็นอาหาร ถั่วเหลืองจะต้องได้รับความร้อนสูงชั่วระยะเวลาหนึ่ง (ไม่น้อยกว่า 15 นาที) เพื่อทำลายสารยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ทริพซินให้หมดไป (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2553)

1) องค์ประกอบของโปรตีนถั่วเหลือง โปรตีนส่วนใหญ่ของโปรตีนถั่วเหลืองทั้งหมดคือ โปรตีนโกลบูลิน (Globulin) ซึ่งมีส่วนของโปรตีน 4 ชนิดด้วยกันที่มีผลต่อคุณสมบัติของโปรตีนที่แตกต่างกัน คือ 2S, 7S, 11S, และ 15S มีปริมาณร้อยละ 8, 35, 52 และ 5 ของปริมาณโปรตีนทั้งหมดตามลำดับ

องค์ประกอบโปรตีนหลักในโปรตีนถั่วเหลือง คือ Glycinin และ β – Conglycinin (7S) โดยมีปริมาณมากกว่าร้อยละ 70 ของโปรตีนที่สามารถละลายได้ และโปรตีนเหล่านี้ขึ้นอยู่กับชนิดของถั่วเหลืองและสภาพแวดล้อม โดยเชื่อว่าโปรตีนเหล่านี้เป็นส่วนที่แสดงสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนถั่วเหลือง และด้วยโครงสร้างองค์ประกอบที่แตกต่างกันของโปรตีนถั่วเหลืองแต่ละชนิดจึงทำให้แสดงสมบัติ เช่น คุณสมบัติการเกิดเจล และสมบัติการเป็นอิมัลซิไฟอิงแตกต่างกันด้วย (อัมรินา, 2554)

2.6.1.5 แป้งรำข้าว ผลิตจากรำข้าวสกัดน้ำมันร้อยละ 100 โดยใช้กระบวนการผลิตด้วยวิธีทางกายภาพ มีความหอม และมีรสหวานเล็กน้อยตามธรรมชาติ สามารถนำไปใช้ทดแทนแป้งสาลี แป้งข้าวเจ้า แป้งโฮลวีท หรือแป้งอื่น ๆ บางส่วนตามสัดส่วนที่เหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวและอาหารธัญพืช ผลิตภัณฑ์ทดแทนเนื้อสัตว์ ผลิตภัณฑ์แป้งชุบทอด ผลิตภัณฑ์เส้น ผลิตภัณฑ์แป้งพิซซ่า ผลิตภัณฑ์ขนมปัง เค้ก และคุกกี้ นอกจากนั้นแป้งรำข้าว มีปริมาณใยอาหารสูง และมีสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายหลายชนิดสามารถใช้ผสมในอาหาร และเครื่องดื่มต่าง ๆ เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ ปราศจากกลูเตน ค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ ใยอาหารและธาตุเหล็กสูง มีวิตามินบี 1 และ บี 3 สูง เป็นแหล่งของโปรตีน มีวิตามินบี 6 และ บี 9 ปลอดจากการดัดแปลงทางพันธุกรรม (King Rice Oil Group, online, 2017)

2.6.2 การเตรียมน้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์จากน้ำมันชนิดต่าง ๆ

น้ำมันเป็นองค์ประกอบอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญมากในการผลิตน้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์เพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์อิมัลชัน จะส่งผลต่อคุณภาพของอาหาร เช่น ลักษณะเนื้อสัมผัส สี และรสชาติ นอกจากนี้ยังส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคอีกด้วย ซึ่งน้ำมันแต่ละชนิดทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของกรดไขมันแต่ละชนิด และลักษณะทางกายภาพของกรดไขมันมีความสำคัญต่อคุณภาพของไขมัน ได้แก่ จุดหลอมเหลว (melting point) พบว่าการใช้น้ำมันที่มีจุดหลอมเหลวต่ำมาทำผลิตภัณฑ์เนื้อประเภทอิมัลชันจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความเสถียรต่ำและมีความมันเลี่ยนสูง ซึ่งคุณลักษณะดังกล่าวอาจพัฒนาให้ดีขึ้นโดยการลดปริมาณไขมันจากสูตรการผลิตให้น้อยลงหรืออาจใช้ไขมันที่ถูกสับผสมในลักษณะที่ทำให้เกิดโฟม (pre-emulsion) เพื่อใช้แทนไขมันสัตว์ ก็จะทำให้มีลักษณะที่ดีขึ้นและสามารถใช้ทดแทนไขมันสัตว์ได้ทั้งหมดในสูตรการผลิต

2.6.3 การเตรียมน้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์จากโปรตีนชนิดต่าง ๆ

โปรตีนจะทำหน้าที่เป็นตัวประสาน (binder) ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก โดยในพอลิเมอร์ (polymer) เดียวกันจะมีทั้งกลุ่มที่มีขั้ว (hydrophilic) และกลุ่มที่ไม่มีขั้ว (hydrophobic) ทำให้สามารถดูดซับน้ำและไขมันสูง โปรตีนจึงทำหน้าที่เป็นสารอิมัลซิฟายเออร์ (emulsifier) ได้ดีในระบบอิมัลชัน (อัมรินา, 2554)

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ณัฏฐ์ลิตา (2565) ศึกษากลยุทธ์ในการพัฒนาการตลาดผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม (Plant Based) เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการบริโภคและการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม (Plant Based) และศึกษาปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด (4Ps) ที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม (Plant Based) ของผู้บริโภค เพื่อนำไปใช้วางกลยุทธ์พัฒนาการตลาดผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม (Plant Based) จากผลการวิจัยสรุปได้ว่า สถานภาพมีความสัมพันธ์กับประสบการณ์การบริโภคผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม (Plant Based) ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด 4Ps ด้าน Product และ Promotion มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการบริโภคและการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม (Plant Based) ของผู้บริโภคในด้านระดับความถี่ในการบริโภค และด้าน Product, Place, Promotion มีอิทธิพลในด้านระดับค่าใช้จ่ายในการบริโภค

เดือนฉาย และคณะ (2565) ศึกษาผลของชนิดโปรตีนพืชโปรตีนจากถั่วเหลือง A โปรตีนจากถั่วเหลือง B โปรตีนจากถั่วลันเตา A โปรตีนจากถั่วลันเตา B และโปรตีนจากข้าวสาลี ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืชโดยวิเคราะห์หาโพรไฟล์ลักษณะเนื้อสัมผัส ปริมาณโปรตีน ปริมาณความชื้น สี และทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืชที่เตรียมจากโปรตีนจากถั่วเหลือง B มีค่าความแข็งและพลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวสูงเมื่อเทียบกับโปรตีนพืชชนิดอื่นที่ทำการศึกษา ($p<0.05$) มีปริมาณโปรตีนสูงถึงร้อยละ 15.7 มีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 60-70 และมีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นถั่ว/กลิ่นข้าวสาลีรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์สูงกว่าโปรตีนพืชชนิดอื่นที่ทำการศึกษาในขณะที่คะแนนความชอบด้านสีเนื้อผลิตภัณฑ์ที่มีคะแนนรองมาจากผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืชที่ทำมาจากโปรตีนจากถั่วลันเตา A ($p>0.05$) นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืชที่เตรียมจากโปรตีนจากถั่วเหลือง B ยังได้รับการยอมรับผลิตภัณฑ์จากผู้บริโภคสูงสุดถึงร้อยละ 75แสดงให้เห็นว่างานวิจัยนี้สามารถน าไปพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืชได้

มนัญญา (2564) ได้กล่าวว่าเนื้อจากพืช เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้วัตถุดิบหลักจากพืชที่ให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติทางกายภาพเหมือนเนื้อสัตว์ ทั้งรสชาติ เนื้อสัมผัส กลิ่น และลักษณะปรากฏ เพื่อให้ผู้บริโภคได้รับความรู้สึกเหมือนการได้บริโภคเนื้อสัตว์ บทความนี้รวบรวมสถานะปัจจุบันของไทย แหล่งโปรตีนจากพืช คุณค่าทางโภชนาการคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนที่ถูกนำมาพัฒนาวิธีการเตรียมการผลิต การดัดแปลงส่วนผสมที่ได้จากพืชเข้าสู่กระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตเนื้อทางเลือกจากพืชเป็นผลิตภัณฑ์ทดแทนเนื้อสัตว์ และอาหารแห้งอนาคตเพื่อสร้างความมั่นคงทางอาหารในยุคชีวิตวิถีใหม่

วราภรณ์ (2564) ได้กล่าวว่าปัจจุบันผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมได้รับความสนใจจากผู้บริโภค กระบวนการเอกซ์ทรูชันสามารถผลิตเนื้อเทียมได้ทั้งชนิดแห้งและชนิดเปียกหรือความชื้นสูง ทั้งมีศักยภาพในการผลิตเพื่อการค้าได้ เครื่องจักรที่ใช้เรียกว่า เครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ซึ่งมีส่วนประกอบหลักสำหรับใช้ผลิตเนื้อเทียมชนิดความชื้นสูง ได้แก่ ถังป้อนวัตถุดิบ (feed hopper) บาร์เรล(barrel) ที่สามารถให้ความร้อน ภายในประกอบด้วยสกรู (screw) ทำหน้าที่นวดผสมและผลักพาวัตถุดิบ ปั๊มน้ำ(pump) เพื่อเติมน้ำเข้าสู่ระบบ และหน้าแปลนที่มีการออกแบบพิเศษให้มีระบบหล่อเย็นและมีลักษณะยาว (long cooling die) ซึ่งโครงสร้างเส้นใยคล้ายเนื้อสัตว์จะเริ่มเกิดบริเวณตอนท้ายของบาร์เรลและเกิดขึ้นอย่างชัดเจนภายในหน้าแปลนนี้ วัตถุดิบที่ใช้ ได้แก่ โปรตีนถั่วเหลือง กลูเตน ลูพิน ซึ่งเป็นพืชดอกสกุลลูพินนัส (Lupinus) ในวงศ์ถั่ว และถั่วฝักเมล็ดกลม อีกทั้งมีงานวิจัยในการใช้วัตถุดิบอื่น เช่น โปรตีนเมล็ดกัญชง หรือ สาหร่ายขนาดเล็ก เป็นต้น โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณลักษณะเนื้อเทียมชนิดความชื้นสูงเป็นผลร่วมกันของสูตรส่วนผสม สภาวะของกระบวนการผลิตและเครื่องเอกซ์ทรูเดอร์ที่ใช้

ถาวร (2561) ศึกษาลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่ไขมันต่ำด้วยการเติมคาราจีแนนในปริมาณที่แตกต่างกัน (ร้อยละ 0, 1, 1.5 และ 2) วิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ทางกายภาพ-เคมี ทางด้านประสาทสัมผัส และลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ จากผลการทดลองพบว่าไส้กรอกไก่ไขมันต่ำที่เติมคาราจีแนนในปริมาณเพิ่มขึ้นมีค่าความชื้นค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ และปริมาณผลผลิตที่ได้เพิ่มขึ้น ($p<0.05$) ขณะที่ค่าการสูญเสียน้ำหนักภายหลังการต้มสุกลดลง ($p<0.05$) เนื่องจากคาราจีแนนสามารถทำให้เกิดเจล ซึ่งช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำและเพิ่มความแข็งแรงของโปรตีนเจลสำหรับการวิเคราะห์ค่าสีพบว่า ไส้กรอกที่เติมคาราจีแนนมีค่าสี a* ($p<0.05$) และค่าสี b* ($p<0.05$) เพิ่มขึ้นและมีค่า L* ($p<0.05$) ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสพบว่า การเติมคาราจีแนนส่งผลให้ไส้กรอกมีค่าความแข็ง และค่าคงทนเมื่อถูกเคี้ยวเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) และค่าความสามารถในการยึดเกาะ และค่าความเหนียวยึดติดลดลง ($p<0.05$) ขณะที่ค่าความยืดหยุ่นไม่เปลี่ยนแปลง ($P>0.05$) ไส้กรอกไก่ไขมันต่ำที่เติมคาราจีแนนในปริมาณที่แตกต่างกันมีปริมาณโปรตีนและเถ้าไม่แตกต่างจากไส้กรอกชุดควบคุม ($P>0.05$)

แต่ปริมาณไขมันลดลงเมื่อเติมคาราจีแนนในปริมาณเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าไส้กรอกไก่ไขมันต่ำที่เติมคาราจีแนนร้อยละ 1.5 และ 2 ได้รับคะแนนการยอมรับด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมสูงกว่าไส้กรอกไขมันต่ำชุดควบคุม ($P>0.05$)

กันยา (2559) ผลของการทดแทนมันแข็งสุกรด้วยน้ำมันรำข้าวพรีอิมัลซิฟายด์ (Pre-emulsified rice bran oil; PO) ต่อลักษณะคุณภาพของไส้กรอกเวียนนาที่เตรียมจากเนื้อโคพื้นเมืองและเนื้อสุกร ผลการศึกษาพบว่าระดับ PO ไม่มีผลต่อความคงตัวของอิมัลชัน ($P > 0.05$) และการเพิ่มปริมาณ PO ทำให้ค่าการสูญเสียระหว่างทำให้สุก, ค่าความแน่นแข็ง, ความเหนียวยึดติด, ความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว และความเป็นสีแดงของไส้กรอกเวียนนาลดลง ($P \leq 0.05$) โดยสูตร PO-50 มีค่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างทำให้สุกต่ำสุด (ร้อยละ2.33) และสูตร PO-75 มีค่าความแน่นแข็ง, ความเหนียวยึดติด และความคงทนเมื่อถูกเคี้ยวต่ำสุด (35.60N, 24.02 N และ 22.76 N/mm ตามลำดับ) การเพิ่มระดับ PO มีผลทำให้ค่าความสว่าง, ปริมาณโปรตีน, ความชื้น และเถ้าเพิ่มขึ้นในขณะที่ปริมาณไขมัน และค่าพลังงานรวมลดลง ($P \leq 0.05$) โดยสูตร PO-100 มีปริมาณโปรตีน ความชื้น และเถ้าสูงที่สุด (ร้อยละ15.99, ร้อยละ 67.44 และร้อยละ 2.55 ตามลำดับ) แต่มีปริมาณไขมันและค่าพลังงานต่ำที่สุด (ร้อยละ 13.28 และ 186.65 kcal/100g ตามลำดับ) การประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสพบว่าไส้กรอกเวียนนาสูตร PO-50 มีค่าคะแนนความชอบด้านกลิ่น, รสชาติ, และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($P > 0.05$)

หทัยกาญ (2559) ศึกษาการดัดแปลงเวย์โปรตีนด้วยสารประกอบฟีนอลิกและการประยุกต์ใช้ในไส้กรอกอิมัลชัน พบว่าสารประกอบฟีนอลิกสามารถเชื่อมประสานกับเวย์โปนตีนได้ ซึ่งบ่งชี้จากการลดลงของปริมาณหมู่อะมิโนอิสระ และการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเมื่อเปรียบเทียบกับเวย์ที่ไม่ผ่านการดัดแปลง (เวย์ชุดควบคุม) จากผล FTIR แสดงให้เห็นว่าเวย์หลังการดัดแปลงด้วยสารประกอบฟีนอลิกจะประกอบด้วยหมู่วงแหวนอะโรมาติกและหมู่ไฮดรอกซิล โดยเวย์ดัดแปลงด้วยสารประกอบฟีนอลิกจะมีกิจกรรมการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันมากขึ้น (DPPH, ABTS และFRAP) และมีปริมาณพื้นผิวไม่ชอบน้ำลดลง โดยเฉพาะเมื่อมีการใช้สารประกอบฟีนอลิกที่ความเข้มข้นสูง อย่างไรก็ตามคุณสมบัติด้านอิมัลชันและโฟมของเวย์ดัดแปลงด้วยสารประกอบฟีนอลิกไม่แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกับเวย์ชุดควบคุม โดยเมื่อเปรียบเทียบสารประกอบฟีนอลิกทั้ง 3 ชนิด พบว่า เวย์ดัดแปลงด้วยแทนนิกร้อยละ 5.0 ของโปรตีนจะมีประสิทธิภาพสูงสุดในการชะลอการเกิดออกซิเดชันของไขมันในระบบเลซิตินไลโปโซม และศึกษาการประยุกต์ใช้เวย์ที่ผ่านและไม่ผ่านการดัดแปลงด้วยแทนนิกร้อยละ 5.0 ของโปรตีนเพื่อเป็นส่วนผสมของไส้กรอกหมูอิมัลชัน พบว่า การเติมเวย์ดัดแปลงด้วยแทนนิกในไส้กรอกจะสามารถยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันและการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ และสามารถสร้างความคงตัวให้กับไส้กรอกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าไส้กรอกที่ใช้เวย์ที่ไม่ผ่านการดัดแปลงตลอดระยะเวลาการเก็บนาน 22 วัน

Bakhsh et al (2021) ได้ศึกษาการประเมินผลกระทบของเมทิลเซลลูโลส (MC) ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อ plant-based meat analog (PBMA) ซึ่งประกอบด้วยโปรตีนผักพื้นผิวเชิงพาณิชย์ (C-TVP) และโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลตพื้นผิว (T-ISP) เป็นส่วนประกอบสำคัญและเมื่อเทียบกับการควบคุมเนื้อแพตตี้สังเกตพบความแตกต่างที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในปริมาณความชื้นที่ควบคุมด้วยความเข้มข้น MC ที่เพิ่มขึ้นกว่าไส้พาย C-TVP และ T-ISP อย่างไรก็ตาม โปรตีนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแหล่งโปรตีนที่แตกต่างกันสามแหล่ง โดยที่กลุ่มควบคุมมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าไส้ PBMA ปริมาณเส้นใยดิบบันทึกค่าที่สูงขึ้นใน C-TVP เมื่อเปรียบเทียบกับการควบคุม ค่า pH ที่ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ถูกบันทึกในการควบคุมมากกว่า C-TVP และ T-ISP ตามลำดับ โดยไม่คำนึงว่าการเพิ่ม MC หรือส่วนผสม PBMA และไส้ควบคุมมีแนวโน้มที่จะลดค่าความเบา (L*) และค่าความแดง (a*) หลังการปรุง แม้ว่าตัวอย่างควบคุมก่อนปรุงอาหารจะมีน้ำหนักเบาและแดงกว่าไส้ PBMA (C-TVP และ T-ISP) ในทำนองเดียวกัน ความสามารถในการกักเก็บน้ำ (WHC) จะลดลงเมื่อความเข้มข้นของ MC เพิ่มขึ้น (1.5–4%) ในไส้ควบคุมและ PBMA แรงเฉือนของ Warner-Bratzler (WBSF) และการวิเคราะห์โปรไฟล์พื้นผิว (TPA) รวมถึงความแข็ง ความเคี้ยว และความเป็นกาวในการควบคุม สูงกว่า C-TVP และ T-ISP อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น ผู้ร่วมอภิปราย ในการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสจึงนำเสนอว่าไส้ C-TVP ที่มี MC 3% มีคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสที่ดีกว่า T-ISP ดังนั้นไส้ PBMA ที่มี C-TVP และการรวมตัวของ MC 3% จึงถือว่าเหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตอะนาล็อกเนื้อสัตว์ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุม (เนื้อวัว)

Bolger et al (2018) ได้ทำการศึกษาผลิตภัณฑ์เนื้อที่ประกอบด้วยกรดไขมัน โอเมก้า 3 (n-3) เช่น กรดไลโนเลอิก (ALA) สามารถผลิตได้โดยการทดแทนไขมันสัตว์ด้วยน้ำมันเมล็ดลินิน แต่การเติมน้ำมันลินินในผลิตภัณฑ์เนื้อมีผลต่อลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยเฉพาะลักษณะเนื้อสัมผัส วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อการตรวจสอบกระบวนการเติมน้ำมันเมล็ดลินินในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่ที่แตกต่างกันที่มีผลต่อลักษณะทางกายภาพด้วยการประเมินองค์ประกอบทางเคมี ความสามารถในการอุ้มน้ำ ความสามารถในการจับของน้ำและไขมัน การสูญเสียน้ำหนักระหว่างทำให้สุก การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (TPA), การวิเคราะห์การไหล และการวิเคราะห์ NMR (nuclear magnetic resonance relaxometry) ไส้กรอกที่ผลิตมีปริมาณของกรดไลโนเลอิก เป็นไปตามหน่วยงานด้านความปลอดภัยของอาหารยุโรป ในด้านสารอาหารและด้านสุขภาพ (0.6 กรัมต่อ 100 กรัม และพลังงาน 100 กิโลแคลอรี่) และเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุมส่วนผสมที่ไม่ใช้น้ำมันน้ำมันเมล็ดลินินเป็นแหล่งของกรดไลโนเลอิก ถูกรวมอยู่ในรูปแบบดังต่อไปนี้ : การเติมโดยตรง (0): พรีอิมัลซิฟายด์ (E): การห่อหุ้มและระเหิด (F): การห่อหุ้มด้วยเจนิพินและระเหิด (G): การห่อหุ้มและทำแห้งแบบพ่นฝอย (S) เมื่อเปรียบเทียบสูตรอื่น ๆ สูตร F และ G มีคุณภาพการเก็บรักษาค่าสูญเสียลักษณะเนื้อสัมผัสมีค่าต่ำลง ($p \leq 0.05$) สูตร G และ S มีการสูญเสียน้ำหนักขณะทำให้สุก

ต่ำกว่าตัวอย่างอื่น ($p \leq 0.05$) การวิเคราะห์ NMR แสดงค่าปริมาณน้ำในสูตร G และ S พบว่ามีพฤติกรรมที่แตกต่างในระหว่างการให้ความร้อนเมื่อเทียบกับสูตรอื่น สรุปได้ว่า ลักษณะทางกายภาพของไส้กรอกมีผลจากกระบวนการผสมน้ำมันเมล็ดลินินร่วมกับการห่อหุ้มมากที่สุดเมื่อเทียบกับการเติมน้ำมันโดยตรงหรือการเติมน้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์

Liu et al. (2019) ได้ทำการศึกษานี้ เพื่อทำการทดสอบผลของการเตรียมพรีอิมัลซิฟายด์น้ำมันถั่วลิสงด้วยอิมัลซิฟายเออร์ 3 ชนิด (โปรตีนถั่วเหลืองสกัด (SPI), กลูโคแมนแนน (KGM), และ acetylated distarch phosphate (ADSP)) ต่อคุณสมบัติของไส้กรอกซูริมิอิมัลชัน ค่าการทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสแสดงให้เห็นว่า KGM สามารถปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอกได้ SPI ลดความแข็งของไส้กรอกอิมัลชันลงจาก 131.37±3.12 N ถึง 111.3±1.23 N และ ADSP ลดความสามารถในการยึดเกาะ (cohesiveness) ของตัวอย่างจาก -0.57±0.05 เป็น -0.37±0.04 ความสามารถในการอุ้มน้ำ ความคงตัวอิมัลชัน และค่าความสว่างมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อมีการเติมน้ำมันถั่วลิสงพรีมัลซิฟายด์ ($p \leq 0.05$) การประเมินวิทยากระแสและขนาดอนุภาคแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของอิมัลชันระหว่างไมโอซินกับอิมัลซิฟายเออร์แต่ละชนิด การกระจายตัวของเม็ดไขมันของ SPI, KGM, ADSP ถูกทดสอบด้วย optical microscopy แสดงให้เห็นว่า KGM เป็นตัวแทนของอิมัลซิฟายเออร์สำหรับการเตรียมพรีอิมัลซิฟายด์ของน้ำมันถั่วลิสงในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกซูริมิอิมัลชัน

Arora et al (2017) ทำการศึกษาผลของสารจับยึด(คาราจีแนน,โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น เคซีน และแซนแทนกัม) ที่ความเข้มข้นต่างกันต่อลักษณะคุณภาพและคุณสมบัติทางโภชนาการของไส้กรอกเนื้อเทียมที่มีเห็ดเป็นส่วนประกอบหลัก ซึ่งมีไขมันอิ่มตัว 5 % การปรับปรุงคุณสมบัติพื้นผิวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (การสูญเสียการชะล้างและความคงตัวของอิมัลชัน) พบได้ในตัวอย่างที่ทำด้วยคาราจีแนนเป็นสารจับยึด ($P < 0.5$) ค่าการบีบอัดและการสปริงก็ยืนยันเช่นเดียวกันตัวอย่างไส้กรอกที่มีแซนแทนกัม ได้รับการจัดอันดับว่าดีที่สุดเป็นอันดับสองรองจากตัวอย่างคาราจีแนน ในแง่ของคุณสมบัติเนื้อสัมผัสโดยการประเมินตามวัตถุประสงค์แต่การประเมินแบบอัตนัยโดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนผลิตภัณฑ์ว่าเหนียวด้วยความเข้มข้นของคาราจีแนนที่ 0.8% ค่าการสูญเสียการล้าง และการสูญเสียน้ำหนักขณะทำให้สุก ของไส้กรอกเนื้อเทียมลดลง 59.63 และ 55.55 % ตามลำดับ ในขณะที่ผลผลิตและความคงตัวของอิมัลชันดีขึ้น 37.62 และ 67.49 % ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับการควบคุม ไส้กรอกที่มี SPC และเคซีน พบว่าไม่เป็นที่ยอมรับในการประเมินแบบอัตนัยและแบบปรนัย

Kang et al (2016) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างโปรตีน องค์ประกอบทางเคมี และคุณลักษณะทางเคมีกายภาพของไส้กรอกแฟรงเฟอร์เตอร์ (เกลือร้อยละ 1) ร่วมกับน้ำมันถั่วเหลืองพรีอิมัลซิฟายด์ ตัวอย่างทั้ง 3 ที่เตรียมไว้ ได้แก่ C คือ ใช้มันหมูแข็ง T1 คือ ใช้ร่วมกับน้ำมันถั่วเหลืองพรีอิมัลซิฟายด์ (โปรตีนถั่วเหลืองสกัด: น้ำมันถั่วเหลือง: น้ำ เท่ากับ 1: 10: 10) T2 คือ ใช้ร่วมกับน้ำมันถั่วเหลืองพรีอิมัลซิฟายด์ (โปรตีนถั่วเหลืองสกัด: น้ำมันถั่วเหลือง: น้ำ เท่ากับ 1: 5: 5) ปริมาณพลังงานและไขมันลดลงในขณะที่ปริมาณโปรตีน ค่าความสว่าง ผลผลิตและคุณลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอกแฟรงเฟอร์เตอร์เพิ่มขึ้นเมื่อทดแทนมันหมูแข็งร่วมกับน้ำมันถั่วเหลืองพรีอิมัลซิฟายด์ โครงสร้างจุลภาคของ C แสดงให้เห็นถึงลักษณะที่มีโพรงมาก T1 และ T2 แสดงให้เห็นโพรงมากขึ้นและ SPI กระจายตัวรอบ ๆ เม็ดน้ำมัน ซึ่งมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ต่อโครงสร้างโปรตีนทุติยภูมิและตติยภูมิ พบการเพิ่มขึ้นของ **β**-sheet, **β**-turn และส่วนที่ไม่ใช่เกลียวแอลฟาพร้อมกับการลดลงของเกลียวแอลฟาและเกิดปฏิกิริยาไม่ชอบน้ำมากขึ้น อย่างไรก็ตามไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญสำหรับโครงสร้างโปรตีนทุติยภูมิใน T1 และ T2 ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าการทดแทนมันหมูแข็งด้วยน้ำมันถั่วเหลืองพรีอิมัลซิฟายด์สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงเฟอร์เตอร์ที่เค็มน้อยและไขมันต่ำได้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบและเครื่องมืออุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไส้กรอกโปรตีนพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์

3.1.1.1 น้ำมันพืชคาโนล่า	บริษัท สยามแม็คโคร จำกัด (มหาชน)
3.1.1.2 แป้งสาลี	บริษัท สยามแม็คโคร จำกัด (มหาชน)
3.1.1.3 ไส้เซลลูโลส เบอร์ 28	บริษัท พีทีเค โซลูชั่น แอนด์ ซัพพลายส์ จำกัด
3.1.1.4 โปรตีนถั่วเหลืองสกัด	บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด
3.1.1.5 แป้งรำข้าว	บริษัท น้ำมันบริโภคไทย จำกัด
3.1.1.6 ผงเพรก	บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด
3.1.1.7 ผงฟอสเฟต	บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด
3.1.1.8 น้ำตาลทรายขาว	ตรามิตรผล
3.1.1.9 เกลือป่น	ตราปรุงทิพย์
3.1.1.10 ผงเพรก	บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด
3.1.1.11 ผงรมควัน	บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด
3.1.1.12 พริกสีปาริก้า	บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด

3.1.2 อุปกรณ์ใช้ในการผลิตไส้กรอกโปรตีนพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์

3.1.2.1 เครื่องอัดไส้กรอกแบบมือหมุน	Semon รุ่น Si-FS5
3.1.2.2 เครื่องชั่งดิจิตอล	ยี่ห้อ Sunford รุ่น FEH 5000
3.1.2.3 เครื่องปั่นผสม	ยี่ห้อ MARA รุ่น MR-1269

3.1.2.4 อุปกรณ์งานครัว ได้แก่ อ่างผสมสแตนเลส ถ้วยสแตนเลส ถาดสแตนเลส เขียง มีด พายพลาสติก

3.1.2.5 อุปกรณ์ ตวง วัด มาตรฐาน

3.1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิเคราะห์ทางอาหาร

3.1.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

1) เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture analyzer) รุ่น TA-XT2i Plus, UK

2) เครื่องอบลมร้อน ยี่ห้อ Electrolux รุ่น EOB2400AOX

3) เครื่องวัดค่าสี ยี่ห้อ KONICA MINOLTA รุ่น CM-3500d

4) เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge, SORVALL THERMO, LEGEND MACH1.6R, GERMANY)

5) เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Model TE214S, Sartorius, สหรัฐอเมริกา)

3.1.3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

1) อุปกรณ์เตรียมตัวอย่าง เช่น เครื่องแก้ว เครื่องชั่ง หลอดเซนตริฟิวส์

2) ตะแกรงหลอดทดลอง 50 ช่อง (Test Tube Rack)

3) กระดาษกรองเบอร 1 (Whatman paper No. 1)

3.1.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ด้านการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

3.1.4.1 แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้แบบประเมินผล 9 Point Hedonic Scale

3.1.4.2 ตัวอย่างไส้กรอกที่ใช้ทดสอบอุปกรณ์ทดสอบได้แก่ แบบทดสอบชิม และอุปกรณ์ทดสอบชิมผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 ศึกษาสูตรพื้นฐานไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้กลูเตน

การหาสูตรพื้นฐานไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืช จากสูตรพื้นฐานไส้กรอกไก่ที่มีส่วนผสมแตกต่างกัน จำนวน 3 สูตร ทำการดัดแปลงสูตรโดยใช้กลูเตนจากแป้งสาลีมาทดแทนเนื้อไก่ในสูตรพื้นฐานเดิม (ขั้นตอนการเตรียมกลูเตน ดังแผนภูมิที่ 3.1) ส่วนผสมในสูตรไส้กรอกเนื้อเทียมดังแสดงในตารางที่ 3.1 และขั้นตอนวิธีการที่ต่างกัน ดังแผนภูมิที่ 3.2 3.3 และ 3.4 วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) ทำการประเมินคุณลักษณะทางกายภาพ และการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส (ความแน่นเนื้อ) และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ชิมจำนวน 60 คน ซึ่งเป็นบุคลากร นักเรียน และนักศึกษาสาขาวิชาอาหารและโภชนาการ วิทยาลัยอาชีวศึกษาธนบุรี กรุงเทพมหานคร นำข้อมูลมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ นำข้อมูลจากสูตรพื้นฐานมาหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และนำข้อมูลจากการศึกษาสูตรพื้นฐานไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้กลูเตนมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติแบบ Least Significant Difference, (LSD) คัดเลือกสูตรที่มีคะแนนความชอบสูงสุดไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

3.2.1.1 ขั้นตอนการเตรียมกลูเตนจากแป้งสาลีมาทดแทนเนื้อไก่ในสูตรพื้นฐานเดิม

เทแป้งสาลีอเนกประสงค์ 1 กิโลกรัมลงอ่างผสมที่เตรียมไว้

⇓

ค่อย ๆ เทน้ำ 600 มิลลิตรลงในอ่างผสมที่มีแป้งอยู่ทีละน้อย

⇓

นวดให้ส่วนผสมเข้ากันดีจนเนื้อเนียนเป็นแป้งโด

⇓

พักแป้งโดไว้ในอ่างผสมที่คลุมด้านบนด้วยพลาสติก นาน 2 ชั่วโมง

⇓

ล้างแป้งโดให้สะอาดด้วยน้ำเปล่า จนน้ำล้างใส ไม่มีแป้งตกค้าง

⇓

พักกลูเตนที่ได้ไว้ในตู้เย็น

แผนภูมิที่ 3.1 กรรมวิธีการเตรียมกลูเตนจากแป้งสาลี

ตารางที่ 3.1 ปริมาณส่วนผสมสูตรพื้นฐานไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้กลูเตน

วัตถุดิบ	ปริมาณส่วนผสมในแต่ละสูตร (กรัม, ร้อยละ)					
	สูตรที่ 1[1]		สูตรที่ 2[2]		สูตรที่ 3[3]	
	กรัม	ร้อยละ	กรัม	ร้อยละ	กรัม	ร้อยละ
กลูเตน	**1000**	**55.96**	**1000**	**55.71**	**1000**	**64.27**
ผงฟู	0	0.00	3	0.17	0	0.00
น้ำมันคาโนล่า	335	18.75	360	20.06	200	12.85
น้ำแข็ง	335	18.75	330	18.38	240	15.42
เกลือ	13	0.73	14	0.78	15	0.96
ผงเพรก	13	0.73	11	0.61	8	0.51
ผงฟอสเฟต	10	0.56	4	0.22	4	0.26
พริกไทยป่น	4	0.22	3	0.17	4	0.26
อบเชยป่น	1	0.06	1	0.06	1	0.06
น้ำตาลทรายขาว	14	0.78	15	0.84	16	1.03
หอมใหญ่สับ	33	1.85	25	1.39	25	1.61
ผงรมควัน	20	1.12	20	1.11	20	1.29
กระเทียมผง	0	0.00	0	0.00	6	0.39
ลูกจันทน์ป่น	3	0.17	3	0.17	2	0.13
พริกสีปาปริก้า	6	0.34	6	0.33	15	0.96
รวม	**1787**	**100**	**1795**	**100**	**1556**	**100**

ที่มา: สูตรที่ 1 ดัดแปลงจากธเนศ (2552)
สูตรที่ 2 ดัดแปลงจากธเนศ (2561)
สูตรที่ 3 ดัดแปลงจากเยาวลักษณ์ (2551)

แผนภูมิที่ 3.2 กรรมวิธีการทำไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้กลูเตน

ที่มา: สูตรที่ 1 ดัดแปลงจากธเนศ (2552),
สูตรที่ 2 ดัดแปลงจากธเนศ (2561)
สูตรที่ 3 ดัดแปลงจากเยาวลักษณ์ (2551)

3.2.1.2 การวัดค่าสี (Color Measurement)

วิเคราะห์ค่าสีโดยใช้เครื่องวัดค่าสี ยี่ห้อ KONICA MINOLTA รุ่น CM-3500d, Japan แสดงค่าในรูปค่า (L*, a*, b*) ค่า L*แสดงถึงความสว่างa*แสดงถึงสีแดง (+a*) หรือสีเขียว (-a*)และ b* แสดงถึงสีเหลือง (+b*) หรือสีน้ำเงิน (-b*) วิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

3.2.1.3 ศึกษาคุณลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Profile Analyzer: TPA)

โดยตัดตัวอย่างไส้กรอกให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร และสูง 2.5 เซนติเมตร นำไปวัดเนื้อสัมผัสด้วยใช้เครื่อง Texture Analyzer (TA-XT Plus, UK) โดยใช้หัววัดทรงกระบอก (cylinder Probe, P50) เส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร โดยกำหนดการวัดของเครื่องมือ ใช้ความเร็วก่อนการวัดค่าตัวอย่าง 1.00 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วขณะทำการวัดค่าตัวอย่าง 5.00 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วหลังการวัดค่าตัวอย่าง 5.00 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะเวลาระหว่างการกดครั้งที่สอง 5.00 วินาที ตัวอย่างจะถูกกดลงไปเป็นระยะทางร้อยละ 30 ของความสูงตัวอย่าง แต่ละสิ่งทดลองจะทำการวัดค่า 10 ตัวอย่าง การวัดเป็น Texture Profile Analyzer (TPA) ประมวลผลข้อมูลเป็นค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ค่าความสามารถในการการยึดเกาะ (Cohesiveness) ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ค่าความเหนียวยึดติด (Gumminess) และค่าความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว (Chewiness) (ถาวร, 2561)

3.2.1.4 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)

สับตัวอย่างไส้กรอกให้ละเอียดชั่งน้ำหนัก 5 กรัม ใส่กระปุกพลาสติกสำหรับวัดค่า a_w นำเข้าเครื่องวัดค่า a_w รอจนค่า a_w นิ่ง จึงอ่านค่า ทำซ้ำ 3 ครั้ง นำค่าไปคำนวณค่าเฉลี่ย

3.2.1.5 การทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point Hedonic scale) ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส (ความแน่นเนื้อ) และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ชิมจำนวน 60 คน ซึ่งเป็นบุคลากร นักเรียนและนักศึกษา สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ วิทยาลัยอาชีวศึกษาธนบุรี กรุงเทพมหานคร

3.2.2 ศึกษาปริมาณน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืช

ลดปริมาณไขมันในส่วนผสมของไส้กรอกเทียมจากพืช โดยใช้น้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์ (Pre-emulsified Oil, PO) ทดแทนน้ำมันพืช (น้ำมันคาโนล่า) ในสูตร โดยแปรระดับของน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ จำนวน 3 ระดับ คือ ทดแทนร้อยละ 50 (PO-50) ร้อยละ 75 (PO-75) และร้อยละ 100 (PO-100) ของน้ำมันพืชคาโนล่าที่ใช้ในสูตร ส่วนผสมของน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ แสดงดังตารางที่ 3.2 และขั้นตอนการเตรียมดังแผนภูมิที่ 3.4 ศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชที่มีส่วนผสมดังตารางที่ 3.4 โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์(Randomized Complete Block Design, RCBD)

นำสิ่งทดลองตัวอย่างไส้กรอกทั้ง 4 สูตร มาทำการประเมินคุณลักษณะ ได้แก่

1) ค่าความคงตัวของอิมัลชันดิบ (Emulsion stability)
2) การสูญเสียน้ำหนักภายหลังการต้มสุก (cooking loss)
3) ปริมาณผลผลิตที่ได้ (cooking yield)
4) การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ(a_w)
5) การวัดค่าสี (Color Measurement)
6) คุณลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Profile Analyzer: TPA)
7) ทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส (9-point hedonic scale)

นำข้อมูลจากการศึกษาปริมาณน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชแต่ละสูตรมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ โดยหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติแบบ (Least Significant Difference, LSD) เพื่อคัดเลือกสูตรที่มีคะแนนสูงสุดไปศึกษาขั้นตอนอื่นต่อไป

ตารางที่ 3.2 ปริมาณส่วนผสมน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ (PO)

ส่วนผสม	ปริมาณ(กรัม)	ปริมาณ(ร้อยละ)
น้ำมันคาโนล่า	160	47.06
น้ำบริโภค	160	47.06
แป้งรำข้าว	10	2.94
โปรตีนถั่วเหลืองสกัด	10	2.94
รวม	**340**	**100**

ที่มา: ดัดแปลงจากศุภักษร (2561)

ปั่นผสมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด แป้งรำข้าว และน้ำอุ่น (60 องศาเซลเซียส)
โดยใช้เครื่องปั่นผสม เพื่อให้ส่วนผสมเข้ากันดี นาน 6 นาที

⇓

เติมน้ำมันคาโนล่าทีละน้อยพร้อมปั่นผสมเป็นเวลา 5 นาที
ระหว่างปั่นผสมควบคุมอุณหภูมิไม่ให้เกิน 10 องศาเซลเซียส

⇓

เก็บน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ในภาชนะบรรจุสุญญากาศ

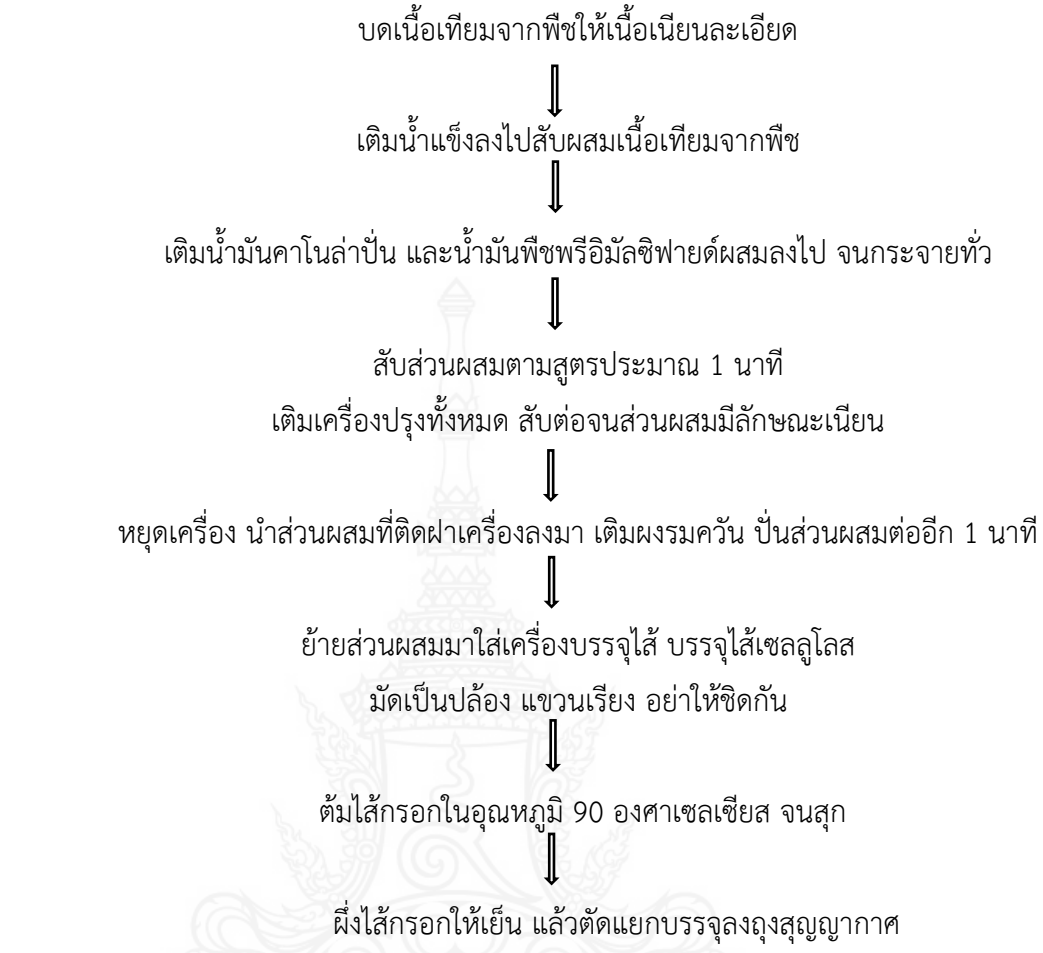
⇓

แช่เย็นอุณหภูมิไม่เกิน 5 องศาเซลเซียส

แผนภูมิที่ 3.3 กรรมวิธีการเตรียมน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ (PO)
ที่มา: ดัดแปลงจากศุภักษร (2561)

ตารางที่ 3.3 ปริมาณส่วนผสมสูตรไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชที่ใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ (PO)

ส่วนผสม	ปริมาณส่วนผสมในแต่ละสูตร (กรัม,ร้อยละ)							
	Control		PO-50		PO-75		PO-100	
	กรัม	**ร้อยละ**	**กรัม**	**ร้อยละ**	**กรัม**	**ร้อยละ**	**กรัม**	**ร้อยละ**
กลูเตน	1000	64.27	1000	64.27	1000	64.27	1000	64.27
PO	**0**	**0.00**	**100**	**6.43**	**150**	**9.64**	**200**	**12.85**
น้ำมันคาโนล่า	**200**	**12.85**	**100**	**6.43**	**50**	**3.21**	**0**	**0.00**
น้ำแข็ง	240	15.42	240	15.42	240	15.42	240	15.42
เกลือ	15	0.96	15	0.96	15	0.96	15	0.96
ผงเพรก	8	0.51	8	0.51	8	0.51	8	0.51
ผงฟอสเฟต	4	0.26	4	0.26	4	0.26	4	0.26
พริกไทยป่น	4	0.26	4	0.26	4	0.26	4	0.26
อบเชยป่น	1	0.06	1	0.06	1	0.06	1	0.06
น้ำตาลทรายขาว	16	1.03	16	1.03	16	1.03	16	1.03
หอมใหญ่สับ	25	1.61	25	1.61	25	1.61	25	1.61
ผงรมควัน	20	1.29	20	1.29	20	1.29	20	1.29
กระเทียมผง	6	0.39	6	0.39	6	0.39	6	0.39
ลูกจันทน์ป่น	2	0.13	2	0.13	2	0.13	2	0.13
พริกสีปาปริก้า	15	0.96	15	0.96	15	0.96	15	0.96



แผนภูมิที่ 3.4 กรรมวิธีการทำไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์

3.2.2.1 ศึกษาค่าความคงตัวของอิมัลชันดิบ (Emulsion stability)

ในขั้นตอนการเตรียมส่วนผสมของไส้กรอก นำตัวอย่างของไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ ทั้ง 4 สูตร control, PO-50, PO-75 และ PO-100 ชั่งตัวอย่างอิมัลชันดิบ 5 กรัม ใส่ในหลอดปั่นเหวี่ยงขนาด 50 มิลลิเมตร นำตัวอย่างเข้าปั่นเหวี่ยงที่ 5000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที (Centrifuge) และนำหลอดไปต้มในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นคว่ำหลอดลงบนกระดาษซับน้ำที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก นำกระดาษที่ชั่งแล้วไปเข้าอบในตู้แห้ง จากนั้นแสดงผลออกมาเป็นค่าปริมาณของเหลวทั้งหมดที่ปลดปล่อยออก (Total fluid release; TFR) ปริมาณน้ำที่ปลดปล่อยออก (Water release; WR) และปริมาณไขมันที่ปลดปล่อยออกมา (Fat release; FR) โดยคำนวณตามสูตร (กันยา , 2559)

%TFR (ปริมาณของเหลวทั้งหมดที่ปลดปล่อยออก) =
((น้ำหนักกระดาษกรองรวมของเหลวก่อนอบ – น้ำหนักกระดาษกรอง)/น้ำหนักตัวอย่าง) ×100

%WR (ปริมาณน้ำที่ปลดปล่อยออก) =
((น้ำหนักกระดาษกรองรวมของเหลวหลังอบ – น้ำหนักกระดาษกรอง)/น้ำหนักตัวอย่าง) ×100

%FR = %TFR - %WR

3.2.2.2 ศึกษาการสูญเสียน้ำหนักภายหลังการต้มสุก (cooking loss) และปริมาณผลผลิตที่ได้ (cooking yield)

โดยนำตัวอย่างของไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ทั้ง 4 สูตร control, PO-50, PO-75 และ PO-100 นำไส้กรอกดิบไปชั่งน้ำหนักเริ่มต้น จากนั้นนำไปต้มที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียสนาน 30 นาที นำตัวอย่างมาทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้องที่ 21 องศาเซลเซียสนาน 3 ชั่วโมงภายหลังตัวอย่างเย็นลงนำตัวอย่างไปซับให้แห้งแล้วชั่งน้ำหนัก โดยคำนวณค่าการสูญเสียน้ำหนักดังสมการ (กันยา, 2559)

$$\text{Cooking loss (g/100g)} = \frac{(\text{weight of raw batter (g)}) - (\text{weight of cooked sausage (g)}) \times 100}{(\text{Weight of raw batter (g)}}$$

3.2.2.3 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)

สับตัวอย่างให้ละเอียดชั่งน้ำหนัก 5 กรัม ใส่กระปุกพลาสติกสำหรับวัดค่า a_w นำเข้าเครื่องวัดค่า a_w รอจนค่า a_w นิ่ง จึงอ่านค่า ทำซ้ำ 3 ครั้ง นำค่าไปคำนวณค่าเฉลี่ย

3.2.2.4 การวัดค่าสี (Color Measurement)

วิเคราะห์ค่าสีโดยใช้เครื่องวัดค่าสี ยี่ห้อ KONICA MINOLTA รุ่น CM-3500d, Japan แสดงค่าในรูปค่า (L*, a*, b*) ค่า L*แสดงถึงความสว่างa*แสดงถึงสีแดง (+a*) หรือสีเขียว (-a*) และ b* แสดงถึงสีเหลือง (+b*) หรือสีน้ำเงิน (-b*) วิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

3.2.2.5 ศึกษาคุณลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Profile Analyzer: TPA)

โดยตัดตัวอย่างไส้กรอกให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร และสูง 2.5 เซนติเมตร นำไปวัดเนื้อสัมผัสด้วยใช้เครื่อง Texture Analyzer (TA-XT Plus, UK) โดยใช้หัววัดทรงกระบอก (cylinder Probe) เส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร โดยกำหนดการวัดของเครื่องมือ ใช้ความเร็วก่อนการวัดค่าตัวอย่าง 1.00 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วขณะทำการวัดค่าตัวอย่าง 5.00 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วหลังการวัดค่าตัวอย่าง 5.00 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะเวลาระหว่างการกดครั้งที่สอง 5.00 วินาที ตัวอย่างจะถูกกดลงไปเป็นระยะทางร้อยละ 30 ของความสูงตัวอย่าง แต่ละสิ่งทดลองจะทำการวัดค่า 10 ตัวอย่าง การวัดเป็น Texture Profile Analyzer ประมวลผลข้อมูลเป็นค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ค่าความสามารถในการการยึดเกาะ (Cohesiveness) ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ค่าความเหนียวยึดติด (Gumminess) และค่า ความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว (Chewiness) (ถาวร, 2561)

3.2.2.6 การทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส(ความแน่นเนื้อ) และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ชิมจำนวน 60 คน ซึ่งเป็นบุคลากร นักเรียนและนักศึกษา สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ วิทยาลัยอาชีวศึกษาธนบุรี กรุงเทพมหานคร

3.3.3 ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชพร้อมบริโภค

การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาไก่และผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชที่ใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ จากข้อที่ 3.2.1 และ 3.2.3 ที่ได้รับการยอมรับจากผู้ชิม วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ในด้านพลังงานทั้งหมด ไขมันทั้งหมด โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เถ้า และความชื้น

วิเคราะห์พลังงานทั้งหมด	ชุดวิเคราะห์พลังงาน ด้วยวิธีการ Nutrition Labeling (1993)
ไขมันทั้งหมด	ชุดวิเคราะห์ปริมาณไขมัน ด้วยวิธีการ AOAC (2019)
โปรตีน	ชุดวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ด้วยวิธีการ AOAC (2019)
คาร์โบไฮเดรต	ชุดวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ด้วยวิธีการ Nutrition Labeling (1993)
เถ้า	ชุดวิเคราะห์ปริมาณเถ้า ด้วยวิธีการ AOAC (2019)
ความชื้น	ชุดวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ด้วยวิธีการ AOAC (2019)

3.3.4 ศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนของการผลิตของผลิตภัณฑ์ไส้กรอก

การศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์ไส้กรอก โดยนำผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชสูตรที่พัฒนาได้จากข้อที่ 3.2.2 ทำการเปรียบเทียบต้นทุนของการผลิตกับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาไก่ ดังนี้

1) การเปรียบเทียบต้นทุนระหว่างมันแข็งหมูและน้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์
2) การเปรียบเทียบต้นทุนระหว่างกลูเตนและสันในไก่
3) การเปรียบเทียบต้นทุนระหว่างไส้กรอกเวียนนาไก่และไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์

3.3 สถานที่ทำการทดลอง

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

3.4 ระยะเวลาดำเนินงาน

การทดลองครั้งนี้ เริ่มตั้งแต่ เดือนมิถุนายน 2565 – เดือนมกราคม 2566

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

4.1 ผลการศึกษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชสูตรพื้นฐาน

ผลการศึกษาสูตรพื้นฐานผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืช จากสูตรพื้นฐานไส้กรอกไก่ที่มีส่วนผสมแตกต่างกัน จำนวน 3 สูตร ทำการดัดแปลงสูตรโดยใช้กลูเตนจากแป้งสาลีมาทดแทนเนื้อไก่ในสูตรพื้นฐานเดิม ลักษณะของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชที่ใช้กลูเตนแทนเนื้อไก่ที่ได้ดังภาพที่ 4.1 คุณลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ แสดงดังตารางที่ 4.1 และคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ แสดงดังตารางที่ 4.2

ภาพที่ 4.1 ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชสูตรพื้นฐานจำนวน 3 สูตร

ตารางที่ 4.1 คุณลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชสูตรพื้นฐาน

ลักษณะทางกายภาพ	ค่าคุณสมบัติ		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ค่าสี			
Lightness (L*)	60.09±0.36^{b}	61.89±56.51^{a}	56.51±0.38^{c}
Redness (a*)	15.51±0.45^{b}	11.16±0.29^{c}	16.91±0.37^{a}
Yellowness (b*)	32.75±0.53^{a}	28.62±0.59^{b}	33.26±0.93^{a}
ลักษณะเนื้อสัมผัส			
Firmness (g)	1198.59±62.73^{b}	618.95±25.60^{c}	1818.07±133.14^{a}
Springiness ^{ns}	0.87±0.01	0.88±0.01	0.87±0.02
Cohesiveness	1.59±0.02^{a}	1.42±0.01^{b}	1.43±0.05^{b}
Chewiness	1667.19±102.84^{b}	769.33±30.48^{c}	2267.79±195.28^{a}
Gumminess	1910.55±105.98^{b}	877.98±36.09^{c}	2602.51±264.56^{a}
ค่า a_w ^{ns}	0.99±0.00	0.98±0.00	0.98±0.00

หมายเหตุ: a, b, c คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)
ns คือ มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)
L* แสดงค่า สีดำ – ขาว มีค่าตั้งแต่ 0-100
a* แสดงค่า สีแดง เมื่อ a* มีค่าเป็น +, สีเขียว เมื่อ a* มีค่าเป็น –
b* แสดงค่า สีเหลือง เมื่อ b* มีค่าเป็น +, สีน้ำเงิน เมื่อ b* มีค่าเป็น –

จากภาพที่ 4.1 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่ได้ พบว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชสูตรพื้นฐาน สูตรที่ 3 จะมีลักษณะของสีที่เข้มที่สุด สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชสูตรพื้นฐาน พบว่าไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชค่าสี a* และ b* สูตรที่ 3 จะมีค่าสูงกว่าสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 และยังมีค่าความสว่าง (L*) ต่ำกว่าสูตรที่ 2 และสูตรที่ 1 ด้วยส่วนผสมของไส้กรอกสูตรพื้นฐาน สูตรที่ 3 มีส่วนผสมของพริกสีปาปริก้าซึ่งมีผลให้ตัวอย่างไส้กรอกมีสีน้ำตาลแดงเข้มกว่าไส้กรอกสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2

ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชสูตรพื้นฐาน มีคุณลักษณะเนื้อสัมผัสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05) พบว่าไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชสูตรที่ 3 มีค่าความแข็งสูงกว่าสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 แต่ค่าความยืดหยุ่น ทั้ง 3 สูตรแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) สูตรที่ 1 มีค่าความสามารในการยึดเกาะสูงกว่า สูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 ส่วนค่าความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว และค่าความเหนียวยึดติด สูตรที่ 3 สูงกว่า สูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 ตามลำดับ ผลการวัดค่าเนื้อสัมผัสแตกต่างกัน ด้วยสูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตรมีส่วนผสมที่แตกต่างกัน ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชสูตรพื้นฐานสูตรที่ 3 มีสัดส่วนปริมาณร้อยละของกลูเตนมากกว่า สูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 จึงมีผลให้ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ค่าความเหนียวยึดติด (Gumminess) และค่าความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว (Chewiness) สูงกว่าสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ค่ากิจกรรมของน้ำ (a_w) ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชสูตรพื้นฐาน พบว่า ค่ากิจกรรมของน้ำ (a_w) ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชสูตรพื้นฐานไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 4.2 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชสูตรพื้นฐาน

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	คะแนนความชอบ		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ด้านลักษณะปรากฏ	7.23±0.46^{b}	6.43±0.59^{c}	**8.95±0.22^{a}**
ด้านสี	7.18±0.47^{b}	6.42±0.56^{c}	**8.77±0.43^{a}**
ด้านกลิ่นรส	7.27±0.48^{b}	6.38±0.56^{c}	**8.87±0.34^{a}**
ด้านลักษณะเนื้อสัมผัส(ความแน่นเนื้อ)	7.12±0.45^{b}	6.43±0.56^{c}	**8.57±0.50^{a}**
ด้านความชอบโดยรวม	7.20±0.44^{b}	6.38±0.52^{c}	**8.85±0.36^{a}**

หมายเหตุ: a, b, c คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชสูตรพื้นฐาน จำนวน 3 สูตร พบว่า ส่วนผสมของแต่ละสูตรที่ต่างกันมีผลต่อคะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบในทุกคุณลักษณะ (p≤ 0.05) จากค่าลักษณะเนื้อสัมผัส มีผลต่อความชอบของการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส จากผลการทดสอบทางกายภาพ และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้วยสูตรที่ 3 มีสัดส่วนของกลูเตนสูงกว่าสูตรที่ 1 และสุตรที่ 2 จึงมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและคะแนนความชอบที่สูงกว่าสูตรที่ 1 และ 2 ด้วยกลูเตนเกิดจากการรวมตัว

ของโปรตีนกลูเตนินและไกลอะดินในสัดส่วนเท่า ๆ กัน โดยจะสร้างพันธะไดซัลไฟด์ (disulfide bond) ทำให้กลูเตนมีลักษณะเหนียวและยืดหยุ่น ไม่ละลายในน้ำ กลูเตนนิยมใช้เป็นส่วนประกอบแทนที่เนื้อสัตว์ในอาหารเจและอาหารมังสวิรัติ (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2562) กลูเตนทนความร้อนและมีความสามารถในการทำหน้าที่เป็นสารยึดเกาะและขยายตัวและมักใช้เป็นสารเติมแต่งในกระบวนการแปรรูป อาหารเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัส รสชาติ และการเก็บความชื้น (Biesiekierski, 2017 อ้างจาก Kucek et al., 2015) ดังนั้นผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชสูตรพื้นฐาน สูตรที่ 3 เป็นสูตรที่ได้คะแนนสูงกว่าสูตรที่ 1 และ 2 ในทุกด้าน ด้วยสูตรที่ 3 มีลักษณะปรากฏ ด้านสี ที่เป็นสีน้ำตาลแดงเข้ม มากกว่าสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 รวมถึงลักษณะเนื้อสัมผัส ผู้วิจัยจึงคัดเลือกสูตรที่ 3 ในการนำไปศึกษาขั้นตอนต่อไป

4.2 ผลการศึกษาการใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ปริมาณที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืช

จากการศึกษาการลดปริมาณของไขมันในส่วนผสมของไส้กรอกเทียมจากพืช โดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ทดแทนน้ำมันพืชในสูตร โดยแปรระดับของน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ จำนวน 3 ระดับ คือ ทดแทนน้ำมันพืชร้อยละ 50 ร้อยละ 75 และร้อยละ 100 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ที่ได้ดังภาพที่ 4.2 คุณลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์แสดงดังตารางที่ 4.3 และคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์แสดงดังตารางที่ 4.4

ภาพที่ 4.2 ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์

ตารางที่ 4.3 ผลวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์

ลักษณะทางกายภาพ	ค่าคุณสมบัติ			
	control	PO-50	PO75	PO100
ค่าความคงตัวของอิมัลชัน				
%TFR	18.46±2.15^{a}	10.45±2.87^{b}	12.69±0.77^{b}	13.74±0.91^{b}
%WR	7.12±1.23^{a}	1.84±0.38^{b}	1.78±0.10^{b}	0.11±0.08^{c}
%FR	11.34±1.21^{ab}	8.61±10.92^{b}	10.92±0.70^{ab}	13.64±0.85^{a}
%Cooking loss	15.51±0.69^{a}	16.48±4.55^{a}	5.82±0.76^{b}	5.61±1.28^{b}
%Cooking yield	84.50±0.69^{b}	83.52±4.55^{b}	94.18±0.76^{a}	94.39±1.28^{a}
กิจกรรมของน้ำ (aw)^{ns}	0.98±0.00	0.99±0.01	0.98±0.00	0.99±0.00
ค่าสี				
Lightness (L*)	56.52±0.46^{a}	55.84±0.24^{ab}	55.28±0.30^{bc}	54.86±0.40^{c}
Redness(a*)	17.26±0.44^{a}	15.27±0.17^{b}	17.13±0.07^{a}	17.03±0.34^{a}
Yellowness(b*)	34.13±0.86^{a}	31.41±0.16^{b}	33.88±0.17^{a}	33.52±0.81^{a}
ลักษณะเนื้อสัมผัส				
Firmness (g)	1657.63±45.23^{a}	1550.46±42.98^{b}	1492.98±49.31^{bc}	1205.07±70.53^{c}
Springiness	0.88±0.01^{a}	0.89±0.00^{a}	0.88±0.01^{a}	0.83±0.01^{b}
Cohesiveness	1.55±0.06^{a}	1.56±0.04^{a}	1.57±0.01^{a}	1.36±0.01^{b}
Chewiness	2322.15±52.10^{a}	2020.69±66.24^{b}	2020.71±79.55^{b}	1672.64±107.92^{c}
Gumminess	2440.58±83.04^{a}	2302.94±79.54^{a}	2150.64±528.51^{b}	1836.25±128.35^{c}

หมายเหตุ: a, b, c, d คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)
ns คือ มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)
%TFR = ของเหลวทั้งหมดที่ถูกแยกออกมาหลังจากหมุนเหวี่ยง (น้ำ+น้ำมัน)
%WR = น้ำที่ปลดปล่อยออก
%FR = น้ำมันที่ปลดปล่อยออก
L* แสดงค่า สีดำ – ขาว มีค่าตั้งแต่ 0-100
a* แสดงค่า สีแดง เมื่อ a* มีค่าเป็น +, สีเขียว เมื่อ a* มีค่าเป็น –
b* แสดงค่า สีเหลือง เมื่อ b* มีค่าเป็น +, สีน้ำเงิน เมื่อ b* มีค่าเป็น –

ผลการวิเคราะห์ค่าความคงตัวของอิมัลชัน พบว่าระดับการใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์มีผลต่อค่าความคงตัวของอิมัลชันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) การทดแทนด้วยน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ร้อยละ 50, 75, และ 100 (w/w) ตามลำดับจะมีปริมาณของเหลวทั้งหมด (%TFR) ที่ปลดปล่อยออกมาน้อยกว่าสูตร control เมื่อวิเคราะห์ในส่วนของปริมาณน้ำ (%WR) ที่ปลดปล่อยออกมา การทดแทนด้วยน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์จะมีน้ำออกมาน้อยกว่าสูตร control ปริมาณไขมันที่ปล่อยออกมา (%FR) อิมัลชันของไส้กรอกที่ทดแทนน้ำมันด้วยน้ำมันพืชพรีอิมัลซิไฟด์ ร้อยละ 75 และ 100 (w/w) จะไม่แตกต่างกับอิมัลชันสูตรควบคุม (Control) แต่อิมัลชันของไส้กรอกที่ทดแทนน้ำมันด้วยน้ำมันพืชพรีอิมัลซิไฟด์ ร้อยละ 50 จะมีปริมาณไขมันที่ปล่อยออกมา (%FR) น้อยกว่าสูตรควบคุม ดังนั้นการใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิไฟด์ในปริมาณที่เหมาะสมส่งผลให้ปริมาณของเหลวทั้งหมดที่ปลดปล่อยออกมาลดลงจึงทำให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกมีค่าความคงตัวมากขึ้น

ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ (PO) ต่อค่าการสูญเสียระหว่างการทำให้สุก (Cooking loss) และร้อยละผลผลิตที่ได้ (Cooking yield) พบว่าในการเพิ่มปริมาณน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ร้อยละ 50, 75, และ 100 (w/w) ตามลำดับ ในผลิตภัณฑ์ทำให้ค่าการสูญเสียระหว่างการทำให้สุก (Cooking loss) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยปริมาณน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ร้อยละ 50 มีค่าการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด ในขณะที่ปริมาณน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ร้อยละ 75 และร้อยละ100 มีค่าการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด จะเห็นได้ว่าการเพิ่มปริมาณของน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ช่วยเพิ่มความคงตัวของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชได้ดี ซึ่งผลการศึกษานี้สอดคล้องกับวิจัยของ Asuming-Bediako et al. (2014) พบว่าการใช้น้ำมันพืชคาโนล่าและน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันที่พรีอิมัลซิฟายด์ด้วยโปรตีนถั่วเหลือง มีผลทำให้ค่าการสูญเสียระหว่างทำให้สุกของไส้กรอกแบบอังกฤษ (UK-Style sausage) ลดลง โดย Gao et al. (2013) กล่าวว่าค่าการสูญเสียระหว่างทำให้สุกลดลงในทุกตัวอย่างที่มีการใส่โปรตีนถั่วเหลืองสกัด บ่งบอกถึงความสามารถในการจับน้ำและไขมันอย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการวิเคราะห์ค่ากิจกรรมของน้ำ (a_w) ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืช พรีอิมัลซิฟายด์ พบว่า ไม่มีผลต่อค่ากิจกรรมของน้ำ (a_w) ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้นำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ พบว่า การเพิ่มปริมาณน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ (PO) ที่เพิ่มขึ้นมีค่า L* ($P < 0.05$) ลดลง แต่มีค่าสี a* ($P < 0.05$) และ b* ($P < 0.05$) เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (น้ำมันพืชคาโนล่า) การเพิ่มปริมาณน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ (PO) เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ไส้กรอกมีสีคล้ำขึ้น โดยไส้กรอกที่เพิ่มปริมาณน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ (PO-50 และ PO-100) มีค่าสี L*, a* และ b*

มีความแตกต่างบชุดควบคุม ซึ่งในการเพิ่มปริมาณน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ (PO) ร้อยละ 75 และ 100 สีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอก จะมีลักษณะเปลี่ยนสีเข้มมากขึ้น

ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ต่อคุณลักษณะคุณภาพผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืช 3 สูตร ด้วยเครื่องตรวจลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มปริมาณน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ (PO) ร้อยละ 50, 75, และ 100 (w/w) ตามลำดับ มีคุณลักษณะเนื้อสัมผัสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) พบว่าปริมาณน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ (PO) ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ไส้กรอกมีค่าความแน่นเนื้อ, ค่าความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว และค่าความเหนียวยึดติด ลดลง ($P<0.05$) และปริมาณน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ (PO) ที่เพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 75 มีค่าความยืดหยุ่น และค่าความสามารถในการยึดเกาะ เพิ่มขึ้น ($P<0.05$) แสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำมันพืชคาโนล่าเพียงอย่างเดียวให้ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสที่แตกต่างกับน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.4 คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของปริมาณน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ต่อคุณลักษณะไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืช

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	คะแนนความชอบ			
	Control	PO-50	PO-75	PO-100
ด้านลักษณะปรากฏ	7.80±0.68^{b}	6.13±0.79^{d}	**8.58±0.50^{a}**	6.72±0.45^{c}
ด้านสี	8.12±0.90^{b}	6.40±0.96^{d}	**8.60±0.49^{a}**	7.37±0.76^{c}
ด้านกลิ่นรส	7.75±0.60^{b}	6.63±1.26^{c}	**8.10±0.30^{a}**	7.67±0.66^{b}
ด้านลักษณะเนื้อสัมผัส(ความแน่นเนื้อ)	8.05±0.89^{b}	5.83±0.59^{d}	**8.97±0.18^{a}**	6.63±0.61^{c}
ด้านความชอบโดยรวม	7.87±0.72^{b}	5.85±0.58^{d}	**8.97±0.18^{a}**	6.43±0.50^{c}

หมายเหตุ: a, b, c, d คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสปริมาณน้ำมันพืชอิมัลซิฟายด์ต่อคุณลักษณะไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืช โดยหาปริมาณน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ (PO) ที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืช แปรปริมาณของน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ร้อยละ 50, 75, และ100 (w/w) ตามลำดับ

จากการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่าไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชที่มีปริมาณของน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ร้อยละ 75 มีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสดีที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังนั้นการใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชสูตร PO-75 เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นได้

4.3 ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์

ผลการวิเคราะห์คุณค่างทางโภชนาการต่อส่วนที่รับประทาน 100 กรัม ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาไก่ และผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ที่ได้รับการยอมรับนำผลการศึกษามาเปรียบเทียบคุณภาพทางโภชนาการในน้ำหนัก 100 กรัม แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 คุณค่าทางโภชนการของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาไก่สูตรพื้นฐาน และผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์

คุณค่าทางโภชนการ	ไส้กรอกเวียนนาไก่สูตรพื้นฐาน	ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์	ร้อยละการเปลี่ยนแปลง
พลังงานทั้งหมด(กิโลแคลอรี่)	207.27	189.54	- 8.55
ไขมัน (กรัม)	15.27	10.10	- 33.86
โปรตีน (กรัม)	13.91	15.90	+ 14.31
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	3.55	8.76	+ 146.76
เถ้า (กรัม)	2.26	2.13	- 5.75
ความชื้น (กรัม)	65.01	63.08	- 2.97

ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาไก่สูตรพื้นฐาน และผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชที่ใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ โดยการศึกษาเปรียบเทียบกัน พบว่าไส้กรอกเวียนนาไก่ให้พลังงานทั้งหมดมากกว่าไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์มีพลังงานลดลงร้อยละ 8.55 ปริมาณไขมันของไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ลดลง ร้อยละ 33.86 ซึ่งในส่วนผสมของน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์มีส่วนผสมของ

น้ำมันพืชเพียงร้อยละ 16 จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชที่ใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์มีปริมาณไขมันที่ลดลงอีกด้วย ในส่วนของปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้นด้วยไส้กรอกโปรตีนพืชมีส่วนผสมของโปรตีนกลูเตน และในน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ยังมีส่วนผสมของโปรตีนถั่วเหลืองสกัด แป้งรำข้าว ทำให้ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชมีปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้น ร้อย 14.31 และปริมาณของคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้นร้อยละ 146.76 จึงมีผลให้พลังงานทั้งหมดของไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชต่ำกว่าไส้กรอกเวียนนาไก่สูตรพื้นฐาน

4.4 ผลการเปรียบเทียบของต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์ไส้กรอก

ผลการเปรียบเทียบระหว่างมันแข็งหมูและน้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแสดงดังตารางที่ 4.6 และตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.6 ต้นทุนมันแข็งหมู

Ingredient	Recipe Amount		Cost/Unit	Cost/Recipe	Waste	Price	Quantity	Unit
Lard	200	g	0.15	29.00		145	1000	g
Total Cost				**29.00**				

Total Cost 1000 g./ Price: **145 baht.**

ตารางที่ 4.7 ต้นทุนน้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์

Ingredient	Recipe Amount		Cost/Unit	Cost/Recipe	Waste	Price	Quantity	Unit
Canola oil	160	g	0.10	15.84		99	1000	g
Soy Protein	10	g	0.21	2.10		210	1000	g
Rice Brand Oil	10	g	0.14	1.40		140	1000	g
Water	160	g	0.00	0.00		0	1000	g
Total Cost				**19.00**				
Total Cost per Gram				0.06				

Net amount: 320 gram

Total Cost 1000 g./ Price: 60 baht.

ผลการเปรียบเทียบระหว่างกลูเตนและสันในไก่ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแสดงดังตารางที่ 4.8 และตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.8 ต้นทุนกลูเตน

Ingredient	Recipe Amount		Cost/Unit	Cost/Recipe	Waste	Price	Quantity	Unit
All Purpose								
Flour	1000	g	0.05	45.00		45	1000	G
Water	600	g	0.00	0.00			1000	G
Total Cost				**45.00**				
Total Cost per Gram				0.10				

Net amount: 500 gram.

Total Cost 1000 g./ Price: 90 baht.

ตารางที่ 4.9 ต้นทุนสันในไก่

Ingredient	Recipe Amount		Cost/Unit	Cost/Recipe	Waste	Price	Quantity	Unit	Real Unit
Tenderloin									
Chicken	1000	g	0.12	127.78	10%	115	1000	g	0.13
Total Cost				**127**					

Total Cost 1000 g./ Price: 127 baht.

ผลการเปรียบเทียบระหว่างไส้กรอกเวียนนาไก่และไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์แสดงดังตารางที่ 4.10 และตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.10 ต้นทุนไส้กรอกเวียนนาไก่

Ingredient	Recipe Amount		Cost/Unit	Cost/Recipe	Waste	Price	Quantity	Unit	Real Unit
Tenderloin Chicken	1000	g	0.12	127.78	10%	115	1000	g	0.13
Lard	200	g	0.15	29.00		145	1000	g	
Ice	240	g	0.02	4.32		18	1000	g	
Salt	15	g	0.01	0.21		14	1000	g	
Prague Powder	6	g	0.07	0.43		72	1000	g	
Phosphate	10	g	0.15	1.50		150	1000	g	
White Pepper Ground	4	g	0.56	2.24		559	1000	g	
Cinnamon Powder	1	g	0.50	0.50		500	1000	g	
Sugar	16	g	0.02	0.37		23	1000	g	
Onion Chopped	25	g	0.04	1.03	10%	37.00	1000	g	0.04
Smoke Flavor	20	g	0.90	17.94		897	1000	g	
Garlic Powder	6	g	0.65	3.90		650	1000	g	
Ground Nutmeg	2	g	1.24	2.48		1240	1000	g	
Paprika Powder	15	g	0.38	5.63		375	1000	g	
Total Cost				**196**					
Operation Cost				0.10					
Total Cost Per Recipe				**216**					
Total cost 1000 g.				**123**	**27%**	COG	**450**	SP	
Total Cost 1 por./ 5 pcs/ 250 g.				**31**	**26%**	COG	**120**	SP	

Net amount: 1750 gram. (35 pcs.)

1 pcs. : 50 gram.

ตารางที่ 4.11 ต้นทุนไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์

Ingredient	Recipe Amount		Cost/Unit	Cost/Recipe	Waste	Price	Quantity	Unit	Real Unit
Gluten	1000	g	0.09	105.88	15%				0.11
Pre-Emulsified Oil	150	g	0.06	22.84	15%				0.15
Canola oil	50	g	0.10	4.95		99	1000	g	
Ice	240	g	0.02	4.32		18	1000	g	
Salt	15	g	0.01	0.21		14	1000	g	
Phosphate	4	g	0.15	0.60		150	1000	g	
Prague Powder	6	g	0.07	0.43		72	1000	g	
Onion Chopped	25	g	0.04	1.03	10%	37	1000	g	0.04
Sugar	16	g	0.02	0.37		23	1000	g	
White Pepper Ground	4	g	0.56	2.24		559	1000	g	
Cinnamon Powder	1	g	0.50	0.50		500	1000	g	
Garlic Powder	6	g	0.65	3.90		650	1000	g	
Ground Nutmeg	2	g	1.24	2.48		1240	1000	g	
Paprika Powder	15	g	0.38	5.63		375	1000	g	
Smoke Flavor	20	g	0.90	17.94		897	1000	g	
Total Cost				**155**					
Operation Cost				0.10					
Total Cost Per Recipe				**171**					
Total cost 1000 g.				**98**	**26%**	COG	**380**	SP	
Total Cost 1 por./5 pcs/ 250 g.				**24**	**22%**	COG	**109**	SP	

Net amount: 1750 gram. (35 pcs.)

1 pcs. : 50 gram.

ผลการเปรียบเทียบของต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์ไส้กรอก พบว่า เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างต้นทุนน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ราคา 60 บาท / 1000 กรัม และต้นทุนมันแข็งหมูราคา 145 บาท / 1000 กรัม แสดงให้เห็นว่าน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์มีต้นทุนที่ต่ำกว่ามันแข็งหมูร้อยละ 59 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลูเตนราคา 45 บาท / 1000 กรัม และต้นทุนสันในไก่ราคา 127 บาท /1000 กรัม ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก แสดงให้เห็นว่ากลูเตนมีต้นทุนที่ต่ำกว่าสันในไก่ร้อยละ 65 และเมื่อทำการเปรียบเทียบต้นทุนไส้กรอกเวียนนาไก่ราคาต้นทุน 196 บาท และต้นทุนไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ราคาต้นทุน 155 บาท แสดงให้เห็นว่าไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์มีราคาต้นทุนที่ต่ำกว่าไส้กรอกเวียนนาไก่ร้อยละ 21

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

5.1.1 ผลของการศึกษาไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชสูตรพื้นฐาน

ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชที่ใช้กลูเตนทดแทนเนื้อออกไก่ในไส้กรอกเวียนนาสูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร มีส่วนผสมปริมาณแตกต่างกัน ส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพและผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยไส้กรอกเนื้อเทียมสูตรที่ 3 มีสีน้ำตาลแดงเข้มกว่าสูตรที่ 1 และ 2 และมีค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) ค่าความเหนียวยึดติด (Gumminess) และค่าความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว (Chewiness) สูงกว่าสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 และผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชสูตรที่ 3 มากกว่าสูตรที่ 1 และ 2 ($p \leq 0.05$) ในทุกคุณลักษณะทั้งด่านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความแน่นเนื้อ) และความชอบโดยรวม

5.1.2 ผลการศึกษาไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์

ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชที่ใช้กลูเตนแทนเนื้อออกไก่ และทดแทนน้ำมันพืชในสูตรด้วยน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ (PO) ร้อยละ 50 75 และร้อยละ 100 มีผลต่อคุณลักษณะทางกายภาพและคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของไส้กรอก โดยการใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ทำให้ได้ลักษณะของอิมัลชันดิบมีความคงตัวมากกว่าสูตรควบคุม ผลการทดสอบเนื้อสัมผัสของไส้กรอกค่าความแน่นเนื้อ ความยืดหยุ่น ค่าความเหนียวยึดติด และค่าความคงทนเมื่อถูกเคี้ยวมีแนวโน้มลดลง ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชที่ใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ทดแทนน้ำมันพืชร้อยละ 75 ในสูตรไส้กรอกเนื้อเทียมได้รับการยอมรับมากกว่าไส้กรอกที่ใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ทดแทนน้ำมันพืชปริมาณร้อยละ 50 และร้อยละ 100 ($p \leq 0.05$)

5.1.3 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์

ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชที่ใช้กลูเตนแทนเนื้อไก่และทดแทนน้ำมันพืชในสูตรด้วยน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ (PO) ร้อยละ 75 มีคุณค่าทางโภชนาการ ในน้ำหนัก 100 กรัม ให้พลังงาน 189.54 กิโลแคลอรี่ ไขมัน 10.10 กรัม โปรตีน 15.90 กรัม คาร์โบไฮเดรต 8.76 กรัม เถ้า 2.13 กรัม และความชื้น 63.08

เมื่อเปรียบเทียบกับไส้กรอกเวียนนาไก่สูตรพื้นฐาน พบว่า ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชที่ใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์มีค่าพลังงานลดลงร้อยละ 8.55 ปริมาณไขมันลดลง ร้อยละ 33.86 ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น ร้อยละ 14.31 และปริมาณของคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้นร้อยละ 146.76

5.1.4 ผลการเปรียบเทียบของต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์ไส้กรอก

น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์มีราคาต้นทุนต่ำกว่ามันแข็งหมูร้อยละ 59 กลูนเตนมีราคาต้นทุนที่ต่ำกว่าสันในไก่ร้อยละ 65 และผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากกลูเตนและใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์มีต้นทุนที่ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนาไก่ร้อยละ 21

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรศึกษาการใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ชนิดอื่น ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืช

5.2.2 ควรศึกษาการทดแทนเนื้อเทียมจากพืชประเภทอื่นที่ใช้ทดแทนเนื้อสัตว์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก และผลิตภัณฑ์แปรรูปเนื้อสัตว์ประเภทอื่นได้

5.2.3 ควรศึกษาอายุการเก็บรักษา เพื่อประเมินและดูการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชพร้อมบริโภค

เอกสารอ้างอิง

กองโภชนาการ. 2545. **กรดไขมันและคอเลสเตอรอลในอาหารไทย.** องค์การทหารผ่านศึก, กรุงเทพมหานคร.

กองวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ. 2563. **เนื้อไร้เนื้อ.... จากพืชและสาหร่ายอาหารแนวใหม่ไม่ง้อเนื้อสัตว์.** กองวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ, กรมประมง

กันตภณ สโลภาพ และ ธรรศ เปล่งสุริยการ. 2562. “การผลิตไส้กรอกอิมัลชันสูตรลดไขมันและเสริมโปรตีน.” **รายงานการวิจัยภายใต้โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์.** ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กันยา พลแสน, ธนกร โรจนกร และ สุทธิพงษ์ อุริยะพงศ์สรรค์. 2559. “ผลของการทดแทนมันแข็งสุกรด้วยน้ำมันรำข้าวพรีอิมัลซิฟายด์ต่อลักษณะคุณภาพของไส้กรอกเวียนนา.” **แก่นเกษตร.** 44, 2 (เมษายน-มิถุนายน): 305-314.

กานต์ธิดา วดีศริศักดิ์. 2563. “เอนไซม์กับการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของโปรตีนในอาหาร.” **วารสารอาหาร.** 50, 1: 33-40.

ขนิษฐา อินทร์ประสิทธิ. 2563. **ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่ใช้โปรตีนจากพืช (Plant-based) แทนเนื้อสัตว์.** สำนักเทคโนโลยีชุมชน กรมวิทยาศาสตร์บริการ, กรุงเทพมหานคร.

เขมิสรา ชีวพฤกษ์ และ นิพัฒน์ ลิ้มสงวน. 2565. “ผลิตภัณฑ์โปรตีนจากพืช แนวโน้มในการบริโภคยุคปัจจุบัน.” **วารสารอาหาร.** 52, 2 (เมษายน-มิถุนายน): 5-15.

ณัฏฐ์ลิตา พรจิรวิชัย. 2565 **“กลยุทธ์ในการพัฒนาการตลาดผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม (Plant Based).”** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ปริญญาการจัดการมหาบัณฑิต. วิทยาลัยการจัดการ, มหาวิทยาลัยมหิดล.

เดือนฉาย ตันนารัตน์, อัจฉรียา นพวิญญูวงศ์ และ ธนิตา ธนะกมลประดิษฐ์. 2565. “ผลของชนิดโปรตีนพืชต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืช.” **วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม.** 17, 1 (มกราคม – มิถุนายน): 1-13.

ถาวร จันทรโชติ. 2561. “ผลของการเติมคาราจีแนนต่อคุณสมบัติทางกายภาพ-เคมี และประสาทสัมผัสของไส้กรอกไขมันต่ำ.” **วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.** 28,3 (กรกฎาคม-กันยายน): 605-616.

ทองกร พลอยเพชรา. 2563. “แนวทางการวิจัยด้าน Plant-base protein.” **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** 35, 2: 36-39.

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

ธเนศ อิสระมงคลพันธุ์. 2552. **“เอกสารประกอบการสอนหลักสูตรแปรรูปผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์.”** โครงการความร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ, กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

ธเนศ อิสระมงคลพันธุ์. 2561. **“เอกสารการประกอบการสอนโครงการพัฒนาบุคลากรเพื่อการแปรรูปเนื้อสัตว์.”** คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.

นพรัตน์ ปราบสงบ. 2564. **วิทยาศาสตร์การอาหารของลิพิดและผลิตภัณฑ์.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

นักสิทธิ์ ปัญโญใหญ่. 2563. “โปรตีนจากพืช: คุณค่าโภชนาการ โครงสร้าง คุณสมบัติเชิงหน้าที่และการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร.” **การเกษตรราชภัฏ.** 19, 1: 61-69.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2548. **วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน.** พิมพ์ครั้งที่ 1. โอ.เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์, กรุงเทพมหานคร.

ปวิชญ โภชฌงค์. 2563. **“การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพและพฤติกรรมการตกผลึกของน้ำมันรำข้าวผสมรำข้าวสเตียรินสำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์สเปรด.”** สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร, คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

ปวิชญา โภชฌงค์. 2563. **“การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพและพฤติกรรมการตกผลึกของน้ำมันรำข้าวผสมรำข้าวสเตียรินสำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์สเปรด.”** สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์พระนครศรีอยุธยา หันตรา.

พัชรพร ศรีชัยนาท. 2561. **“ผลของไฮโดรคอลลอยด์ที่มีต่อสมบัติทางรีโอโลยีและทางเนื้อสัมผัสของเนื้อมังสวิรัติที่เตรียมจากถั่วเหลือง.”** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. (2562). **Gluten/กลูเตน.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0351/gluten-กลูเตน 24 พฤศจิกายน 2565.

พีรนาท สุขคุ้ม. 2564. “Plant-base food อาหารแห่งโลกอนาคต.” **อุตสาหกรรมสาร.** 63, (มีนาคม-เมษายน): 1-44.

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

มนัญญา คำวชิระพิทักษ์. 2564. “แนวทางการพัฒนาเนื้อจากพืชของไทย.” **วารสารวิจัยและนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** 2, 3 (กรกฎาคม-กันยายน): 1-13.

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. 2536. **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์.** พิมพ์ครั้งที่ 2. สหมิตรออฟเซต, กรุงเทพมหานคร.

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. 2551. **“บทปฏิบัติการวิชาเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์.”** คณะอุตสาหกรรมเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

ลักขณา รุจนะไกรกานต์. 2540. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื้อ** ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วราภรณ์ ประเสริฐ. 2564. “ผลิตภัณฑ์เนื้อเทียมชนิดความชื้นสูงโดยกระบวนการเอกซ์ทรูชันและปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณสมบัติผลิตภัณฑ์.” **วารสารอาหาร.** 51, 3 (กรกฎาคม-กันยายน): 14-22.

ศุภักษร หินแก้ว, วิภวานี หะทัยธรรม และ อุทุมพร แสนบุญส่ง. 2561. **“ผลของน้ำมันรำข้าวพรีอิมัลซิฟายด์ต่อคุณลักษณะคุณภาพของไส้กรอกเครื่องหมกไก่.”** โครงงานพิเศษทางอาหารและโภชนาการ. ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

สัญชัย จตุรสิทธา. 2555. **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์.** พิมพ์ครั้งที่ 4. มิ่งเมือง, เชียงใหม่.

สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ ณ กรุงเฮก. 2563. **“รายงานผลิตภัณฑ์ทดแทนเนื้อสัตว์ราชอาณาจักรเนเธอร์แลนด์.”** สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ ณ กรุงเฮก ราชอาณาจักรเนเธอร์แลนด์.

สุนันท์ วิทิตสิริ. 2559. **รู้จักกับ น้ำมันและไขมันปรุงอาหาร.** โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

สุวิทย์ ทิพอุเทน, ภาคภูมิ ซอหนองบัว และ สายัณห์ สืบผาง. 2564. “ผลของการใช้เมล็ดทานตะวันไขมันเต็มปนต่อสมรรถนะการผลิตและคุณลักษณะซากของไก่เนื้อ.” **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ.** 1, 2 (กรกฎาคม – ธันวาคม): 23-29.

หทัยกาญ ทองใส. 2559. “**การดัดแปลงเวย์โปรตีนด้วยสารประกอบฟีนอลิกและการประยุกต์ใช้ในไส้กรอกอิมัลชัน.”** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.

อัมรินา แวมง. 2554. **“การเตรียมน้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์จากโปรตีนถั่วเหลืองไฮโดรไลเสท และประยุกต์ใช้ในไส้กรอกไก่อิมัลชัน.”** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

Alagawany, M., Farag, M. R., Abd El-Hack, M. E., & Dhama, K. 2015. "The practical application of sunflower meal in poultry nutrition." **Review Article.** 3, 12: 634-648.

Amagliani, L., J. O'Regan, A.L. Kelly, and J.A.O'Mahony. 2017. "The composition,extraction, functionality and applications of rice proteins." **Food Science & Technology.** 64: 1–12.

Arora, B., Kamal, S., & Sharma, V. P. 2017. "Effect of binding agents on quality characteristics of mushroom based sausage analogue." **Journal of Food Processing and Preservation.** 41, 5: e13134.

Asuming-Bediako, N., Jaspal, M. H., Hallett, K., Bayntun, J., Baker, A., & Sheard, P. R. 2014. "Effects of replacing pork backfat with emulsified vegetable oil on fatty acid composition and quality of UK-style sausages." **Meat science.** 96, 1: 187-194.

Bakhsh, A., Lee, S. J., Lee, E. Y., Sabikun, N., Hwang, Y. H., & Joo, S. T. 2021. "A novel approach for tuning the physicochemical, textural, and sensory characteristics of plant-based meat analogs with different levels of methylcellulose concentration." **Foods.** 10, 3: 560.

Biesiekierski, J. R. 2017. "What is gluten?." Journal of gastroenterology and hepatology. 32: 78-81.

Bobbio, F. O., & Bobbio, P. A. 1992. "Introdução à química de alimentos." **In Introdução à química de alimentos.** pp. 232.

Bolger, Z., Brunton, N. P., & Monahan, F. J. 2018. "Impact of inclusion of flaxseed oil (pre-emulsified or encapsulated) on the physical characteristics of chicken sausages." **Journal of Food Engineering.** 230: 39-48.

Carbonaro, M., Maselli, P., & Nucara, A. 2012. "Relationship between digestibility and secondary structure of raw and thermally treated legume proteins: a Fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopic study." **Amino acids.** 43, 2: 911-921.

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

Chen, H., Wang, J., Cheng, Y., Wang, C., Liu, H., Bian, H., ... & Han, W. 2019. "Application of protein-based films and coatings for food packaging." **Polymers.** 11, 12: 2039.

CHEVA-ISARAKUL, B. O. O. N. L. O. M., & TANGTAWEEWIPAT, S. 1991. "Effect of different levels of sunflower seed in broiler rations." **Poultry Science.** 70, 11: 2284-2294.

Curtain, F., & Grafenauer, S. 2019. "Plant-based meat substitutes in the flexitarian age: an audit of products on supermarket shelves." **Nutrients.** 11, 11: 2603.

Fasuan, T. O., Gbadamosi, S. O., & Omobuwajo, T. O. 2018. "Characterization of protein isolate from Sesamum indicum seed: In vitro protein digestibility, amino acid profile, and some functional properties." **Food Science & Nutrition.** 6, 6: 1715-1723.

Gao, L., Huang, Y. P., & Gao, X. C. 2013. "Influence of pre-emulsified sunflower oil used for pork backfat replacement in sika deer (cervus nippon hortulorum*) frankfurter." **Food Science and Technology Research.** 19, 5: 773-780.

Hertzler, S. R., Lieblein-Boff, J. C., Weiler, M., & Allgeier, C. 2020. "Plant proteins: Assessing their nutritional quality and effects on health and physical function." **Nutrients.** 12, 12: 3704.

Hoseney, R. C. 1994. "Principles of cereal science and technology (No. Ed. 2). American Association of Cereal Chemists (AACC)." : 378.

Jain, A., Prakash, M., & Radha, C. 2015. "Extraction and evaluation of functional properties of groundnut protein concentrate." **Journal of food science and technology.** 52, 10: 6655-6662.

Joye, I. 2019. "Protein digestibility of cereal products." **Foods.** 8, 6: 199.

Kang, Z. L., Chen, F. S., & Ma, H. J. 2016. "Effect of pre-emulsified soy oil with soy protein isolate in frankfurters: A physical-chemical and Raman spectroscopy study." **LWT.** 74: 465-471.

Kayaardı, S., & Gök, V. 2004. "Effect of replacing beef fat with olive oil on quality characteristics of Turkish soudjouk (sucuk)." **Meat science.** 66, 1: 249-257.

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

King Rice Oil Group. 2017. Rice Bran Oil. [Online] Available form: https://kingriceoilgroup.com/en/food/rice-bran-oil, 1 February 2022.

Kucek, L. K., Veenstra, L. D., Amnuaycheewa, P., & Sorrells, M. E. 2015. "A grounded guide to gluten: how modern genotypes and processing impact wheat sensitivity." **Food Science and Food Safety.** 14, 3: 285-302.

Kucek, L. K., Veenstra, L. D., Amnuaycheewa, P., & Sorrells, M. E. 2015. "A grounded guide to gluten: how modern genotypes and processing impact wheat sensitivity." **Food Science and Food Safety.** 14, 3: 285-302.

Liu, X., Ji, L., Zhang, T., Xue, Y., & Xue, C. 2019. "Effects of pre-emulsification by three food-grade emulsifiers on the properties of emulsified surimi sausage." **Journal of Food Engineering.** 247: 30-37.

Lynn C.K. 1987. "Meat Emulsions. Proceedings of the Eighth Annual Sausage and Processed MeatsShort Course." **The Ohio State University.**

Malik, M. A., Sharma, H. K., & Saini, C. S. 2017. "High intensity ultrasound treatment of protein isolate extracted from dephenolized sunflower meal: Effect on physicochemical and functional properties." **Ultrasonics Sonochemistry.** 39: 511-519.

McClements, D. J., & Grossmann, L. 2021. "The science of plant-based foods: Constructing next-generation meat, fish, milk, and egg analogs." **Food Science and Food Safety.** 20, 4: 4049-4100.

Mishra, R. 2013. **"Punjab Technical University, Jalandhar, Punjab (India). Studies on Rice Bran Oil."** For the Degree of Doctor of Philosophy In Food Technology. Department of Food Engineering and Technology, Sant Longowal Institute of Engineering and Technology.

Mohamed, A., M.P. Hojilla-Evangelista, S.C. Peterson, and G. Biresaw. 2007. "Barley thermally treated legume proteins: a Fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopic study." **Amino acids**. 43, 2: 911–921.

Nosworthy, N., & Caldwell, R. A. 1987. "The zinc (II) binding sites of soya bean glycinin." **Journal of the Science of Food and Agriculture.** 41, 1: 55-63.

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

Ortolan, F., & Steel, C. J. 2017. "Protein characteristics that affect the quality of vital wheat gluten to be used in baking: A review." **Food Science and Food Safety.** 16, 3: 369-381.

Preichardt, L.D. and Gularte, M.A. 2021. "GLUTEN FORMATION, ITS SOURCES, COMPOSITION AND HEALTH EFFECTS." **ResearchGate.** 7, 7: 1-16.

Rhim, J. W., Gennadios, A., Fu, D., Weller, C. L., & Hanna, M. A. 1999. "Properties of ultraviolet irradiated protein films." **LWT-Food Science and Technology.** 32, 3: 129-133.

Savic, I.V. 1985. "FAO ANIMAL PRODUCTION AND HEALTH PAPER 52." **Food and Agriculture Organization of the United Nations.**

Schäfer, D., Reinelt, M., Stäbler, A., & Schmid, M. 2018. "Mechanical and barrier properties of potato protein isolate-based films." **Coatings.** 8, 2: 58.

Sdepanian, V. L., Morais, M. B. D., & Fagundes-Neto, U. 1999. "Doença celíaca: a evolução dos conhecimentos desde sua centenária descrição original até os dias atuais." **Arquivos de Gastroenterologia.** 36: 244-257.

Selvaraj, R. K., & Purushothaman, M. R. 2004. "Nutritive value of full-fat sunflower seeds in broiler diets." **Poultry Science.** 83, 3: 441-446.

Sethi, S., Tyagi, S. K., & Anurag, R. K. 2016. "Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: a review." **Journal of food science and technology.** 53, 9: 3408-3423.

Singh, A., Lahlali, R., Vanga, S. K., Karunakaran, C., Orsat, V., & Raghavan, V. 2016. "Effect of high electric field on secondary structure of wheat gluten." **International Journal of Food Properties.** 19, 6: 1217-1226.

Wadhave, A. A., Jadhav, A. I., & Arsul, V. A. 2014. "Plant proteins applications: a review." **World J. Pharm. Pharm. Sci.** 3: 702-712.

Wieser, H. 2007. "Chemistry of gluten proteins." **Food microbiology.** 24, 2: 115-119.

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

Zhang, H., Li, L., Tatsumi, E., & Kotwal, S. 2003. "Influence of high pressure on conformational changes of soybean glycinin." **Innovative Food Science & Emerging Technologies.** 4, 3: 269-275.

Zhang, J., Tian, Z., Liang, L., Subirade, M., & Chen, L. 2013. "Binding interactions of β-conglycinin and glycinin with vitamin B12." **The Journal of Physical Chemistry B.** 117, 45: 14018-14028.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก สูตรและกรรมวิธีการผลิตไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชสูตรพื้นฐาน
สูตรและกรรมวิธีการผลิตไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืช
พรีอิมัลซิฟายด์
ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส และภาพถ่ายผู้ทดสอบ
ภาคผนวก ค รายงานผลการทดสอบคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ไส้กรอก
เนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ภาคผนวก ก

สูตรและวิธีการผลิตไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชสูตรพื้นฐาน
สูตรและวิธีการผลิตไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์

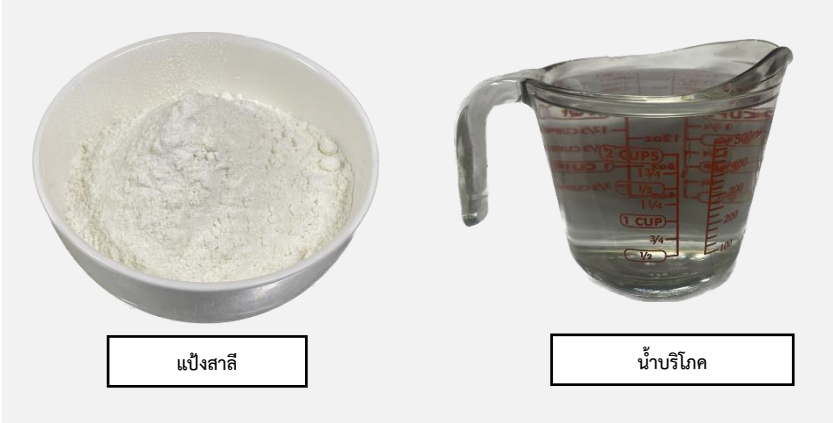
ก.1 สูตรและวิธีการผลิตไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชสูตรพื้นฐาน

ก.1.1 สูตรและการเตรียมกลูเตน แสดงดังตารางที่ ก.2.1

ตารางที่ ก.1 วัตถุดิบและส่วนผสมกลูเตนที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืช

วัตถุดิบ	**ปริมาณส่วนผสมในสูตร(กรัม)**	
	กรัม	**ร้อยละ**
แป้งสาลีอเนกประสงค์	1000	62.50
น้ำบริโภค	600	37.50

ที่มา: ศุภักษร (2565)



ภาพที่ ก.1 วัตถุดิบส่วนผสมการเตรียมกูลเตน

กรรมวิธีการผลิตกลูเตน

1. เทแป้งสาลีอเนกประสงค์ลงกะละมังที่เตรียมไว้
2. ค่อย ๆ เทน้ำลงไป
3. นวดให้ส่วนผสมเข้ากันดีจนเนื้อเนียนเป็นโด
4. พักแป้งในกะละมังที่นวด ปิดฝา พักแป้ง 2 ชั่วโมง
5. ล้างน้ำให้สะอาด ล้างจนน้ำแป้งไหลผ่านออกหมด จนน้ำล้างใสสะอาด
6. พักกลูเตนในตู้เย็น
7. ตัดเป็นชิ้นหั่นเต๋าแล้วนำมาใช้งาน

ภาพที่ ก.2 ขั้นตอนการผลิตกลูเตน

ก.1.2 สูตรพื้นฐานการผลิตไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชที่นำมาศึกษาจำนวน 3 สูตร แสดงดังตารางที่ ก.2

ตารางที่ ก.2 การคัดเลือกสูตรพื้นฐานการผลิตไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืช

วัตถุดิบ	ปริมาณส่วนผสมในสูตร(กรัม)					
	สูตรที่ 1		สูตรที่ 2		สูตรที่ 3	
	กรัม	ร้อยละ	กรัม	ร้อยละ	กรัม	ร้อยละ
กลูเตน	1000	55.96	1000	55.71	1000	64.27
ผงฟู	0	0.00	3	0.17	0	0.00
น้ำมันพืชคาโนล่า	335	18.75	360	20.06	200	12.85
น้ำแข็ง	335	18.75	330	18.38	240	15.42
เกลือ	13	0.73	14	0.78	15	0.96
ผงเพรก	13	0.73	11	0.61	8	0.51
ผงฟอสเฟต	10	0.56	4	0.22	4	0.26
พริกไทยป่น	4	0.22	3	0.17	4	0.26
อบเชยป่น	1	0.06	1	0.06	1	0.06
น้ำตาลทรายขาว	14	0.78	15	0.84	16	1.03
หอมใหญ่สับ	33	1.85	25	1.39	25	1.61
ผงรมควัน	20	1.12	20	1.11	20	1.29
กระเทียมผง	0	0.00	0	0.00	6	0.39
ลูกจันทน์ป่น	3	0.17	3	0.17	2	0.13
ผงปาปริก้า	6	0.34	6	0.33	15	0.96

ที่มา: สูตรที่ 1 ดัดแปลงจากธเนศ (2552)

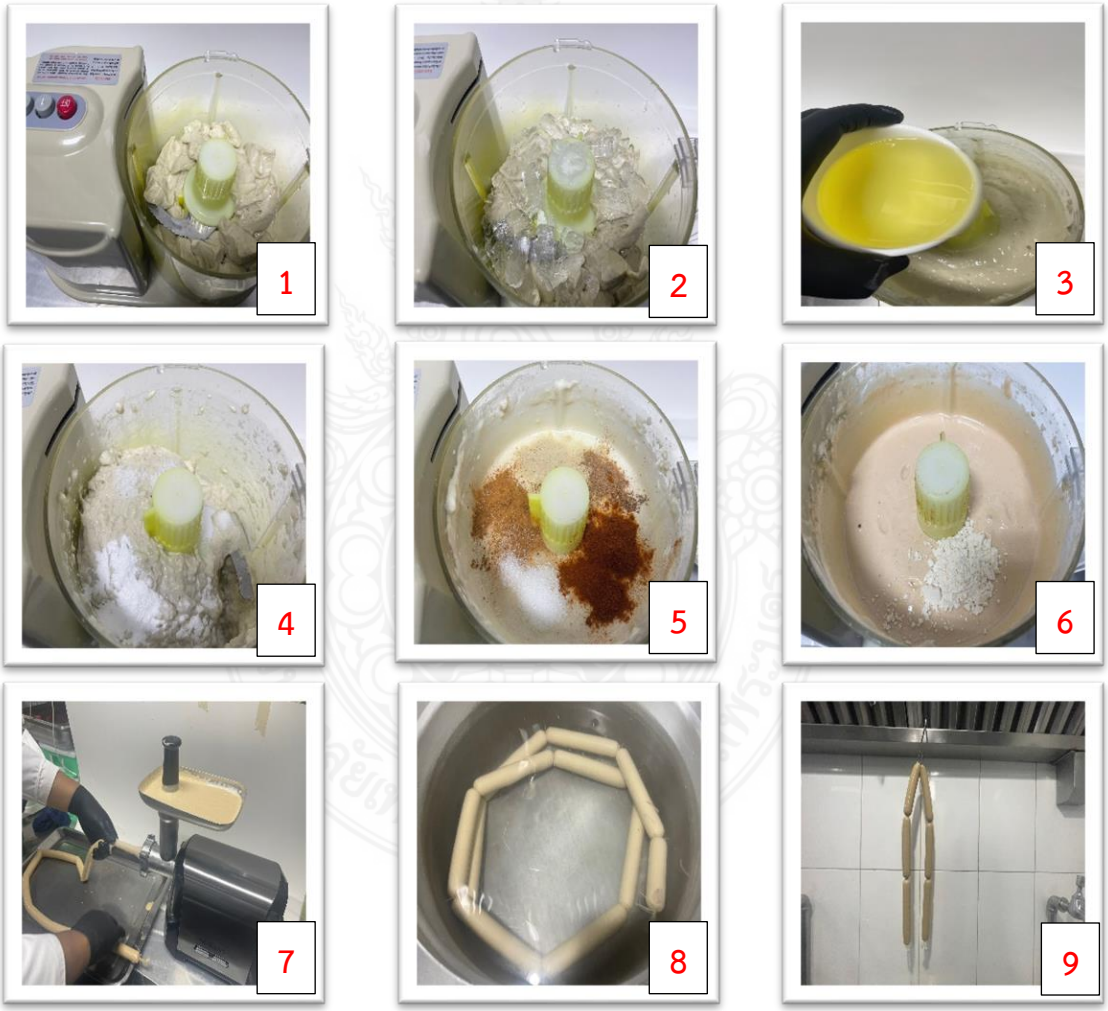
สูตรที่ 2 ดัดแปลงจากธเนศ (2561)

สูตรที่ 3 ดัดแปลงจากเยาวลักษณ์ (2551)

ภาพที่ ก.3 สูตรพื้นฐานการผลิตไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชดัดแปลงจากธเนศ (2552)

กรรมวิธีการผลิตสูตรพื้นฐานไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชสูตรที่ 1

1. บดเนื้อเทียมจากพืชให้เนื้อเนียนละเอียด
2. เติมน้ำแข็งลงไปสับผสมเนื้อเทียมจากพืช
3. บดจนน้ำแข็งละเอียดจึงนำน้ำแข็งออกจากเครื่อง
4. เติมน้ำมันคาโนล่าปั่นผสมจนมันกระจายทั่ว
5. สับส่วนผสมตามสูตรประมาณ 1 นาที เติมเครื่องปรุงทั้งหมด สับต่อจนส่วนผสมมีลักษณะเนียน
6. หยุดเครื่องนำส่วนผสมที่ติดฝาเครื่องลงมา เติมผงรมควัน ปั่นส่วนผสมต่ออีก 1 นาที
7. ย้ายส่วนผสมมาใส่เครื่องบรรจุไส้ บรรจุไส้เซลลูโลส มัดเป็นปล้อง แขวนเรียง อย่าให้ชิดกัน
8. ต้มในอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส จนสุก
9. ผึ่งให้เย็น แล้วตัดแยกบรรจุลงถุงสุญญากาศ



ภาพที่ ก.4 ขั้นตอนการผลิตไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชสูตรที่ 1

ภาพที่ ก.5 สูตรพื้นฐานการผลิตไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชดัดแปลงจากธเนศ (2561)

<u>กรรมวิธีการผลิตสูตรพื้นฐานไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชสูตรที่ 2</u>

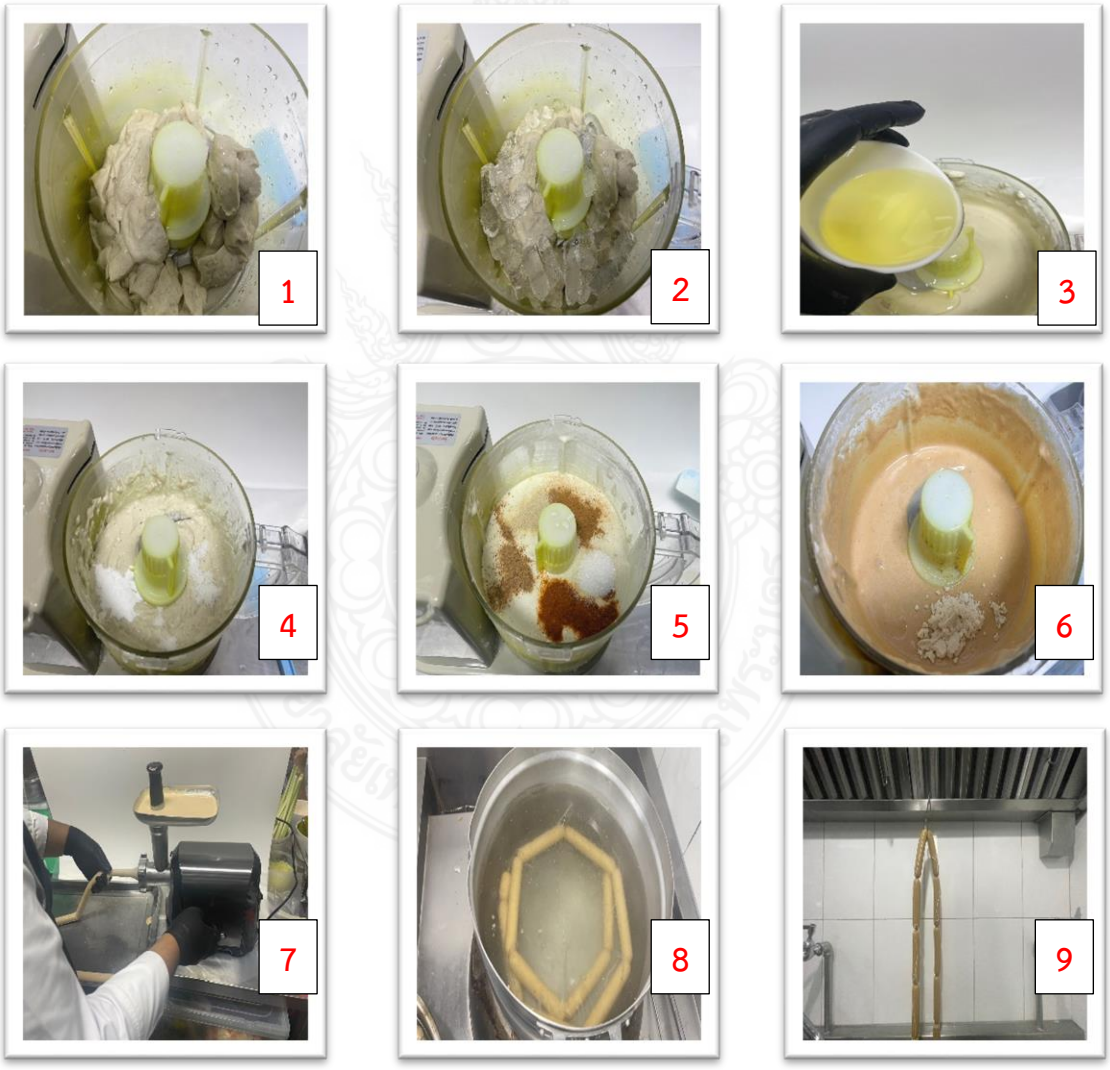
1. บดเนื้อเทียมจากพืชให้เนื้อเนียนละเอียด
2. เติมน้ำแข็งลงไปสับผสมเนื้อเทียมจากพืช
3. บดจนน้ำแข็งละเอียดจึงนำน้ำแข็งออกจากเครื่อง
4. เติมน้ำมันคาโนล่าปั่นผสมจนมันกระจายทั่ว
5. สับส่วนผสมตามสูตรประมาณ 1 นาที เติมเครื่องปรุงทั้งหมด สับต่อจนส่วนผสมมี ลักษณะเนียน
6. หยุดเครื่องนำส่วนผสมที่ติดฝาเครื่องลงมา เติมผงรมควัน ปั่นส่วนผสมต่ออีก 1 นาที
7. ย้ายส่วนผสมมาใส่เครื่องบรรจุไส้ บรรจุไส้เซลลูโลส มัดเป็นปล้อง แขวนเรียง อย่าให้ชิดกัน
8. ต้มในอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส จนสุก
9. ผึ่งให้เย็น แล้วตัดแยกบรรจุลงถุงสุญญากาศ

ภาพที่ ก.6 ขั้นตอนการผลิตไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชสูตรที่ 2

ภาพที่ ก.7 สูตรพื้นฐานการผลิตไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชดัดแปลงจากเยาวลักษณ์ (2551)

กรรมวิธีการผลิตสูตรพื้นฐานไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชสูตรที่ 3

1. บดเนื้อเทียมจากพืชให้เนื้อเนียนละเอียด
2. เติมน้ำแข็งลงไปสับผสมเนื้อเทียมจากพืช
3. บดจนน้ำแข็งละเอียดจึงนำน้ำแข็งออกจากเครื่อง
4. เติมน้ำมันคาโนล่าปั่นผสมจนมันกระจายทั่ว
5. สับส่วนผสมตามสูตรประมาณ 1 นาที เติมเครื่องปรุงทั้งหมด สับต่อจนส่วนผสมมีลักษณะเนียน
6. หยุดเครื่องนำส่วนผสมที่ติดฝาเครื่องลงมา เติมผงรมควัน ปั่นส่วนผสมต่ออีก 1 นาที
7. ย้ายส่วนผสมมาใส่เครื่องบรรจุไส้ บรรจุไส้เซลลูโลส มัดเป็นปล้อง แขวนเรียง อย่าให้ชิดกัน
8. ต้มในอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส จนสุก
9. ผึ่งให้เย็น แล้วตัดแยกบรรจุลงถุงสุญญากาศ



ภาพที่ ก.8 ขั้นตอนการผลิตไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชสูตรที่ 3

ภาพที่ ก.9 ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชสุกดัดแปลงจากธเนศ (2552)

ภาพที่ ก.10 ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชสุกดัดแปลงจากธเนศ (2561)

ภาพที่ ก.11 ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชสุกดัดแปลงจากเยาวลักษณ์ (2551)

ก.2 สูตรและวิธีการผลิตไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์

ก.2.1 สูตรไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ที่นำมาศึกษา จำนวน 4 สูตร แสดงดังตารางที่ ก.2

ตารางที่ ก.3 สูตรไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์

วัตถุดิบ	ปริมาณส่วนผสมในสูตร(กรัม)							
	PO-0		PO-50		PO-75		PO- 100	
	กรัม	ร้อยละ	กรัม	ร้อยละ	กรัม	ร้อยละ	กรัม	ร้อยละ
กลูเตน	1000	64.27	1000	64.27	1000	64.27	1000	64.27
น้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์(PO)	0	0.00	0	0.00	150	9.64	200	12.85
น้ำมันพืชคาโนล่า	200	12.85	200	12.85	50	3.21	0	0.00
น้ำแข็ง	240	15.42	240	15.42	240	15.42	240	15.42
เกลือ	15	0.96	15	0.96	15	0.96	15	0.96
ผงเพรก	8	0.51	8	0.51	8	0.51	8	0.51
ผงฟอสเฟต	4	0.26	4	0.26	4	0.26	4	0.26
พริกไทยป่น	4	0.26	4	0.26	4	0.26	4	0.26
อบเชยป่น	1	0.06	1	0.06	1	0.06	1	0.06
น้ำตาลทรายขาว	16	1.03	16	1.03	16	1.03	16	1.03
หอมใหญ่สับ	25	1.61	25	1.61	25	1.61	25	1.61
ผงรมควัน	20	1.29	20	1.29	20	1.29	20	1.29
กระเทียมผง	6	0.39	6	0.39	6	0.39	6	0.39
ผงปาปริก้า	15	0.96	15	0.96	15	0.96	15	0.96

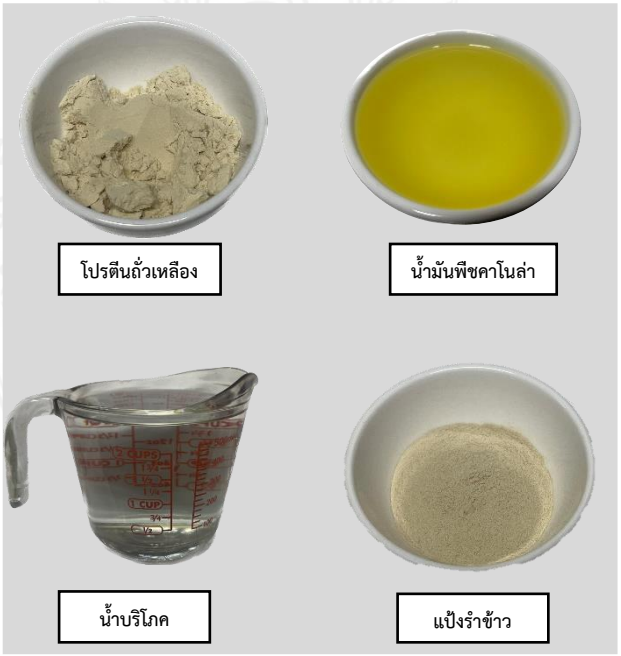
ที่มาสูตร: ดัดแปลงสูตรจากเยาวลักษณ์ (2551)

ก.2.2 สูตรน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์(PO) แสดงดังตารางที่ ก.4

ตารางที่ ก.4 สูตรน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์(PO)

วัตถุดิบ	ปริมาณที่ใช้ในสูตร(กรัม)	ร้อยละ
น้ำมันพืชคาโนล่า	160	47.06
น้ำบริโภค	160	47.06
โปรตีนถั่วเหลือง	10	2.94
แป้งรำข้าว	10	2.94

ที่มา: ศุภักษร (2561)



ภาพที่ ก.12 ส่วนผสมน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์(PO)

<u>กรรมวิธีการผลิตน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์(PO)</u>

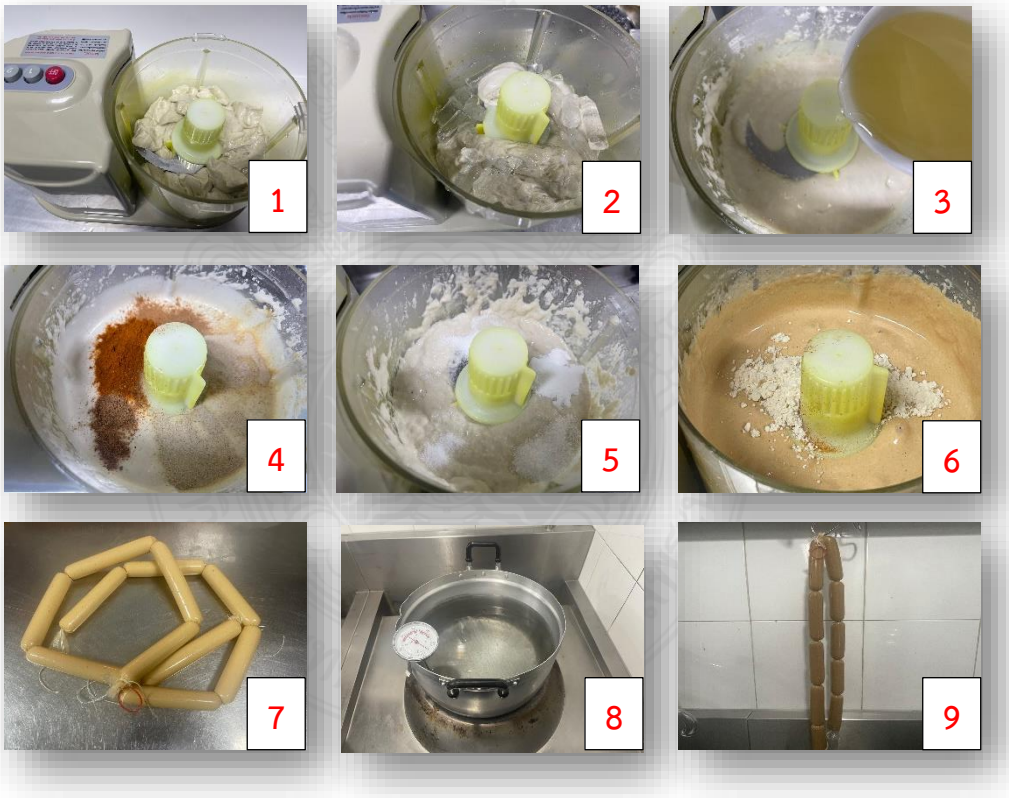
1. ปั่นโปรตีนถั่วเหลืองสกัด แป้งรำข้าว และน้ำอุ่น (60 องศาเซลเซียส) ให้ส่วนผสมเข้ากันดี ประมาณ 6 นาที
2. เติมน้ำมันพืชทีละน้อยพร้อมปั่นผสมเป็นเวลา 5 นาที ระหว่างปั่นผสมควบคุมอุณหภูมิไม่ให้เกิน 10 องศาเซลเซียส
3. หยุดเครื่อง เก็บน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ในภาชนะที่สุญญากาศ
4. แช่เย็นอุณหภูมิไม่เกิน 5 องศาเซลเซียส ก่อนนำออกมาใช้งาน

ภาพที่ ก.13 ขั้นตอนการผลิตน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์(PO)

ภาพที่ ก.14 ส่วนผสมสูตรไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ สูตร control

<u>กรรรมวิธีการผลิตไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์สูตร control</u>

1. บดเนื้อเทียมจากให้เนื้อเนียนละเอียด
2. เติมน้ำแข็งลงไปสับผสมเนื้อเทียมจากพืช
3. บดจนน้ำแข็งละเอียดจึงนำน้ำแข็งออกจากเครื่อง
4. เติมน้ำมันคาโนล่าปั่นผสมจนกระจายทั่ว
5. สับส่วนผสมตามสูตรประมาณ 1 นาที เติมเครื่องปรุงทั้งหมด สับต่อจนส่วนผสมมีลักษณะเนียน
6. หยุดเครื่องนำส่วนผสมที่ติดฝาเครื่องลงมา เติมผงรมควัน ปั่นส่วนผสมต่ออีก 1 นาที
7. ย้ายส่วนผสมมาใส่เครื่องบรรจุไส้ บรรจุไส้เซลลูโลส มัดเป็นปล้อง แขวนเรียง อย่าให้ชิดกัน
8. ต้มในอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส จนสุก
9. ผึ่งให้เย็น แล้วตัดแยกบรรจุลงถุงสุญญากาศ



ภาพที่ ก.15 ขั้นตอนการผลิตไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์สูตร control

ภาพที่ ก.16 ส่วนผสมสูตรไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ สูตร PO-50

กรรรมวิธีการผลิตไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์สูตรที่ PO-50

1. บดเนื้อเทียมจากพืชให้เนื้อเนียนละเอียด
2. เติมน้ำแข็งลงไปสับผสมเนื้อเทียมจากพืช
3. บดจนน้ำแข็งละเอียดจึงนำน้ำแข็งออกจากเครื่อง
4. เติมน้ำมันคาโนล่า และน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ปั่นผสมจนกระจายทั่ว
5. สับส่วนผสมตามสูตรประมาณ 1 นาที เติมเครื่องปรุงทั้งหมด สับต่อจนส่วนผสมมีลักษณะเนียน
6. หยุดเครื่องนำส่วนผสมที่ติดฝาเครื่องลงมา เติมผงรมควัน ปั่นส่วนผสมต่ออีก 1 นาที
7. ย้ายส่วนผสมมาใส่เครื่องบรรจุไส้ บรรจุไส้เซลลูโลส มัดเป็นปล้อง แขวนเรียง อย่าให้ชิดกัน
8. ต้มในอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส จนสุก
9. ผึ่งให้เย็น แล้วตัดแยกบรรจุลงถุงสุญญากาศ

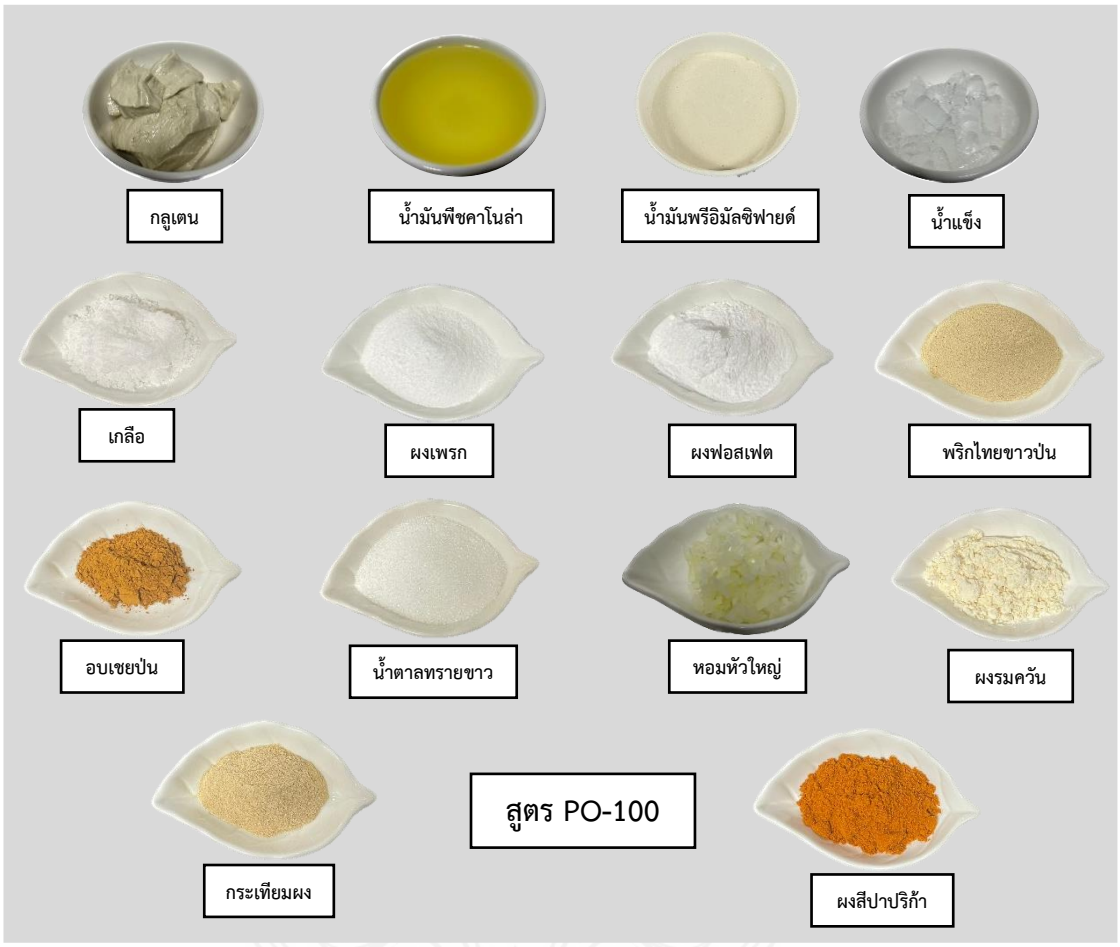
ภาพที่ ก.17 ขั้นตอนการผลิตไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์สูตรที่ PO-50

ภาพที่ ก.18 ส่วนผสมสูตรไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ สูตร PO-75

กรรรมวิธีการผลิตไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์สูตรที่ PO-75

1. บดเนื้อเทียมจากพืชให้เนื้อเนียนละเอียด
2. เติมน้ำแข็งลงไปสับผสมเนื้อเทียมจากพืช
3. บดจนน้ำแข็งละเอียดจึงนำน้ำแข็งออกจากเครื่อง
4. เติมน้ำมันคาโนล่า และน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ปั่นผสมจนกระจายทั่ว
5. สับส่วนผสมตามสูตรประมาณ 1 นาที เติมเครื่องปรุงทั้งหมด สับต่อจนส่วนผสมมีลักษณะเนียน
6. หยุดเครื่องนำส่วนผสมที่ติดฝาเครื่องลงมา เติมผงรมควัน ปั่นส่วนผสมต่ออีก 1 นาที
7. ย้ายส่วนผสมมาใส่เครื่องบรรจุไส้ บรรจุไส้เซลลูโลส มัดเป็นปล้อง แขวนเรียง อย่าให้ชิดกัน
8. ต้มในอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส จนสุก
9. ผึ่งให้เย็น แล้วตัดแยกบรรจุลงถุงสุญญากาศ

ภาพที่ ก.19 ขั้นตอนการผลิตไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์สูตรที่ PO-75



ภาพที่ ก.20 ส่วนผสมสูตรไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ สูตร PO-100

<u>กรรรมวิธีการผลิตไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์สูตรที่ PO-100</u>

1. บดเนื้อเทียมจากพืชให้เนื้อเนียนละเอียด
2. เติมน้ำแข็งลงไปสับผสมเนื้อเทียมจากพืช
3. บดจนน้ำแข็งละเอียดจึงนำน้ำแข็งออกจากเครื่อง
4. เติมน้ำมันคาโนล่า และน้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์ปั่นผสมจนกระจายทั่ว
5. สับส่วนผสมตามสูตรประมาณ 1 นาที เติมเครื่องปรุงทั้งหมด สับต่อจนส่วนผสมมีลักษณะเนียน
6. หยุดเครื่องนำส่วนผสมที่ติดฝาเครื่องลงมา เติมผงรมควัน ปั่นส่วนผสมต่ออีก 1 นาที
7. ย้ายส่วนผสมมาใส่เครื่องบรรจุไส้ บรรจุไส้เซลลูโลส มัดเป็นปล้อง แขวนเรียง อย่าให้ชิดกัน
8. ต้มในอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส จนสุก
9. ผึ่งให้เย็น แล้วตัดแยกบรรจุลงถุงสุญญากาศ

ภาพที่ ก.21 ขั้นตอนการผลิตไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์สูตรที่ PO-100

ภาพที่ ก.22 ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์สุก (PO-0)

ภาพที่ ก.23 ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์สุก (PO50-50)

ภาพที่ ก.24 ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์สุก (PO75-25)

ภาพที่ ก.25 ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์สุก (PO-100)

ภาคผนวก ข

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส
และการเก็บข้อมูลผู้ทดสอบชิม

ข.1 แบบสอบถามไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชสูตรพื้นฐาน

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส(9-point hedonic scale)

ชื่อผลิตภัณฑ์ : ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชสูตรพื้นฐาน

<u>คำชี้แจ้ง</u> แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบ่งออกเป็น 2 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 การให้คะแนนความชอบที่มีต่อคุณลักษณะของอาหารด้านต่าง ๆ

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

<u>คำแนะนำ</u> กรุณาชิมตัวอย่างทั้ง 4 ตัวอย่าง และให้คะแนนความชอบของแต่ละตัวอย่างที่ใกล้เคียงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด โดยกำหนดให้

9 = ชอบมากที่สด 8 = ชอบมาก 7 = ชอบปานกลาง
6 = ชอบน้อยที่สด 5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย
3 = ไม่ชอบปานกลาง 2 = ไม่ชอบมาก 1 = ไม่ชอบมากที่สด

และกรุณากลั้วปากระหว่างตัวอย่างทุกครั้ง

คุณลักษณะของอาหาร	**คะแนนความชอบ**		
	รหัส 635	**รหัส 264**	**รหัส 398**
ลักษณะปรากฏ			
สี			
กลิ่นรส			
ลักษณะเนื้อสัมผัส (ความแน่นเนื้อ)			
ความชอบโดยรวม			

<u>ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม</u>

.....

.....

.....

ขอบคุณสำหรับความร่วมมือในการตอบคำถาม

ข.2 แบบสอบถามไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส(9-point hedonic scale)

ชื่อผลิตภัณฑ์ : ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์

<u>คำชี้แจ้ง</u> แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบ่งออกเป็น 2 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 การให้คะแนนความชอบที่มีต่อคุณลักษณะของอาหารด้านต่าง ๆ

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

<u>คำแนะนำ</u> กรุณาชิมตัวอย่างทั้ง 4 ตัวอย่าง และให้คะแนนความชอบของแต่ละตัวอย่างที่ใกล้เคียงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด โดยกำหนดให้

9 = ชอบมากที่สด 8 = ชอบมาก 7 = ชอบปานกลาง
6 = ชอบน้อยที่สด 5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย
3 = ไม่ชอบปานกลาง 2 = ไม่ชอบมาก 1 = ไม่ชอบมากที่สุด

และกรุณากลั้วปากระหว่างตัวอย่างทุกครั้ง

คุณลักษณะของอาหาร	**คะแนนความชอบ**			
	รหัส 235	**รหัส 426**	**รหัส 839**	**รหัส 734**
ลักษณะปรากฏ				
สี				
กลิ่นรส				
ลักษณะเนื้อสัมผัส (ความแน่นเนื้อ)				
ความชอบโดยรวม				

<u>ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม</u>

.....

.....

.....

ขอบคุณสำหรับความร่วมมือในการตอบคำถาม

ข.3 ประมวลภาพการทดสอบการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ภาพที่ ข.1 เก็บข้อมูลแบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชสูตรพื้นฐาน

หมายเหตุ : ภาพถ่ายบุคคลได้รับการขออนุญาตจากผู้ทำการทดสอบแล้ว

ภาพที่ ข.2 เก็บข้อมูลแบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืช โดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์

หมายเหตุ : ภาพถ่ายบุคคลได้รับการขออนุญาตจากผู้ทำการทดสอบแล้ว

ภาคผนวก ค

รายงานผลการทดสอบคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืช โดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์

AMARC | ASIA MEDICAL AND AGRICULTURAL LABORATORY AND RESEARCH CENTER

ilac-MRA QUALITY ASSURANCE DMSc Accreditation No. 1124/50

REPORT OF ANALYSIS

Page : 1 / 1
Report No. : 22-118748
Request : 22-43766

Client Name : Mr.Supaksorn Hinkaew
Address : Baan Ice Restaurant Central Plaza Shopping Center Ladprao,Room No.406/4 Floor 4,No.1697 Phahonyothin Road, Chatuchak, Chatuchak District, Bangkok 10900
Sample Code : 22-43766-001
Sample Name : ไส้กรอกเวียนนาไก่สูตรพื้นฐาน
Description : Sample is contained in plastic box.
Sample Received Date : 02/11/2022 Tested Date : 02/11/2022

Test Item	Test Method	Result	Unit
Ash	AOAC (2019) 920.153	2.26	g/100g
Total fat	AOAC (2019) 960.39	15.27	g/100g
Moisture	AOAC (2019) 950.46 (B)	65.01	g/100g
Protein (N x 6.25)	In-house method TM-CH-017 based on AOAC (2019) 992.23	13.91	g/100g
Total Carbohydrate (Include fiber)	Darryl M. Sullivan & Donald E. Carpenter. Method of Analysis for Nutrition Labeling : 1993 Chapter 6 page 105-107	3.55	g/100g
Total Energy	Darryl M. Sullivan & Donald E. Carpenter. Method of Analysis for Nutrition Labeling : 1993 Chapter 6 page 105-107	207.27	kilocalories/100g

R. Kanjanarat
(Miss Ratcharin Kanjanarat)
Lab Manager
Issue date : 10/11/2022

Duangporn C.
(Miss Duangporn Charoenphong)
Signed for Director
Issue date : 10/11/2022

- End of Report -

Reporting the result refers to the sample as received. This report shall not be reproduced except in full, without written approval of the company.

AMARC | ASIA MEDICAL AND AGRICULTURAL LABORATORY AND RESEARCH CENTER

ilac-MRA

QUALITY ASSURANCE DMSc Accreditation No. 1124/50

REPORT OF ANALYSIS

Page : 1 / 1
Report No. : 22-118749
Request : 22-43766

Client Name : Mr.Supaksorn Hinkaew
Address : Baan Ice Restaurant Central Plaza Shopping Center Ladprao,Room No.406/4 Floor 4,No.1697 Phahonyothin Road, Chatuchak, Chatuchak District, Bangkok 10900
Sample Code : 22-43766-002
Sample Name : ไส้กรอกเนื้อเทียมจากพืชโดยใช้น้ำมันพืชพรีอิมัลซิฟายด์
Description : Sample is contained in plastic box.
Sample Received Date : 02/11/2022 Tested Date : 02/11/2022

Test Item	Test Method	Result	Unit
Ash	AOAC (2019) 920.153	2.13	g/100g
Total fat	AOAC (2019) 960.39	10.10	g/100g
Moisture	AOAC (2019) 950.46 (B)	63.08	g/100g
Protein (N x 6.25)	In-house method TM-CH-017 based on AOAC (2019) 992.23	15.90	g/100g
Total Carbohydrate (Include fiber)	Darryl M. Sullivan & Donald E. Carpenter. Method of Analysis for Nutrition Labeling : 1993 Chapter 6 page 105-107	8.76	g/100g
Total Energy	Darryl M. Sullivan & Donald E. Carpenter. Method of Analysis for Nutrition Labeling : 1993 Chapter 6 page 105-107	189.54	kilocalories/100g

R. Kanjanarat
(Miss Ratcharin Kanjanarat)
Lab Manager
Issue date : 10/11/2022

Duangporn C.
(Miss Duangporn Charoenphong)
Signed for Director
Issue date : 10/11/2022

- End of Report -

Reporting the result refers to the sample as received. This report shall not be reproduced except in full, without written approval of the company.

361 Soi Ladprao 122, Ladprao Road,
Phlabphla, Wang Thonglang, Bangkok 10310
TEL 02-516-2422
FAX 02-516-6949
CONTACT@AMARC.CO.TH
WWW.AMARC.CO.TH

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน
(Determination of crude fat)

การวิเคราะห์

การวิเคราะห์ปริมาณไขมันตามวิธี Acid Hydrolysis method (AOAC,2019)

1. นำตัวอย่างที่ผ่านการอบไล่ความชื้น และทราบน้ำหนักที่แน่นอนชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 2 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร
2. เติมเอทิลแอลกอฮอล์ 2 มิลลิลิตร และกรดไฮโดรคลอริก (25 + 11) 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันปิดขวดรูปชมพู่ด้วยกระจกนาฬิกา
3. นำไปให้ความร้อนบนอ่างควบคุมอุณหภูมิ 70 - 80 องศาเซลเซียส ประมาณ 30 - 40 นาที คนสารเป็นระยะทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
4. ถ่ายสารละลายใส่ในกรวยแยกขนาด 100 มิลลิลิตร
5. ล้างขวดรูปชมพู่ด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ 10 มิลลิลิตรแล้วเทผสมในกรวยแยก
6. ล้างอีกรอบด้วยเอทิลอีเทอร์ 25 มิลลิลิตรแล้วเทผสมใรกรวยแยก
7. ปิดจุกกรวยแยกแล้วเขย่า 1 นาทีและลดความดันในกรวยแยก
8. ล้างขวดรูปชมพู่ด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ 25 มิลลิลิตรปิดจุกและเขย่าอีก 1 นาที
9. ตั้งสารละลายให้แยกชั้น
10. ไขสารละลายชั้นล่างลงขวดรูปชมพู่ และเทสารชั้นบนผ่านสำลีปราศจากไขมันลงในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร
11. ทำการสกัดซ้ำอีก 2 ครั้งโดยใช้อีเทอร์และปิโตรเลียมอย่างละ 15 มิลลิลิตร ในการสกัดแต่ละครั้งตามลำดับ
12. เมื่อทำการสกัดครบ 3 ครั้งแล้วนำกเกอร์ที่ได้ไประเหยบนอ่างน้ำเดือด
13. นำกเกอร์ที่ได้ไปอบในตู้อบความร้อนแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง
14. .ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้นนาน 30 นาที และชั่งน้ำหนักอบซ้ำ และชั่งน้ำหนักจนได้น้ำหนักคงที่หรือผลต่างของน้ำหนักต่างกัน ≤0.05 กรัม
15. เมื่อได้น้ำหนักคงที่แล้วนำบีกเกอร์มาล้างไขมันออกด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์และลดความดัน
16. นำไปอบในตู้ความร้อนแห้งนาน 1 ชั่วโมง
17. ปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้นนาน 30 นาทีและชั่งน้ำหนัก

สูตร

ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)

$$\text{ไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{W_I - W_B - B}{W_S} \times 100$$

เมื่อ W_B = น้ำหนักบีกเกอร์เปล่าหลังอบ (กรัม)

W_T = น้ำหนักบีกเกอร์และไขมันที่ได้หลังจากอบ (กรัม)

B = ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตะกอนของแบลงค์ (กรัม)

W_S = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน
(Determination protein)

วิธีการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนตามวิธี In-house method TM-CH-039 based on. AOAC (2019)

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 0.5 - 2 กรัม ถ้าตัวอย่างเป็นของแข็งให้ชั่งใส่ลงในกระดาษกรองปราศจากไนโตรเจนห่อ และนำตัวอย่างใส่ลงในหลอดกลั่น
2. เติมตัวเร่งปฏิกิริยา (โพแทสเซียม-ซีลีเนียม) จำนวน 2 เม็ดและเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นปริมาตร 15 มิลลิลิตร
3. สวม suction tube เข้ากับหลอดกลั่นและยึดหลอดกลั่นกับ suction tube ให้แน่นด้วยยางยึด
4. วางหลอดกลั่นลงในเครื่องย่อยสารที่ปรับปุ่ม power control ไว้แล้วที่หมายเลข 5 ซึ่งความร้อนที่ตั้งไว้จะไม่ทำให้ตัวอย่างเดือดแรงขึ้นไปจนถึงคอของหลอด
5. ย่อยตัวอย่างไปอย่างน้อย 20 นาที หรือจนกระทั่งควันสีขาวเกิดขึ้นในหลอดแล้วปรับปุ่ม power control ไปที่หมายเลข 10 ย่อยตัวอย่างจนกระทั่งได้สารละลายใสและย่อยต่อไปอีกประมาณ 15 นาที
6. เมื่อย่อยตัวอย่างเสร็จตั้งทิ้งไว้ให้เย็นจนไอแก๊สหายไป
7. กลั่นโดยเครื่องกลั่น Buchi 323 หรือ Buchi 324 เติมน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตรและเติมเมทิลเรดอินดิเคเตอร์ 1 หยด
8. ใส่กรดบอริกเข้มข้น 4% จำนวน 25มิลลิลิตรลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตรเติมสารละลายอินดิเคเตอร์ผสม 4 หยดเขย่าให้เข้ากัน และวางขวดไว้บนตำแหน่งรับสารละลายที่กลั่นได้ของเครื่องกลั่น
9. นำหลอดกลั่นใส่ในเครื่องกลั่นเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 40% จนมีความเป็นด่างเกินพอ (สารละลายเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีเหลือง)
10. ทำการกลั่น และเก็บของเหลวที่กลั่นได้ในขวดรูปชมพู่ที่มีกรดบอริกอยู่ให้ได้ปริมาตร 200 มิลลิลิตร
11. ไทเทรตของเหลวที่กลั่นได้ โดยใช้สารละลายมาตรฐาน กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 นอร์มอลที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนจนถึงจุดยุติ
12. ทำแบลงค์โดนใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่าง และทำการทดสอบเหมือนตัวอย่าง

สูตร

ปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่าง

A (ร้อยละ) = $\frac{(V_A - V_B) \times 1.4007 \times N}{W}$

เมื่อ A = ปริมาณของไนโตรเจนที่ได้จากการทดสอบ (ร้อยละ)

V_A และV_B = ปริมาณของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไทเทรตตัวอย่าง(มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก (นอร์มอล)

1.4007 = มิลลิกรัมสมมูล (Milliequivalent weight) ของไนโตรเจน x 100

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

ปริมาณโปรตีนในตัวอย่าง

Protein (ร้อยละ) = A x F

เมื่อ A = ปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่าง (ร้อยละ)

B = factor ที่ใช้คำนวณโปรตีน (F = 6.25)

วิธีการวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต
(Determination of Carbohydrates)

วิธีการวิเคราะห์

คำนวณโดยใช้ความแตกต่างของน้ำหนักตัวอย่างแห้งและปริมาณองค์ประกอบอื่น ๆ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ) - 100 - (ร้อยละของโปรตีน + ร้อยละของเถ้า + ร้อยละของความชื้น + ร้อยละเส้นใย)

การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า
(Determination Ash)

วิธีวิเคราะห์

1. อบ Crucible ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่ ทำให้เย็นใน dessicater นำมาชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
2. นำตัวอย่างประมาณ 3 กรัม ชั่งใส่ Crucible ที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้วนำไปเผาด้วยไฟอ่อน ๆ จนหมดควัน
3. นำไปเผาในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียสจนกระทั่งได้เป็นเถ้าสีขาว
4. นำออกมาใส่ใน desiccator ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำมาชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

การคำนวณหาร้อยละเถ้าจากสูตร

$$\text{ร้อยละเถ้า} = \frac{\text{น้ำหนักเถ้า (กรัม)} \times 100 \text{ น้ำหนัก}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

การวิเคราะห์หาความชื้น
(Moisture content)

การวิเคราะห์หาความชื้นด้วยเครื่องวิเคราะห์ความชื้นแบบอินฟาเรด (Moisture etermination Balance รุ่น FD - 620)

วิธีการวิเคราะห์

อบจานหาความชื้นอะลูมิเนียมพร้อมด้วยฝาปิดในตู้อ้อบลมร้อน(Hot air oven) ที่อุณหภูมิ100-105 องศาเซลเซียส ประมาณ 30 นาที ทำให้เย็นในเดสิกเคเตอร์ที่อุณหภูมิห้อง

ชั่งน้ำหนักจานและฝาปิด ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนชั่งน้ำหนักตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนใส่ในจานอะลูมิเนียม ประมาณ 2 กรัม นำกลับไปอบในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียส นานประมาณ 5 ชั่วโมง โดยเปิดฝาอะลูมิเนียมเล็กน้อย จากนั้นปิดฝาแล้วนำไปทิ้งให้เย็นในเดสิกเคเตอร์ที่อุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนักจานและฝาปิดให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนทำการอบซ้ำครั้งละ 30 นาที และชั่งน้ำหนักจนกว่าจะได้น้ำหนักที่แตกต่างกันไม่ควรเกิน 2 มิลลิกรัม คำนวณปริมาณของความชื้น (ร้อยละ) ของตัวอย่างอาหาร

สูตรคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{100\times (w1 - w2)}{w1 - w2}$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักของจานอะลูมิเนียมพร้อมฝาปิด (กรัม)

W_1 คือ น้ำหนักของจานอะลูมิเนียมพร้อมฝาปิดและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_2 คือ น้ำหนักของจานอะลูมิเนียมพร้อมฝาปิดและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

หมายเหตุ : สำหรับตัวอย่างที่เก็บรักษาในตู้เย็นต้องนำมาทำการละลายให้อยู่ในอุณหภูมิห้องเสียก่อนจึงนำมาทำการวิเคราะห์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ นามสกุล นายศุภักษร หินแก้ว

วัน เดือน ปีเกิด 14 กุมภาพันธ์ 2540

ที่อยู่ปัจจุบัน 734/1 หมู่ที่ 2 ถนนทุ่งใหญ่-วัดขนาน ตำบลท่ายาง อำเภอทุ่งใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช 80240

ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	**ชื่อสถาบัน**	**ปีที่สำเร็จการศึกษา**
คหกรรมศาสตรบัณฑิต (อาหารและโภชนาการ)	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ	2561
ประกาศณียบัตรวิชาชีพ (อาหารและโภชนาการ)	วิทยาลัยอาชีวศึกษานครศรีธรรมราช	2558
มัยธยมศึกษาตอนต้น(วิทย์-คณิต)	โรงเรียนทุ่งใหญ่เฉลิมราชอนุสรณ์ รัชมังคลาภิเษก นครศรีธรรมราช	2555
ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดควนสระบัว นครศรีธรรมราช	2551

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน

2562 (มิถุนายน – สิงหาคม) : ผู้ช่วยผู้จัดการฝ่ายอาหาร

2562 (กันยายน - ปัจจุบัน) : ผู้จัดการฝ่ายอาหาร

ที่อยู่ : ร้านอาหารบ้านไอซ์ทองหล่อ(สำนักงานใหญ่) 115 ซอยสุขุมวิท 55 (ทองหล่อ) แขวงคลองตันเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110 เบอร์ติดต่อ 02-381-6441

ผลงานดีเด่นและรางวัลวิชาการ

รางวัลเพชรราชมงคลรุ่นที่ 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ประจำปีการศึกษา 2561