รายงานวิจัย

ผลของการใช้สารทดแทนไขมันที่มีต่อคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสดฮาลาล: ไส้กรอกอีสาน ไส้อั่ว

Effect of Fat Replacer on Characteristic of Halal Fresh Sausage: Fermented Sausage, Northern Thai Spicy Sausage

นายนิซุฟยาน นิมะมิง

นางสาวลลิตา ปานแก้ว

นางสาวศศธร สิงขรอาจ

นางสาวภัทรภร ภควีระชาติ

โครงการวิจัยทุนสนับสนุนวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

งบประมาณรายได้ ปี พ.ศ. 2561

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ในการสนับสนุนงบประมาณวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณ อาจารย์รุ่งทิวา วงศ์ไพศาลฤทธิ์ หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ ดร.ศศธร สิงขรอาจ หัวหน้าสาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณาจารย์ผู้ร่วมวิจัยทุกท่าน รวมทั้งเจ้าหน้าที่ และนักวิทยาศาสตร์ประจำห้องปฏิบัติการทางกายภาพ ทางเคมี จุลชีววิทยา คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ และช่วยเหลือในการทำงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณนักศึกษาคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ ที่ให้ความร่วมมือในการดำเนินการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ข้าพเจ้า ขอขอบพระคุณทุนสนับสนุนวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ งบประมาณรายได้ พ.ศ. 2561 ในการสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้

บทคัดย่อ

ไส้กรอกสด (ไส้อั่ว และไส้กรอกอีสาน) เป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปพื้นบ้านในประเทศไทยที่นิยมใช้เนื้อหมู มันหมูแข็ง และส่วนอื่น ๆ ของหมูเป็นส่วนประกอบหลัก ซึ่งผู้บริโภคที่นับถือศาสนาอิสลามไม่สามารถบริโภคได้เนื่องจากเป็นสิ่งต้องห้ามในทางศาสนา งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาไส้กรอกสดฮาลาล (ไส้อั่วเนื้อ และไส้กรอกอีสานเนื้อ) โดยใช้เนื้อสัตว์ที่ผ่านกรรมวิธีที่ถูกต้องตามหลักศาสนาอิสลาม ได้แก่ เนื้อวัว และเลือกใช้สารทดแทนไขมันที่ได้จากพืช ได้แก่ เนยขาวน้ำมันรำข้าว และแป้งรำข้าวสกัดเพื่อทดแทนการใช้มันหมูแข็ง และไส้เทียมแทนการใช้ไส้หมู โดยศึกษาปริมาณของสารทดแทนไขมัน 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 (เทียบกับมันหมู) ศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพ (เนื้อสัมผัส และการสูญเสียน้ำหนัก) คุณภาพทางเคมี (องค์ประกอบทางเคมี และค่าความเป็นกรด-ด่าง) คุณภาพทางจุลินทรีย์ คุณภาพทางประสาทสัมผัส และการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา สำหรับไส้อั่วเนื้อฮาลาล พบว่า ปริมาณของเนยขาวน้ำมันรำข้าวมีผลต่อปริมาณความชื้น ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ($P\leq0.05$) แต่ไม่มีผลต่อปริมาณโปรตีน ($P>0.05$) และแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวในผลิตภัณฑ์มีผลต่อปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต รวมทั้งค่าความยืดหยุ่น ค่าการยึดเกาะกัน ค่าความเหนียวยึดติด และค่าความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว ($P\leq0.05$) โดยเนยขาวน้ำมันรำข้าวร้อยละ 50 และแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวร้อยละ 100 มีคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสอย่างดีที่สุด ($P\leq0.05$) สำหรับไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาล พบว่า ปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวเพิ่มขึ้นมีผลต่อปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ($P\leq0.05$) แต่ไม่มีผลต่อปริมาณเถ้า ($P>0.05$) ส่วนค่าความแข็ง ค่าการยึดติด ค่าความเหนียวยึดติด และค่าความคงทนเมื่อถูกเคี้ยวของผลิตภัณฑ์จะลดลง ($P\leq0.05$) และการใช้แป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวในผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้น มีผลต่อความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ($P\leq0.05$) และค่าความแข็ง ค่าความยืดหยุ่น ค่าการยึดเกาะกัน ค่าความเหนียวยึดติด และค่าความคงทนเมื่อถูกเคี้ยวลดลง ($P\leq0.05$) การใช้เนยขาวน้ำมันรำข้าว และแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวทำให้การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์ลดลง ($P\leq0.05$) ตลอดระยะเวลาการหมัก 72 ชั่วโมง โดยเนยขาวน้ำมันรำข้าวร้อยละ 75 และแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวร้อยละ 50 มีคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสสูงที่สุด ($P\leq0.05$) เมื่อนำผลิตภัณฑ์ไส้อั่วเนื้อฮาลาล และไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลที่สำเร็จแล้ว มาทำการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ตามเกณฑ์ มผช.294/2547 และ มผช.475/2555 พบว่า มีปริมาณจุลินทรีย์เกินเกณฑ์คุณภาพ ดังนั้น จึงใช้วิธีการทำให้สุกก่อนการบรรจุ ซึ่งช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ให้อยู่ในเกณฑ์คุณภาพได้ และยังสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มากกว่า 12 วัน

คำสำคัญ: ไส้อั่วเนื้อ, ไส้กรอกอีสาน, ฮาลาล, สารทดแทนไขมัน

Abstract

The main ingredients of traditional Thai sausage (northern Thai spicy sausage, fermented sausage) were pork, back fat and other parts from pig. These raw materials were not prohibited to consume for people who were Islamic practice. The source of materials to produce traditional Thai halal sausage that were beef that allows for Muslims to consume, vegetable fat as a fat replacer (rice bran oil shortening; RBOS and defatted rice bran flour; DRBF) as well as collagen casing which was all halal ingredients. The 25%, 50%, 75% and 100% of RBOS and DRBF were studied. The chemical composition, texture profile analysis (TPA), weight loss (%), pH, sensory evaluation and microbiological were analyzed. For northern Thai spicy sausage, the increasing of RBOS affected moisture, fat, ash and carbohydrate content ($P<0.05$) but not significant in protein content ($P>0.05$). Also, affected hardness, cohesiveness, gumminess, and chewiness ($P\leq0.05$). The moisture, protein, fat, ash, carbohydrate content as well as springiness, cohesiveness, gumminess, and chewiness were different when using DRBF instead RBOS ($P\leq0.05$). The sensory evaluation, 50% RBOS and 100% DRBF had the highest liking score ($P\leq0.05$). In addition, for fermented sausage, the increment of RBOS affected moisture, protein, fat, ash and carbohydrate content ($P\leq0.05$) and hardness, adhesiveness, gumminess, and chewiness significantly decreased ($P\leq0.05$). Furthermore, the weight loss of these sausages were rose up whereas the pH value was gone down throughout 72 hours of fermentation. 75% RBOS and 50% DRBF had the highest overall acceptance score ($P\leq0.05$). The microbiological analysis of two sausage products based on Thai community product standard was analyzed. The results showed that the microorganism was exceeded the standard. Therefore, the products were heated before packing and analyzed. The results revealed that the microorganism was reduced during the storage which could extend the shelf-life for more than 12 days.

Keywords: northern Thai spicy sausage, fermented sausage, hala, fat replacer

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและความเป็นมา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม	
2.1 การแปรรูปเนื้อสัตว์	3
2.2 เนื้อสัตว์	4
2.3 ไส้กรอก	6
2.4 คุณสมบัติของไขมันสัตว์ในอาหาร	10
2.5 เนยขาวน้ำมันรำข้าว	17
2.6 แป้งรำข้าวสกัด	18
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	
3.1 วัตถุดิบ อุปกรณ์และสารเคมี	21
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน	24
บทที่ 4 ผลการดำเนินการวิจัย	
ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสดฮาลาล : ไส้อั่วเนื้อฮาลาล	30
ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสดฮาลาล : ไส้อั่วกรอกอีสานเนื้อฮาลาล	39
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	52
5.2 ข้อเสนอแนะ	53

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	54
ภาคผนวก	59
ภาคผนวก ก วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี	60
ภาคพนวก ข วิธีวิเคราะห์กรดไทโอบาบิทูริก	65
ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์สถิติ	68

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	การใช้ประโยชน์ของสารทดแทนไขมัน และวัตถุประสงค์ของการใช้งาน	14
3.1	ส่วนผสมสำหรับการผลิตไส้อั่วเนื้อฮาลาล	24
3.2	ส่วนผสมสำหรับการผลิตไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาล	25
4.1	องค์ประกอบทางเคมีของไส้อั่วเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าว	30
4.2	องค์ประกอบทางเคมีของไส้อั่วเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าว	31
4.3	ผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของไส้อั่วเนื้อฮาลาล ที่แปรปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าว	32
4.4	องค์ประกอบทางเคมีของไส้อั่วเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณแป้งรำข้าวสกัด ที่ดูดซับน้ำมันรำข้าว	33
4.5	ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของไส้อั่วเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณแป้งรำข้าว สกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าว	34
4.6	ผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของไส้อั่วเนื้อฮาลาล ที่แปรปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าว	35
4.7	ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของไส้อั่วเนื้อฮาลาลตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน	36
4.8	ผลการประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้อั่วเนื้อฮาลาล ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	37
4.9	องค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าว	39
4.10	ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณ เนยขาวน้ำมันรำข้าว	40
4.11	ผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาล ที่แปรปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าว	43
4.12	องค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณแป้งรำข้าว สกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าว	44
4.13	ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณแป้งรำข้าว สกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าว	45
4.14	ผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาล ที่แปรปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าว	48

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.15	ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน	49
4.16	ผลการประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลที่ 4 องศาเซลเซียส	50

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	เนยขาวน้ำมันรำข้าว (king rice bran oil shortening)	17
2.2	แป้งรำข้าวสกัด (king rice bran flour)	19
4.1	การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลที่ใช้เนยขาวน้ำมันรำข้าวระหว่างการหมักระยะเวลา 72 ชั่วโมง	41
4.2	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลที่ใช้เนยขาวน้ำมันรำข้าวระหว่างการหมักระยะเวลา 72 ชั่วโมง	42
4.3	การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลที่ใช้แป้งรำข้าวที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวระหว่างการหมัก	46
4.4	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลที่ใช้แป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวระหว่างการหมักระยะเวลา 72 ชั่วโมง	47

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ผลิตภัณฑ์เนื้อหมักเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแปรรูปแล้วนำมาบ่มหรือหมักส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีรสชาติเฉพาะตัว ผลิตภัณฑ์เนื้อหมักที่มีชื่อเสียงส่วนใหญ่มีต้นกำเนิดจากภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมีความแตกต่างกันของวัตถุดิบ รสชาติและวิธีการผลิต เช่น ไส้อั่ว ไส้กรอกเปรี้ยวหรือไส้กรอกอีสาน หม่ำ แหนม เป็นต้น มีองค์ประกอบหลักที่เหมือนกัน ได้แก่ เนื้อสัตว์ ไขมัน ข้าวสุก กระเทียม เกลือแกง เป็นต้น (คณิต และลักขณา, 2551) ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสด (ไส้กรอกอีสานและไส้อั่ว) มีส่วนประกอบผสมของเนื้อหมูและมันหมูแข็งเป็นหลัก ทำให้ถูกจัดเป็นอาหารไขมันสูง ในขณะเดียวกัน ผลิตภัณฑ์หลัก คือ เนื้อหมู ไขมันหมูที่สับละเอียดและเครื่องเทศ ซึ่งเป็นสมุนไพรพื้นบ้านของไทยที่มีคุณค่าทางโภชนาการ แต่เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมันในปริมาณมาก โดยใช้มันแข็งประมาณร้อยละ 50 ของปริมาณหมูเนื้อ (สุกัญญา, 2544) เนื่องจากไส้กรอกสดฮาลาลยังไม่แพร่หลายมากนัก เนื่องจากใช้วัตถุดิบหลักสำหรับทำไส้กรอกสด ได้แก่ เนื้อหมู และมันหมู เป็นต้น ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ต้องห้ามในการบริโภคทางศาสนาอิสลามดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสดให้เป็นผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสดฮาลาล จะสามารถเพิ่มช่องทางแก่ผู้บริโภคและส่งเสริมให้มีการผลิตตามยุทธศาสตร์การส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพธุรกิจสินค้าและบริการฮาลาล (พ.ศ. 2559 – 2563) การนำผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานและไส้อั่วฮาลาล จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มชนิดของผลิตภัณฑ์สำหรับผู้บริโภคที่นับถือศาสนาอิสลามโดยการเปลี่ยนวัตถุดิบที่ต้องห้ามในทางศาสนา ได้แก่ เนื้อหมู มันหมู เป็นเนื้อสัตว์ที่ผู้นับถือศาสนาอิสลามสามารถบริโภคได้ และยังคงลักษณะด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ไว้เช่นเดิม โดยการใช้สารทดแทนไขมันชนิดต่าง ๆ ที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด เช่น การใช้โปรตีนเกษตรและเวย์หวานที่ถูกดูดซับด้วยน้ำมันรำข้าว (ประดิษฐ์, 2555) การใช้เวย์โปรตีนที่มีการดูดซับน้ำมันมะกอกแทนมันหมูแข็งในไส้กรอกซาลามีของอิตาลี (Nobile *et al.,* 2009) น้ำมันพืช (Paneras and Bloukas, 1994) น้ำและน้ำมันมะกอก (Bloukas *et al.,* 1997; Muguerza *et al.,* 2002; Severini *et al.,* 2003) จะเห็นว่า การใช้น้ำมันพืชทดแทนไขมันสัตว์สามารถนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสดได้ แต่เนื่องจากโครงสร้างไส้กรอกสดไม่สามารถทำให้น้ำมันเกิดเป็นอิมัลชันได้ จึงต้องใช้สารทดแทนไขมันชนิดอื่น ๆ ร่วมกับน้ำมันพืชที่เหมาะสมสำหรับไส้กรอกสด

ดังนั้น การใช้สารดังกล่าวเพื่อทดแทนไขมันจากสัตว์จะทำให้สามารถหลีกเลี่ยงการใช้วัตถุดิบต้องห้ามในทางศาสนาอิสลามและลดปริมาณไขมันในอาหารลงได้ ดังนั้น ผู้วิจัยมีความสนใจในการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของเนยขาวน้ำมันรำข้าวเพื่อใช้ทดแทนไขมันสัตว์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสด และศึกษาผลของปริมาณที่เหมาะสมของแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวเพื่อลดปริมาณน้ำมันในผลิตภัณฑ์ โดยศึกษากรรมวิธีการผลิต การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่ส่งผลด้านคุณลักษณะทางเคมีกายภาพ และทางประสาทสัมผัส เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสดฮาลาลที่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวที่เหมาะสมเพื่อทดแทนไขมันสัตว์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสดฮาลาล (ไส้กรอกอีสานและไส้อั่ว)

1.2.2 เพื่อศึกษาปริมาณแป้งรำข้าวสกัดเพื่อทดแทนไขมันที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสดฮาลาล (ไส้กรอกอีสานและไส้อั่ว)

1.2.3 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสดฮาลาล (ไส้กรอกอีสานและไส้อั่ว) ที่ใช้สารทดแทนไขมัน

1.2.4 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสดฮาลาล

1.3 ขอบเขตการวิจัย

การศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของเนยขาวน้ำมันรำข้าวเพื่อใช้ทดแทนไขมันสัตว์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสด (ไส้กรอกอีสานและไส้อั่ว) โดยการแปรปริมาณ 4 ระดับ ได้แก่ ได้แก่ ร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 ตามลำดับ ประเมินคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส และศึกษาผลของปริมาณที่เหมาะสมของแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวเพื่อลดปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 ตามลำดับ ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่ส่งผลคุณสมบัติทางกายภาพ เคมีและประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวที่เหมาะสมในไส้กรอกสดฮาลาล

1.4.2 ปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสดฮาลาล

1.4.3 คุณลักษณะทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสดฮาลาล

1.4.4 เพื่อเพิ่มทางเลือกในบริโภคผลิตภัณฑ์เนื้อฮาลาลแก่ผู้บริโภค

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

2.1 การแปรรูปเนื้อสัตว์

เนื้อสัตว์เป็นแหล่งอาหารประเภทโปรตีนที่สำคัญต่อร่างกายมนุษย์ เนื่องจากมีกรดอะมิโนที่จำเป็น (essential amino acid) โดยการบริโภคเนื้อสัตว์ในปัจจุบันมี 2 ลักษณะ ได้แก่ การนำเนื้อมาประกอบอาหารพร้อมบริโภคทันทีและการรับประทานผลิตภัณฑ์เนื้อที่ผ่านการปรุงพร้อมบริโภค (ready to eat) หรือพร้อมปรุง (ready to cook) นอกจากนี้ การแปรรูปเนื้อสัตว์เป็นการทำให้เนื้อสดถูกเปลี่ยนแปลงสภาพไปจากเดิม โดยอาจใช้วิธีการเพียงวิธีใดวิธีหนึ่งหรือหลาย ๆ วิธีร่วมกัน เช่น การหั่น (slicing) การสับละเอียด (chopping) การบด (grinding) การใช้สารปรุงรส (seasoning) การใช้วัตถุเจือปนอาหาร (food additive) การทำให้สุก และการแช่แข็ง เป็นต้น เพื่อเปลี่ยนเนื้อสัตว์ให้มีลักษณะตามความต้องการให้คงคุณภาพ เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคและมีความปลอดภัย การถนอมและการแปรรูปเนื้อสัตว์ยังสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การทำแห้ง การแช่เย็น การแช่แข็ง และการหมัก เป็นต้น ผลิตภัณฑ์เนื้อที่คนไทยรู้จักเป็นอย่างดีและเป็นที่นิยมสำหรับการถนอมอาหาร ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสด ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ไส้กรอกพื้นบ้านที่ใช้หลักการถนอมอาหาร โดยไส้กรอกสดที่นิยมรับประมาณ คือ ไส้กรอกอีสานและไส้อั่ว ที่เป็นอาหารพื้นบ้านของภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ ตามลำดับ จะพบว่าวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการทำไส้กรอกจะเป็นเนื้อหมูและมันหมู

การแปรรูปเนื้อสัตว์ เป็นการเปลี่ยนแปลงสภาพของเนื้อสัตว์ไปจากเดิม และเป็นวิธีการหนึ่งในการถนอมอาหารเพื่อได้ผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายสำหรับบริโภค ปัจจุบันการดูแลใส่ใจในสุขภาพของผู้บริโภค เป็นกระเสที่ได้รับความสนใจกันมากขึ้นเรื่อย ๆ โดยผู้บริโภคหันมาให้ความสนใจในการเลือกรับประทานอาหารที่มีประโยชน์มากขึ้น มีไขมันน้อยลง ถึงแม้ส่วนประกอบหลักที่นิยมในการผลิตผลิตภัณฑ์ไส้กรอกพื้นบ้านในประเทศไทย คือ เนื้อหมู แต่ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมันในส่วนผสมอยู่มาก โดยจะใช้มันแข็งประมาณร้อยละ 50 ของหมูเนื้อแดงที่ใช้ (สุกัญญา, 2544) ปัจจุบัน ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสดฮาลาลยังมีไม่มากนัก การนำผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานและไส้อั่วฮาลาล จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มชนิดของผลิตภัณฑ์สำหรับผู้บริโภคที่นับถือศาสนาอิสลามโดยการเปลี่ยนวัตถุดิบที่ต้องห้ามในทางศาสนา ได้แก่ เนื้อหมู มันหมู เป็นเนื้อสัตว์ที่ผู้นับถือศาสนาอิสลามสามารถบริโภคได้ และยังคงลักษณะด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ไว้เช่นเดิม โดยการใช้สารทดแทนไขมันชนิดต่าง ๆ ที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด เช่น การใช้โปรตีนเกษตรและเวย์หวานที่ถูกดูดซับด้วยน้ำมันรำข้าว (ประดิษฐ์, 2555) การใช้เวย์โปรตีนที่มีการดูดซับน้ำมันมะกอกแทนมันหมูแข็งในไส้กรอกซาลามีของอิตาลี (Nobile *et al.*, 2009) น้ำมันพืช (Paneras

and Bloukas, 1994) น้ำและน้ำมันมะกอก (Bloukas *et al.,* 1997; Muguerza *et al.,* 2002; Severini *et al.,* 2003) จะเห็นว่า การใช้น้ำมันพืชทดแทนไขมันสัตว์สามารถนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสดได้ แต่เนื่องจากโครงสร้างไส้กรอกสดไม่สามารถทำให้น้ำมันเกิดเป็นอิมัลชันได้ จึงต้องใช้สารทดแทนไขมันชนิดอื่น ๆ ร่วมกับน้ำมันพืชที่เหมาะสมสำหรับไส้กรอกสด

การแปรรูปเนื้อสัตว์มีวัตถุประสงค์หลัก คือ

2.1.1 เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา และผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ โดยการเติมสารชะลอการเน่าเสีย

2.1.2 เพื่อเพิ่มมูลค่าของเนื้อสัตว์ โดยกระบวนการแปรสภาพจากเนื้อสดไปเป็นเนื้อที่พร้อมบริโภคได้

เนื้อแปรรูป (processed meat) หมายถึง เนื้อที่มีคุณสมบัติเดิมของเนื้อสดได้ถูกแปรเปลี่ยนไปโดยการใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งหรือหลาย ๆ วิธีร่วมกัน ได้แก่ การบด การสับละเอียด (chopping) การเติมสารเพิ่มรส (seasoning) การแปลงสี และการใช้ความร้อน เป็นต้น เนื้อแปรรูปสามารถจัดกลุ่มได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ ตือ ผลิตภัณฑ์ลดขนาด และผลิตภัณฑ์ขนาดเดิม (สัญชัย จตุรสิทธา, 2543)

1) ผลิตภัณฑ์ลดขนาด (comminuted products) หมายถึง การที่ขนาดชิ้นส่วนของเนื้อสด ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักของการทำผลิตภัณฑ์เนื้อสดถูกลดขนาดให้เล็กย่อยลงกว่าเดิม เพื่อว่าผลิตภัณฑ์นั้น ๆ จะประกอบกันขึ้นมาจากเนื้อชิ้นเล็ก ๆ รวมตัวกันเป็นรูปร่างอีกแบบหนึ่งตามธรรมชาติของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ส่วนใหญ่ได้แก่ ไส้กรอกชนิดต่าง ๆ สามารถแปรออกได้เป็น 2 กลุ่มย่อยตามลักษณะโครงสร้างภายใจและการลดขนาดตามชิ้นส่วนของเนื้อ ได้แก่ กลุ่มบดละเอียดอิมัลชันและกลุ่มบดหยาบ ผลิตภัณฑ์เหล่านี้จะไม่เป็นโครงสร้างเดิมของเนื้อ เนื่องจากมีการผสมระกว่างเนื้อไขมัน และน้ำ รวมทั้งเครื่องเทศจนเป็นเนื้อเดียวกัน

2) ผลิตภัณฑ์ขนาดเดิม (non-comminuted products) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่โครงสร้างสุดท้ายของเนื้อจะยังคงรูป และมีโครงสร้างเหมือนเนื้อสดธรรมดา ส่วนที่แตกต่างกันคือการเติมส่วนประกอบอื่น ๆ แล้วทำให้สุกตามกรรมวิธีของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ได้แก่ แฮม เบคอน แคนาเดียนเบคอน และคอร์นบีฟ ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้จะปรากฏให้เห็นโครงสร้างเดิมของเนื้อ ได้แก่ แฮมรมควันและแฮมสุก

2.2 เนื้อสัตว์

เนื้อสัตว์เป็นส่วนผสมเริ่มต้นในการผลิตไส้กรอกหมัก สูตรโดยทั่วไปใช้เนื้อสัตว์ประมาณร้อยละ 50-70 อาจเป็นเนื้อสัตว์ชนิดต่าง ๆ เช่น เนื้อหมู เนื้อไก่ เนื้อวัว เนื้อแกะ เป็นต้น เนื้อสัตว์ที่นำมาใช้ต้องมีคุณภาพดีและไม่มีรอยตำหนิต่าง ๆ เช่น ไม่มีรอยปนเปื้อนของเลือดหรือจุดที่มีลักษณะของเลือดคั่ง (blood splashes) สามารถอุ้มน้ำได้ดีมีค่าพีเอชประมาณ 5.6-6.0 ซึ่งจะช่วยให้การหมัก

ในช่วงแรกค่าพีเอชตลงจนถึงพีเอชที่พอเหมาะและสีที่ได้จะไม่คล้ำ ไม่แห้งและมีเนื้อสัมผัสที่ดี เนื้อสัตว์ที่นำมาใช้ในการผลิตควรเป็นเนื้อไม่ติดมัน องค์ประกอบของเนื้อสัตว์โดยทั่วไป มีทั้งสารประกอบที่ไม่ใช่ไนโตรเจน (non-nitrogenous compound) ได้แก่ น้ำ ไขมัน แร่ธาตุ และคาร์โบไฮเดรต สารประกอบที่เป็นไนโตรเจน (nitrogenous compound) ซึ่งมีโปรตีนเป็นส่วนใหญ่ องค์ประกอบของโปรตีนมีความสำคัญในการผลิต เพราะปริมาณโปรตีนเป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยประมาณร้อยละ 60 จะเป็นโปรตีนชนิดไมโอไฟบริลลาร์ (myofibrillar protein) ที่มีไม่โอซินและแอกติน (myosin and actin) อยู่ โปรตีนเหล่านี้จัดเรียงตัวอยู่ในโครงสร้างที่เรียกว่า filament structure และเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการหดตัว (contraction) (ไพโรจน์ และคณะ, 2536)

2.2.1 เนื้อวัว

เนื้อวัว หมายถึง อวัยวะกล้ามเนื้อของสัตว์ประเภทเคี้ยวเอื้อง ที่เรียกว่า โค หรือ วัว ซึ่งไม่รวมความถึงหนัง เขา กีบ และเครื่องในของสัตว์ชนิดนั้น ๆ ด้วย เนื้อโคเป็นประเภทกล้ามเนื้อลาย (striated muscle) มีลักษณะเป็นเส้นยาวเรียกว่าใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber) ซึ่งจะโตกว่าเซลล์ของเนื้อหมู เนื้อโคที่ดีและสะอาดจะต้องมาจากกระบวนการฆ่า การชำแหละจากโรงฆ่าสัตว์ที่ได้มาตรฐาน ผ่านการตรวจรับรองจากพนักงานตรวจเนื้อสัตว์ ของกระทรวงเกษตรฯ ในประเทศนั้น ๆ เนื้อโคที่สด สะอาด จะมีลักษณะสีแดง ไม่ดำหรือคล้ำ และต้องไม่มีการปนปื้อน ตกค้างของ สารเคมี ยาปฏิชีวนะ จุลินทรีย์ ที่ทำให้เกิดโรคต่อผู้บริโภคได้

ตารางที่ 2.1 ปริมาณสารอาหารในเนื้อวัว ส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม

สารอาหาร	ปริมาณ	(หน่วย)
พลังงาน	134	กิโลแคลอรี่
น้ำ	69.55	กรัม
โปรตีน	20.3	กรัม
ไขมัน	4.8	กรัม
คาร์โบไฮเดรต	2.3	กรัม
เส้นใย	0	กรัม
แคลเซียม	4	มิลลิกรัม

ที่มา: กองโภชนาการ (2544)

2.3 ไส้กรอก (Sausage)

มีรากศัพท์มาจากคำในภาษาลาตินว่า “salsus” หมายถึง เนื้อสัตว์ที่มีการเก็บรักษาโดยใช้น้ำเกลือ สำหรับภาษาเยอรมัน ไส้กรอกมาจากคำว่า “wurst” หมายถึง เนื้อสัตว์ที่เตรียมได้จากการบดให้ละเอียดผสมเกลือ เครื่องเทศและเครื่องปรุงรสอื่น ๆ บรรจุในไส้หรือพิมพ์

ดังนั้นไส้กรอกจึงเป็นอาหารชนิดที่ได้มาจากการแปรรูปอาหารจำพวกนี้ เนื้อสัตว์มีการใส่เครื่องปรุงรสตามความชอบของผู้รับประทานแล้วนำมาบรรจุ ในปัจจุบันมีผู้นิยมรับประทานกันมาก ความแตกต่างขอไส้กรอกอยู่กับชนิดของเครื่องเทศที่ใช้ สัดส่วนและชนิดของเนื้อไขมันและวิธีการทำ

2.3.1 ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกกลุ่มบดหยาบ หมายถึง ไส้กรอกที่เนื้อถูกบดด้วยเครื่องบดเนื้อธรรมดา ซึ่งจะทำให้เนื้อถูกลดขนาดลงไป แต่ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพจนไปถึงในระดับเส้นใยกล้ามเนื้อ ตัวอย่างของไส้กรอกประเภทนี้ ได้แก่ ไส้กรอกอาหารเช้า (Pork sausage) กุนเชียง ซาลามิ (salami) ไส้กรอกหมักเปรี้ยว (summer sausage) ไส้กรอกอีสานและแหนม เป็นต้น

2.3.2 ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกกลุ่มบดละเอียดอิมัลชัน หมายถึง ไส้กรอกที่เนื้อถูกบดและสับละเอียดทำให้โครงสร้างในระดับเส้นใยกล้ามเนื้อเปลี่ยนแปลงกล่าวคือ มีโปรตีนไมโอซินเล็ดลอดออกมานอกเส้นใบและทำให้ส่วนผสมแปรเปลี่ยนไปเป็นมวลเหนี่ยวซึ่งเป็นลักษณะของส่วนผสมที่เรียกว่า อิมัลชัน (Emulsion) ตัวอย่างเช่น ไส้กรอกเวียนนา แฟรงค์เฟอร์เตอร์ โบโลญา และหมูยอ เป็นต้น

2.3.3 ประเภทของไส้กรอก แบ่งตามลักษณะได้ 7 ชนิด ดังนี้

2.3.3.1 ไส้กรอกสด (Fresh sausage) อาจทำมาจากเนื้อสดหรือเนื้อสัตว์แช่แข็งโดยเฉพาะเนื้อหมูเนื้อวัวหรืออาจทำจากผลพลอยได้ของเนื้อสัตว์ (meat by-products) ซึ่งไม่ต้องผ่านการหมัก (curing) ผสมเครื่องปรุงต่าง ๆ มักบรรจุในไส้ที่สามารถรับประทานได้ ไส้กรอกชนิดนี้มีรสชาติ เนื้อสัมผัส ความนุ่มและสีเกี่ยวข้องโดยตรงกับอัตราของไขมันและเนื้อแดง ไส้กรอกชนิดนี้เน่าเสียง่ายถ้าเก็บรักษาที่อุณหภูมิไม่เหมาะสม ได้แก่

1) ไส้กรอกหมูสด ทำมาจากเนื้อหมูผสมเครื่องปรุงรส บรรจุไส้ผูกเป็นปล้อง ๆ หรืออัดใส่พิมพ์

2) ไส้กรอกหมูสดแบบชนบท ทำจากเนื้อหมูบดหยาบผสมเครื่องปรุง บรรจุในไส้ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 3/8 นิ้ว ยาว 8-10 นิ้ว

3) บราทเวอร์สท ทำมาจากเนื้อลูกวัวหรือเนื้อหมูใช้ผิวหรือน้ำมะนาวปรุงรส บรรจุในไส้ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 3/8 นิ้ว ยาว 4 นิ้ว นิยมลวกน้ำก่อนจำหน่าย

4) บ๊อกเวอร์สท ทำมาจากเนื้อลูกวัวจำนวนมากกว่าเนื้อหมู บางส่วนผสมนมสด เครื่องปรุงบรรจุไส้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ¾ นิ้ว ยาว 4-5 นิ้ว นิยมลวกน้ำก่อนจำหน่าย

2.3.3.2 ไส้กรอกรมควัน (smoked sausage) เป็นไส้กรอกที่ทำมาจากเนื้อที่ผ่านการหมักแล้วผลิตภัณฑ์ทุกชนิดต้องเก็บในตู้เย็น จะมี 2 แบบหลัก ๆ คือ

1) ไส้กรอกรมควันไม่สุก ต้องทำให้สุกก่อนรับประทาน ได้แก่ เมทเวอร์สท (Metwurst) ซึ่งทำมาจากเนื้อวัวร้อยละ 60-70 เนื้อหมูร้อยละ 30-40 หมักและผสมเครื่องเทศมีพริกไทย ลูกผักชี บรรจุไส้วัวขนาดเล็ก เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 ½ - 1 ¼ นิ้ว และคีลบาซา (Kielbase) ทำมาจากหมูบดหยาบ ปรุงรสด้วยกระเทียม บรรจุในไส้ผ่านศูนย์กลาง 1 ½ นิ้ว ผูกเป็นปล้องยาว 4-5 นิ้ว หรือ 8-10 นิ้ว

2) ไส้กรอกรมควันสุก สามารถรับประทานได้ทันที แบ่งออกเป็นหลายชนิด ได้แก่

- ฟรังเฟอร์เตอร์ (Frank furters) ทำจากเนื้อหมูและเนื้อวัว ในอัตราส่วน 40 ต่อ 60 นำมาหมักด้วยเครื่องเทศต่าง ๆ เป็นไส้กรอกที่นิยมมากที่สุดมีชื่อเรียกต่างกันไปตามขนาด ถ้าเรียก ฟรังเฟอร์เตอร์ จะบรรจุในไส้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว ยาว 4 นิ้ว เรียกว่าไส้กรอกเวียนนา เมื่อบรรจุในไส้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 34 นิ้ว ยาว 4 - 5 ½ นิ้ว และบรรจุในไส้ขนาดเล็กขนาดสั้น เรียกว่า ฟรังเฟอร์เตอร์แบบค็อกเทล

- ไส้กรอกกระเทียม (Knoblauch) หรือแนกเวอร์สท (Knack wurst) คล้ายกับฟรังเฟอร์เตอร์แต่มีกระเทียมมากและบรรจุในไส้ขนาดเล็กยาวท่อนละ 3 - 4 นิ้ว

- โบโลญา (Bologna) คล้ายกับฟรังเฟอร์เตอร์ บรรจุในไส้เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 1/21 นิ้ว ขอเป็นวงแหวนหรือบรรจุในส่วนปลายของลำไส้ใหญ่ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 ½ - 5 นิ้ว ยาว 12-15 นิ้ว

- เบอร์ลินเนอร์ (Berliner) ทำมาจากหมูบดหยาบหรือเนื้อวัวบดละเอียดหมักในหมักเจือจาง บรรจุในไส้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว

2.3.3.3 ไส้กรอกสุก (cooked sausage) เป็นไส้กรอกที่ใช้ได้ทั้งเนื้อสดและเนื้อหมูบดผสมเครื่องปรุง บรรจุไส้และทำให้สุกพร้อมรับประทานได้ทันทีโดยไม่ต้องรมควันแต่บางชนิดจะรมควันภายหลัง ไส้กรอกสุกแล้วรับประทานได้ทันที ซึ่งแบ่งได้ 2 ชนิด ดังนี้

1) ไส้กรอกตับ (Liver sausage) ทำมาจากหมูแข็งที่บดแล้วตับหมูผสมเจลาติน ปรุงด้วยหัวหอมและเครื่องเทศบรรจุในไส้และทำให้สุก รสชาติดีและคุณค่าทางโภชนาการ

2) ไส้กรอกเลือด (Blood sausage) หรือ (Blutwurst) ทำจากมันหมูแข็งต้มสุกแล้วหั่นเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมและเนื้อบดละเอียดผสมเจลาตินรวมกับเลือดวัวและเครื่องเทศ บรรจุในไส้เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว ถ้าผสมลิ้นหมูและลิ้นแกะ เรียกว่า ไส้กรอกเลือด

2.3.3.4 ไส้กรอกแห้ง (Dry sausage) เป็นไส้กรอกที่ใช้เนื้อที่ผ่านการคัดอย่างดีและใช้เทคนิคในการทำมาก ส่วนเซอเวลาท์ส (Cervelats) หมายถึง ไส้กรอกแห้งทั่วไป ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายชนิด ดังนี้

1) ซัมเมอร์ซอสเซส (summer sausage) ที่ทำจากเนื้อหมูและเนื้อวัวปริมาณเท่ากัน บดหยาบ ผสมเครื่องปรุงรสไม่จัด บรรจุไส้เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 ½ นิ้ว

2) โฮลสไดเนอร์ (Holsteiner) คล้ายซัมเมอร์ซอสเซส แต่ไม่แห้งมาก มีรสเปรี้ยวคล้ายรสมะขาม

3) ก๊อกทิงเจอร์ (Gotinger) เป็นไส้กรอกแห้งชนิดดีเนื้อแน่นแข็ง มีกลิ่นรสของเครื่องเทศ

4) โกเทบอร์ก (Goteborg) เป็นไส้กรอกแห้งของชาวสวีเดน เนื้อหยาบ มีรสเค็มจัดและรมควันมาก

2.3.3.5 ไส้กรอกหมักแห้ง (fermented dry sausage) เป็นไส้กรอกที่ต้องผ่านขั้นตอนการหมักให้มีรสเปรี้ยวก่อนไปทำให้แห้งเก็บได้นานได้สภาพที่เย็น อากาศแห้ง และมีความชื้นต่ำ

1) ซาลามิ (Salami) ทำมาจากเนื้อแดงบดหยาบหมัก บางครั้งใช้เนื้อวัวบดละเอียดหมัก เติมไวน์แดงหรือเหล้าองุ่น กระเทียมและเครื่องเทศหลายชนิดบรรจุในไส้เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 3/8 นิ้ว ทำให้แห้งด้วยแสงแดด

2) ลีอองค์ (Leyone) ทำครั้งแรกในประเทศฝรั่งเศส ทำมาจากเนื้อหมูบดละเอียด 4 ส่วน มันแข็ง 1-2 ส่วน หั่นชิ้นสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ ผสมเครื่องเทศและกระเทียม บรรจุในไส้ขนาดใหญ่หมัก ทำให้แห้งด้วยวิธีธรรมชาติ

3) มอทาเดลลา (Mortadella) ทำจากเนื้อหมูและเนื้อวัวบดละเอียดหมักผสมด้วยมันหมูแข้งหั่นเป็นสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ ปรุงด้วยเครื่องเทศ บรรจุในกระเพาะปัสสาวะขนาดกลาง รมควันที่อุณหภูมิสูงและทำให้แห้งในอากาศ

4) แคปปริโคลา (Cappicola) ทำจากหมูส่วนไหล่ปรุงรสด้วย พริก เกลือ น้ำตาลบรรจุในไส้และทำให้แห้งด้วยอากาศ

5) เปปเปอโรนี (Popperoni) ทำมาจากเศษเนื้อหมูหมักผสมเนื้อวัวพร้อมกันมันแข็งหั่นสี่เหลี่ยมผสมพริกป่นสดพร้อมเครื่องปรุงรสอื่น ๆ บรรจุในไส้เส้นผ่านศูนย์ 1 นิ้ว ผึ่งให้แห้งในอากาศ

6) มั้ม (Mum) ทำให้ภาคอีสานของประเทศ โดยใช้เนื้อวัวส่วนสะโพกบดละเอียดผสมม้าม ตับ และกระเทียม บรรจุในไส้วัวหรือไส้หมูหมักทำให้แห้งในอากาศ

2.3.3.6 กุนเชียง (Chinese sausage) เป็นไส้กรอกแห้งที่มาจากประเทศจีนใช้เนื้อหมูหรือเศษหมูผสมมันหมูแข็งหั่นเป็นสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ ปรุงรสด้วยเกลือ น้ำตาล ซีอิ้วขาว บรรจุในไส้หมูสดหรือทำให้แห้งโดยใช้แสงแดด ก่อนนำมารับประทานด้วยการทำให้สุก

2.3.3.7 ไส้กรอกชนิดใหม่ (new condition sausage) เป็นไส้กรอกประเภทกึ่งแห้งต่างกับไส้กรอกแห้งตรงวิธีการทำและทำให้สุกในตู้รมควัน ทำมาจากเนื้อหมูบดผสมเครื่องปรุงและหมักไว้ให้เปรี้ยวประมาณ 24 ชั่วโมง ก่อนทำให้สุก

1) ซาลามิ - ดอตโต (Salamicotto)

2) โคเปอร์ ซาลามิ (Kosher salami)

3) เฮดชีส (Head cheese) ทำมาจากหัวหมูและเนื้อหมูหมักผสมเครื่องปรุง บรรจุในไส้ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว หรือในกระเพาะหมู ในประเทศไทยไม่บรรจุในไส้แต่บรรจุใส่พิมพ์เรียกว่า “หมูตั้ง”

4) ชูมิ (Sause) คล้ายเฮดชีส แต่มีการเติมน้ำส้มให้เปรี้ยว

5) มีทโลฟ (Meat loaves) ทำจากเนื้อบดผสมเครื่องปรุงต่าง ๆ เช่น หัวหอมใหญ่ ไข่ เครื่องเทศ มะกอกฝรั่ง แป้งและนมผง บรรจุในแบบนำไปอบให้สุกหรือบรรจุกระป๋อง

2.3.4 ไส้กรอกอีสาน

ไส้กรอกเปรี้ยวหรือไส้กรอกอีสาน เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของเนื้อสัตว์ ไขมัน และเครื่องปรุงต่าง ๆ แล้วนำส่วนผสมทั้งหมดมาบรรจุลงไส้และปล่อยให้เกิดการหมัก โดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.475/2555) ได้นิยามไส้กรอกอีสานเนื้อวัวไว้ว่า ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อวัว ไขมัน ข้าวเจ้าสุกหรือข้าวเหนียวนึ่ง เครื่องเทศ และสมุนไพร เครื่องปรุงรส เช่น น้ำตาลทราย เกลือ กระเทียมบด พริกไทย ลูกผักชีคลุกเคล้าผสมให้เข้ากัน บรรจุในไส้ มัดเป็นเปลาะ ผ่านกระบวนการหมักจนเปรี้ยว และต้องทำให้สุกก่อนบริโภค ใช้ไขมันจากสัตว์ เช่น ไก่ เป็ด และไส้ หมายถึง ไส้ธรรมชาติ เช่น ไส้แพะ ไส้แกะ ที่ทำความสะอาดและเก็บรักษาอย่างถูกสุขลักษณะ หรือไส้เทียม เช่น ไส้ชนิดรีเจเนอเรเตดคอลลาเจน (regenerated collagen) ไส้กรอกอีสานเนื้อวัวจะต้องมีรูปทรงเดียวกันและขนาดใกล้เคียงกัน สีสม่ำเสมอ มีผิวเรียบ ไม่แตกหรือฉีกขาด เนื้อสัมผัสต้องนุ่มร่วน มีการกระจายตัวของส่วนประกอบที่ใช้อย่างสม่ำเสมอ มีสีตามธรรมชาติของไส้กรอกอีสานเนื้อวัวและส่วนประกอบที่ใช้ มีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของไส้กรอกอีสานเนื้อวัวและส่วนประกอบที่ใช้ ไม่มีกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นบูด กลิ่นอับ และกลิ่นเน่า

2.3.5 ไส้อั่ว

ไส้อั่วเป็นผลิตภัณฑ์อาหารประเภทไส้กรอกบดหยาบ (coarse ground sausage) ชนิดหนึ่ง และเป็นผลิตภัณฑ์อาหารพื้นเมืองชนิดหนึ่งทางภาคเหนือ ไส้อั่ว ตามความหมายของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.294/2547) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อหมู มันหมู ปรุงรสด้วยเครื่องปรุงรสและเครื่องเทศหรือสมุนไพร เช่น เกลือ น้ำตาล ซีอิ๊วขาว พริกแห้ง ตะไคร้ กระเทียม หอมใบมะกรูด ขมิ้นบดหรือโขลก อาจเติมกระดูกหมูอ่อนด้วย ผสมให้เข้ากัน บรรจุในไส้หมูที่สะอาดแล้วหรือไส้ชนิดอื่นที่บริโภคได้ แล้วอาจนำไปทำให้สุก ไส้อั่วควรมีลักษณะดังนี้ คือ มีรูปทรงเดียวกัน ขนาดใกล้เคียงกัน มีการกระจายตัวของส่วนประกอบที่ใช้อย่างสม่ำเสมอ มีสีและกลิ่นรสตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ไส้อั่วที่ดีต้องไม่ไหม้เกรียม มีกลิ่นหอมของเครื่องเทศ ไม่มีกลิ่นรสไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นหืน กลิ่นอับ กลิ่นเหม็น รสเปรี้ยว เนื้อสัมผัสต้องไม่ร่วนแข็งและกระด้าง (โสมศิริ, 2555)

2.4 คุณสมบัติของไขมันสัตว์ในอาหาร

Giese (1996) และ Warriss (2000) ได้รายงานถึงสมบัติของไขมันสัตว์ว่า ไขมันสัตว์มีองค์ประกอบของที่พบมากที่สุด ได้แก่ ไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ซึ่งเป็นเอสเทอร์ของกลีเซอรอล (glycerol) เชื่อมกับกรดไขมัน (fatty acid) 3 โมเลกุล ได้แก่ โมโน และไดกลีเซอไรด์ (mono- and diglyceride) กรดไขมันอิสระ (free fatty acid) โทโคเฟอรอล (tocopherol) สเตอรอล (sterol) ฟอสโฟลิพิด (phospholipid) และวิตามินที่ละลายได้ในไขมัน โครงสร้างของกรดไขมันประกอบด้วยโมเลกุลของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนและกลุ่มคาร์บอกซิลิค กรดไขมันตามธรรมชาติมีจำนวนคาร์บอนประมาณ 4 – 22 อะตอม โดยกรดไขมันแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ กรดไขมันชนิดอิ่มตัว (saturated fatty acid) และกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) กรดไขมันชนิดอิ่มตัวมีองค์ประกอบของไฮโดรคาร์บอนจับกันด้วยพันธะเดี่ยว (single bond) เกิดปฏิกิริยาเพียงเล็กน้อย เช่น กรดบิวทีริค (butyric acid) กรดปาล์มิติค (palmitic acid) และกรดสเตียริค (steric acid) มีลักษณะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง เห็นได้จากไขมันวัวมีองค์ประกอบของกรดสเตียริคมากกว่าไขมันหมู จึงทำให้ไขมันวัวมีความแข็งมากกว่าไขมันหมู สำหรับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวโมเลกุลเดี่ยว (monounsaturated fatty acid; MUFA) ซึ่งมีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนจับกันด้วยพันธะคู่ (double bond) 1 โมเลกุล เช่น กรดโอเลอิค (oleic acid) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนจับกันด้วยพันธะคู่มากกว่า 1 โมเลกุล (polyunsaturated fatty acid; PUFA) เช่น กรดลิโนเลอิค (linoleic acid) และกรดลิโนเลนิค (linolenic acid) รวมทั้งกรดไขมันที่มีโครงสร้างไอโซเมอร์ประเภทซิส (cis form) ซึ่งสารประกอบไฮโดรคาร์บอนจะเรียงตัวอยู่รอบ ๆ พันธะคู่ของสายคาร์บอน และประเภททรานส์ (trans form) ซึ่ง

สารประกอบไฮโดรคาร์บอนจะเรียงตัวอยู่ตรงข้ามพันธะคู่ของสายคาร์บอน โดยทั่วไปมักพบกรดไขมันที่มีโครงสร้างประเภทซิสในไขมันสัตว์มากกว่าประเภททรานส์

Roller and Jones (1996) กล่าวว่า ความยาวของสายคาร์บอนของกรดไขมัน การจัดเรียงตัวในลักษณะของไอโซเมอร์ประเภทซิสและทรานส์ รวมไปถึงการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างของกรดไขมันในระหว่างกระบวนการผลิต กระบวนหลังการผลิตและการเก็บรักษา มีผลต่อลักษณะทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ มีผลต่อความคงตัวต่อความร้อน ความข้นหนืด การตกผลึก และการกักเก็บอากาศ เช่น มีผลต่อขั้นตอนหลังการผลิต โครงสร้างของไขมันมีผลต่อแรงเฉือน การเกาะติดกันของเนื้ออาหาร การเคลื่อนที่และการกระจายของเนื้ออาหาร ขั้นตอนการเก็บรักษาโครงสร้างของกรดไขมันมีผลต่อความคงตัวทางเคมีและกายภาพ เช่น การเหม็นหืนหรือการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

Warriss (2000) กล่าวว่า การบดเนื้อในกระบวนการผลิตไส้กรอกสามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ เนื่องจากออกซิเจนในอากาศจะทำปฏิกิริยากับไอออนของฮีม และเกลือแกงทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในเนื้อสัตว์ได้ แต่เกลือไนไตรท์ สารประกอบซิเตรท และสารประกอบฟอสเฟต ที่เติมในเนื้อหมักใช้เป็นตัวจับไอออน (chelating agent) สามารถช่วยชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ นอกจากนี้ McCord (1994) กล่าวว่าการเติมออกซิเจนที่พันธะคู่ในกรดไขมันอิสระชนิดไม่อิ่มตัวทำให้เกิดอนุมูลอิสระ (free radical) ในอาหารชนิดที่มีไขมัน

Roller and Jones (1996) รายงานว่า ไขมันในอาหารยังมีผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ เช่น ความมันวาว (gloss) ความมัว (translucency) สี (color) ลักษณะผิวเป็นเนื้อเดียวกัน (surface uniformity) การเกิดผลึก (crystallinity) รวมไปถึงลักษณะเนื้อสัมผัส (texture) ของอาหาร เช่น ความข้นหนืด (viscosity) ความยืดหยุ่น (elasticity) และความแข็ง (hardness) ไขมันยังมีส่วนสำคัญต่อกลิ่นรส (flavor) ความรู้สึกในปาก (mouth feel) เช่น การละลาย (meltability) ความลื่น (lubricity) ความมันเป็นครีม (creaminess) ความเหนียวหนืด (stickiness) และการเคลือบในปาก (mouth coating) เป็นต้น และได้กล่าวเพิ่มเติมว่า การลดไขมันในผลิตภัณฑ์อาหารจะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติหลาย ๆ ด้าน โดยเฉพาะคุณสมบัติทางเคมี ทางกายภาพและทางประสาทสัมผัส สมบัติของไขมันในอาหารและลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์อาหารด้วย Akoh (1998) ได้รวบรวมลักษณะของสารทดแทนไขมันชนิดต่าง ๆ สามารถแบ่งออกได้ 2 กลุ่ม พร้อมตัวอย่าง การแยกประเภท และการนำไปใช้ประโยชน์ดังนี้

2.4.1 สารทดแทนไขมัน (fat substitutes)

ปัจจุบันได้มีการผลิตสารทดแทนไขมัน (fat replacer) เพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารอย่างแพร่หลาย การลดปริมาณของไขมันในผลิตภัณฑ์ลงทำให้ปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ เพิ่มขึ้นจึงต้องมีการใช้ส่วนผสมอาหารที่ให้คุณสมบัติทางหน้าที่คล้ายไขมัน (functional ingredients) เช่น โปรตีน แป้ง และสารให้ความคงตัว (thickener) ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ กัม คาราจีแนน เพกทิน และเจลาติน (ศิ

วาพร, 2546) โดยการเลือกชนิดของส่วนผสมเพื่อใช้ในการแทนที่ไขมันจะขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์และระดับของปริมาณไขมันที่ต้องการให้ลดลง ซึ่งจะต้องทำให้เกิดสมดุล โดยสารทดแทนไขมันที่ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารสามารถแบ่งตามแหล่งที่มาออกได้เป็น 3 ประเภท (Akon, 1998)

โดยทั่วไปสารเหล่านี้มีโมเลกุลขนาดใหญ่ ลักษณะทางเคมีและกายภาพคล้ายคลึงกับไตรกลีเซอไรด์ ในทางทฤษฎีจึงสามารถใช้แทนไขมันในอาหารในสัดส่วนเดียวกัย มักกล่าวอ้างเป็นสารทดแทนไขมันประเภทไขมัน (fat-based fat replacers) หรือสารทดแทนไขมันประเภทน้ำมัน (lipid-based fat replacers) ซึ่งโครงสร้างทางเคมีของสารทดแทนไขมันประเภทไขมันหรือน้ำมันถูกสังเคราะห์ขึ้นหรือเกิดอนุพันธ์จากไขมันหรือน้ำมันเดิม เนื่องจากผลของกระบวนการดัดแปลงไขมันด้วยเอนไซม์ (enzymatic modification) สารทดแทนไขมันส่วนมากคงตัวต่ออุณหภูมิในการทำให้สุกและการทอด เช่น ซูโครสโพลิเอสเทอร์ (sucrose polyester) ที่รู้จักกันในชื่อ โอเลสตรา (olestra), sucrose fatty ester (SFE) กลุ่มของ polyol fatty acid esters ยกตัวอย่างเช่น sorbitol, trehalose, raffinose, starchyose polyesters, sorbestrin, sorbitol polyester เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่าสารทดแทนไขมันบางกลุ่มมีสมบัติเป็นอิมัลซิฟายเออร์ด้วย เช่น กลุ่มโมโนและไดกลีเซอไรด์ (mono- and diglyceride) โซเดียวสเตอรอนด์แลกธิเลท (sodium steroyl-2-lactylate) เลซิธิน (lecithin) และโพลีกลีเซอรอลเอสเทอร์ (polyglycerol esters) เป็นต้น สารในกลุ่มไตรกลีเซอไรด์ที่มีความยาวของสายปานกลาง (medium chain triglyceride) ก็สามารถนำมาใช้เป็นสารทดแทนไขมันได้ เช่น คาพรีนิน (caprenin) และ ซาลาทริม (salatrim) นอกจากนี้ยังมีสารประกอบประเภท diakyl dihexadecylmalonate (DDM), esterified propoxylated glycerols (EPGs), trialoxytricarballylate (TATCA), trialkoxycitrate (TAC) และ trialkoxyglycerylester (TGE)

สารทดแทนไขมันในกลุ่มโปรตีน (protein-based fat replacers) ได้จากอนุพันธ์ของนม ไข เวย์ โปรตีนถั่วเหลือง เจลาติน และวีทกลูเต็น ที่มีลักษณะละเอียด เมื่อผู้บริโภคได้บริโภคสารทดแทนไขมันเหล่านี้เข้าไปก็สามารถให้ความรู้สึกคล้ายกับการบริโภคไขมันจริง บางชนิดกระบวนการผลิตถูกดัดแปลง ทำให้มีรูปร่างที่มีสมบัติอื่น เช่น ความสามารถในการจับกับน้ำ รวมถึงสมบัติการทำให้เกิดปฏิกิริยาอิมัลซิฟิเคชัน (emulsification) สารทดแทนไขมันที่เป็นโปรตีนจะนิยมมาใช้ในกระบวนการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์นม

นอกจากนี้ยังสารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate-based fat replacers) มีทั้งสารประกอบที่ย่อยได้และย่อยไม่ได้ สารประกอบที่ย่อยได้ เช่น แป้งดัดแปรและเด็กซ์ทริน (dextrins) ซึ่งมีค่าพลังงาน 4 กิโลแคลอรีต่อกรัม ส่วนสารประกอบที่ย่อยไม่ได้จะให้พลังงานเพียงเล็กน้อย สารประกอบประเภทคาร์โบไฮเดรตใช้เป็นสารให้ความข้นหนืดและเกิดเจลในอาหาร เช่น กัม (gums) แป้ง (starches) เพคติน (pectin) เซลลูโลส (cellulose) ส่วน corn syrups solids

และ high-fructose corn syrups ใช้เป็นสารทดแทนไขมันที่ปราศจากไขมันและใช้ในผลิตภัณฑ์คุ๊กกี้ ลดไขมันที่ควบคุมปริมาณน้ำอิสระในอาหาร รวมไปถึงน้ำสลัด (salad dressing) ที่ปราศจากไขมัน ซึ่งสามารถใช้แซนแทนกัม (xanthan gum) และคาร์ราจีแนน (carrageenan) เป็นสารให้ความคงตัวแก่สารทดแทนไขมันดังกล่าว

2.4.2 สารเลียนแบบไขมัน (fat mimetics)

เป็นสารประกอบที่เลียนแบบสมบัติทางกายภาพและกลิ่น (organoleptic) ของไตรกลีเซอไรด์ แต่ไม่สามารถใช้ทดแทนไขมันในอาหารในสัดส่วนเดียวกันได้ สารเลียนแบบไขมันนิยมเรียกว่า สารทดแทนไขมันประเภทโปรตีน (protein-based fat replacers) หรือสารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate-based fat replacers) สารเหล่านี้เป็นส่วนประกอบของอาหารที่ถูกดัดแปลงโครงสร้างทางเคมีและกายภาพเพื่อเลียนแบบสมบัติของไขมัน ค่าพลังงานอาหารของสารเลียนแบบไขมันอยู่ในช่วง 0-40 กิโลแคลอรีต่อกรัม โดยทั่วไปสารเลียนแบบไขมันสามารถดูดซับน้ำไว้ได้จำนวนมากจึงไม่เหมาะที่จะใช้ทอด และอาจเสียสภาพธรรมชาติหรือเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (caramelization) ได้ที่อุณหภูมิสูง ไม่เหมาะสำหรับใช้ในอาหารที่ต้องการอบและการให้ไอน้ำร้อนภายใต้สภาวะความดันสูง (retort) โดยทั่วไปสารเลียนแบบไขมันนี้เป็นสารที่ให้กลิ่นรสน้อยกว่าไขมัน สามารถแทนที่โดยการจับน้ำที่มีกลิ่นรสละลายอยู่ แต่ไม่สามารถจับกับองค์ประกอบของกลิ่นรสที่ละลายในไขมัน

ตัวอย่างการนำสารทดแทนไขมันในอุตสาหกรรมอาหาร ดังแสดงในตารางที่ 2.1

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ตารางที่ 2.1 การใช้ประโยชน์ของสารทดแทนไขมันและวัตถุประสงค์ของการใช้งาน

การนำไปใช้ประโยชน์	ชนิดของสารทดแทนไขมัน	วัตถุประสงค์ของการใช้งาน
อุตสาหกรรมขนมอบ (baked goods)	ไขมัน	ใช้เป็นอิมัลซิฟายเออร์ (emulsifier) เพื่อการปรับปรุงสมบัติการยึดเกาะ (cohesiveness) ความนุ่ม (tenderness) ช่วยพากลิ่นรส (carry flavor), ทดแทนการใช้เนยขาว (shortening) ป้องกันการเกิดลักษณะที่ด้อยลงของอาหาร (prevent staling) ป้องกันการเกิดกระบวนการไฮโดรไลซิสของแป้ง (prevent starch retrogradation) และปรับสภาพของโด (condition dough)
	คาร์โบไฮเดรต	ช่วยรักษาความชื้น และขัดขวางลักษณะที่ด้อยของอาหาร (retard staling)
	โปรตีน	ปรับปรุงเนื้อสัมผัส
การทอด (frying)	ไขมัน	ปรับปรุงเนื้อสัมผัส กลิ่นรสและความกรอบ (crispiness) การนำความร้อน
สลัดเดรซซิ่ง (salad dressing)	ไขมัน	ใช้เป็นอิมัลซิฟายเออร์ ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัส ความรู้สึกภายในปาก ช่วยพากลิ่นรส
	คาร์โบไฮเดรต	เพิ่มความหนืด ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัส ความรู้สึกภายในปาก
	โปรตีน	ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัส ความรู้สึกภายในปาก
อุตสาหกรรมขนมหวานแช่แข็ง (frozen dessert)	ไขมัน	ใช้เป็นอิมัซิฟายเออร์ ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัส
	คาร์โบไฮเดรต	เพิ่มความหนืด ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสในด้านความเหนียว
	โปรตีน	ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสให้มีความคงตัว
อุตสาหกรรมมาการีน ชอร์ทเทนนิ่ง สปรด เนยเหลว (margarine, shortening, spreads, butter)	ไขมัน	ปรับปรุงการกระขายตัวของอาหาร ใช้เป็นอิมัลซิฟายเออร์ ช่วยปรับปรุงกลิ่นรสและความยืดหยุ่นของอาหาร (plasticity)
	คาร์โบไฮเดรต	ปรับปรุงความรู้สึกภายในปาก
	โปรตีน	ปรับปรุงความรู้สึกภายในปาก

ที่มา: Akoh (1998); อ้างอิงโดย นภาพร ดีสนาม (2549)

ตารางที่ 2.1 การใช้ประโยชน์ของสารทดแทนไขมันและวัตถุประสงค์ของการใช้งาน (ต่อ)

การนำไปใช้ประโยชน์	ชนิดของสารทดแทนไขมัน	วัตถุประสงค์ของการใช้งาน
อุตสาหกรรมลูกอม (confectionery)	ไขมัน	ปรับปรุงเนื้อสัมผัส ใช้เป็นอิมัลซิฟายเออร์
	คาร์โบไฮเดรต	ปรับปรุงเนื้อสัมผัส และความรู้สึกภายในปาก
	โปรตีน	ปรับปรุงเนื้อสัมผัส และความรู้สึกภายในปาก
การผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ (processed meat products)	ไขมัน	เป็นอิมัลซิฟายเออร์ ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัส และความรู้สึกภายในปาก
	คาร์โบไฮเดรต	เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ ปรับปรุงเนื้อสัมผัส และความรู้สึกภายในปาก
	โปรตีน	ปรับปรุงเนื้อสัมผัส ความสามารถในการอุ้มน้ำ และความรู้สึกภายในปาก
อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์นม (dairy products)	ไขมัน	ปรับปรุงด้านกลิ่นรส ปรับปรุงเนื้ออาหาร (body) ปรับปรุงเนื้อสัมผัส ความรู้สึกภายในปาก ช่วยให้เกิดความคงตัว และเพิ่มการเติมอากาศ (overrun)
	คาร์โบไฮเดรต	เพิ่มความหนืด ความเหนียว การเกิดเจล และความคงตัว
ซุป ซอส เกรวี่ (soups, sauces, gravies)	ไขมัน	ปรังปรุงเนื้อสัมผัม และความลื่น (lubricity)
	คาร์โบไฮเดรต	ปรับปรุงเนื้อสัมผัส ความรู้สึกภายในปาก และความเหนียว
	โปรตีน	ปรับปรุงเนื้อสัมผัส และเพิ่มความคงตัว
ผลิตภันฑ์อาหารว่าง (snack products)	ไขมัน	เป็นอิมัลซิฟายเออร์ และปรับปรุงกลิ่นรส
	คาร์โบไฮเดรต	ปรับปรุงเนื้อสัมผัส
	โปรตีน	ปรับปรุงเนื้อสัมผัส

ที่มา: Akoh (1998); อ้างอิงโดย นภาพร ดีสนาม (2549)

2.4.3 การใช้สารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก

Muguerza และคณะ (2001) ศึกษาการลดมันหมูแข็งด้วยน้ำมันมะกอกพรีอิมัล-ซิฟายด์ด้วยโปรตีนถั่วเหลืองสกัดต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกเปรี้ยวประเทศสเปน โดยการใช้น้ำมันมะกอกพรีอิมัลซิฟายด์ 6 ระดับ ได้แก่ร้อยละ 0, 10, 15, 20, 25 และ 30 ของมันหมูแข็ง พบว่าปริมาณการทดแทนตั้งแต่ร้อยละ 20-30 มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าสูตรควบคุมเนื่องจากใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัดในการเตรียมพรีอิมัลซิฟายด์ ปริมาณคอเลสเตอรอลลดลงร้อยละ 12-13 และมากกว่าร้อยละ 30 ในผลิตภัณฑ์ที่ทดแทนร้อยละ 20-25 และร้อยละ 30 ตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่ทดแทนด้วยน้ำมันมะกอกพรีอิมัลซิฟายด์ร้อยละ 10-25 ผู้บริโภคให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์และไม่มีผลต่อค่าสี และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว โดยปริมาณร้อยละ 25 เป็นปริมาณที่มีคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสดีที่สุด

Mendoza และคณะ (2001) ศึกษาผลของอินนูลิน ไฟเบอร์ที่ละลายน้ำได้ เพื่อใช้เป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว พบว่าสามารถใช้ลดไขมันได้ร้อยละ 40-50 ของปริมาณไขมัน และลดปริมาณแคลอรีลงได้ร้อยละ 30 ไส้กรอกทั่วไป

Muguerza และคณะ (2002) ได้ศึกษาการใช้น้ำมันมะกอกทดแทนมันหมูแข็งร้อยละ 0 และ 20 ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยว ทำการหมักไส้กรอกเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าปริมาณการทดแทนมันหมูที่แตกต่างกันมีผลทำให้น้ำหนักผลิตภัณฑ์ลดลง มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมี ลักษณะเนื้อสัมผัส และค่าสีของผลิตภัณฑ์

Nobile และคณะ (2009) ทำการศึกษาการลดปริมาณมันหมูแข็งในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกซาลามี ประเทศอิตาลีด้วยการใช้น้ำมันมะกอกที่ถูกดูดซับด้วยเวย์หวานและขนมปังขาว ในปริมาณร้อยละ 60 และ 100 ตามลำดับ (เทียบกับมันหมูแข็ง) พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH), การสูญเสียน้ำหนัก, ค่าสี, ปริมาณจุลินทรีย์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอก ($P\leq0.05$) นอกจากนี้การใช้สารทดแทนดังกล่าวมีกรดไขมันที่ดีกว่า ซึ่งมีกรดไขมันอิ่มตัวต่ำและมีกรดไขมันชนิดอิ่มตัวเชิงเดี่ยวสูงกว่าสูตรควบคุม และปริมาณการทดแทนน้ำมันมะกอกที่ถูกดูดซับด้วยเวย์หวานร้อยละ 60 ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด ไม่มีความแตกต่างกับสูตรควบคุม

ประดิษฐ์ และคณะ (2555) ศึกษาชนิดและของส่วนผสมที่เหมาะสมเพื่อทดแทนมันหมูแข็งในไส้กรอกเปรี้ยว โดยใช้น้ำมันรำข้าวที่ถูกดูดซับด้วยเวย์หวาน และน้ำมันรำข้าวที่ถูกดูดซับด้วยโปรตีนเกษตรร้อยละ 60 และ 100 ตามลำดับ ประเมินคุณสมบัติทางเคมี กายภาพของไส้กรอกเปรี้ยวทั้งระหว่างการหมักและหลังการหมัก ประเมินทางประสาทสัมผัส และประเมินอายุการเก็บรักษาไส้กรอกเปรี้ยว พบว่า การใช้น้ำมันรำข้าวที่ถูกดูดซับด้วยเวย์หวานและโปรตีนเกษตรมีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง ในระหว่างการหมัก ($P\leq0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างหลักการหมัก ($p>0.05$) การ

ใช้น้ำมันรำข้าวที่ถูกดูดซับด้วยเวย์หวานและโปรตีนเกษตรในปริมาณที่แตกต่างกันมีผลต่อคะแนนการประเมินทางสารทสัมผัส ปริมาณการทดแทนด้วยน้ำมันรำข้าวที่ถูกดูดซับด้วยเวย์หวานร้อยละ 100 มีคะแนนการยอมรับมากที่สุด ($P \leq 0.05$) สามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลา 12 วัน

2.5 เนยขาวน้ำมันรำข้าว (rice bran oil shortening, king)

เนยขาวน้ำมันรำข้าวหรือชอร์ตเทนนิ่งน้ำมันรำข้าวคิงผลิตจากไขของน้ำมันรำข้าวร้อยละ 100 เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความเป็นธรรมชาติสูง เพราะผลิตด้วยกระบวนการทางกายภาพ ไม่ผ่านการเติมสารเคมีใด ๆ สามารถนำไปใช้ทดแทนเนยสด หรือชอร์ตเทนนิ่งทั่วไป ในการทำเบเกอรีต่าง ๆ เช่น เค้ก คุกกี้ ขนมปัง พัฟฟ์ พาย ตรีมแต่งหน้าเค้ก ครีมสอดไส้เค้ก ซึ่งจะให้เนื้อครีมที่เบา ฟู นุ่ม ไม่มันเคลือบลิ้น นอกจากนั้นยังสามารถนำไปใช้เป็นส่วนผสมในการทำไอศกรีมได้อีกด้วยชอร์ตเทนนิ่งน้ำมันรำข้าวคิง จึงเหมาะอย่างยิ่งสำหรับการทำเบเกอรีและไอศกรีมเพื่อสุขภาพ (น้ำมันบริโภคไทย, 2560)

ภาพที่ 2.1 เนยขาวน้ำมันรำข้าวคิง (king rice bran oil shortening)
ที่มา: น้ำมันบริโภคไทย (2560)

2.5.1 กรรมวิธีการผลิตเนยขาวน้ำมันรำข้าว

นำน้ำรำข้าวสำหรับบริโภคตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมาตกผลึกในถังที่ภายในประกอบด้วยใบกวน และมีการหล่อเย็นด้วยน้ำ โดยอุณหภูมิในการหล่อเย็นแบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอน ใช้เวลาทั้งหมดประมาณ 23 ชั่วโมง จากนั้นนำน้ำมันที่ผ่านการตกผลึกมากรองด้วยเครื่องกรองฟิลเตอร์เพรส (filter press) ขณะกรองต้องควบคุมอุณหภูมิแวดล้อมในการกรองที่ 10-15 องศาเซลเซียส หลังจากกรองแล้วจะทำการอัดไขบนแผ่นกรองโดยใช้ลม ที่ความดัน 1-5 บาร์ ซึ่งใช้เวลาทั้งหมด ประมาณ 2 ชั่วโมง ความดันที่ใช้ในการอัดแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน จะได้ไขน้ำมันรำข้าว (rice bran stearin) จากนั้นนำไขน้ำมันรำข้าวมาให้ความร้อนที่ 45 องศาเซลเซียส จนกระทั่งละลายหมด

แล้วกรองผ่านถุง กรอง และนำมาตกผลึกซ้ำที่อุณหภูมิประมาณ 27 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที แล้วกวนไขน้ำมันรำข้าวโดยใช้ ความเร็วต่ำ 1 นาที จะได้เนยขาวน้ำมันรำข้าว (rice bran oil shortening) มีสีเหลืองอ่อนเฉพาะของ น้ำมันรำข้าว มีลักษณะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และมีจุดหลอมเหลว (Slip Melting Point) ที่ อุณหภูมิ 36 องศาเซลเซียส (ประวิทย์ สันติวัฒนา, 2556)

2.5.2 คุณสมบัติของชอร์ตเทนนิ่งน้ำมันรำข้าว

1) ไม่มีคอเลสเตอรอล เนื่องจากชอร์ตเทนนิ่งน้ำมันรำข้าวคิงหรือเนยขาวน้ำมันรำข้าวผลิตจากไขของน้ำมันรำข้าวร้อยละ 100

2) มีค่ากรดไขมันทรานส์เท่ากับ 0 กรัมต่อหน่วยบริโภค

3) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ปลอดจากการดัดแปลงพันธุกรรม

4) มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวน้อยกว่าร้อยละ 40

5) ไม่ใช้สารกันหืนสังเคราะห์ เนื่องจากมีสารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติ เช่น โอไรซานอล ไฟโตสเตอรอล และวิตามินอี

6) ไม่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจน

7) ไม่ผ่านการดัดแปลงโครงสร้างด้วยปฏิกิริยาทางเคมีหรือใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาทางเคมี

8) ไม่เจือกลิ่นและสีสังเคราะห์

9) เหมาะสำหรับผู้รับประทานอาหารเจหรือผู้ที่แพ้ผลิตภัณฑ์จากนม

2.6 แป้งรำข้าวสกัด (rice bran flour)

แป้งรำข้าวคิง เป็นผลิตภัณฑ์จากรำข้าวสกัดน้ำมัน 100% โดยใช้กระบวนการการผลิตด้วยวิธีทางกายภาพ มีความหอม และมีรสหวานเล็กน้อยตามธรรมชาติ อุดมด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ได้แก่ โปรตีน ใยอาหารวิตามินบี1 วิตามินบี3 วิตามินบี6 และวิตามินบี9 สามารถนำไปใช้ทดแทนแป้งสาลี แป้งข้าวเจ้า แป้งโฮลวีท หรือแป้งอื่น ๆ บางส่วน เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารและเบเกอรี นอกจากนั้น สามารถใช้ผสมในอาหาร และเครื่องดื่มต่าง ๆ เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ แป้งรำข้าวคิง ช่วยเพิ่มคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่ม (น้ำมันบริโภคไทย, 2560)

แป้งรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันประกอบด้วยแป้ง (starch) ร้อยละ 30.70 ใยอาหาร (dietary fiber) ร้อยละ 30.32 โปรตีนร้อยละ 19.30 น้ำตาลร้อยละ 3.20 ไขมันร้อยละ 1.40 ความชื้นร้อยละ 3.30 และเถ้าร้อยละ 11.00 นอกจากนี้ อุดมด้วยโปรตีน วิตามินบี1 (ไทอามิน) 1.75 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และวิตามินบี3 (ไนอาซิน) 45.64 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และให้พลังงาน 350 กิโลแคลอรี แป้งรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมัน จัดอยู่ในอาหารกลุ่มที่มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ (low GI) ประมาณ 44 - 48 ปราศจากกลูเตน (gluten free) และปลอดจากการดัดแปลงทางพันธุกรรม (non

- GMO) แป้งรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันผลิตจากวัตถุดิบรำข้าวสกัดน้ำมันซึ่งเป็นผลพลอยได้จากโรงงานสกัดน้ำมันร้าข้าว แต่เดิมรำข้าวสกัดน้ำมันที่นำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ แต่เมื่อมีการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสำหรับบริโภค โดยผลิตเป็นแป้งรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมัน มีมูลค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 3 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับราคาที่ขายในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ (ประวิทย์ และธิดา, 2559)

ภาพที่ 2.2 แป้งรำข้าวคิง (king rice bran flour)
ที่มา: น้ำมันบริโภคไทย (2560)

ประวิทย์ และธิดา (2559) ทำการศึกษาผลของการใช้แป้งรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันทดแทนเนื้อหมู ในผลิตภัณฑ์หมูบดทอดและคุณภาพของน้ำมันที่ใช้ทอด โดยทำการทดสอบผลิตหมูปั้นทอดแบบน้ำมันท่วมทั้งหมด 4 สูตร ได้แก่ สูตรควบคุม สูตรทดแทนเนื้อหมูด้วยโปรตีนถั่วลันเตาร้อยละ 5 สูตรทดแทนเนื้อหมูด้วยโปรตีนถั่วลันเต้าร้อยละ 2.5 ผสมแป้งรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันร้อยละ 2.5 และสูตรทดแทนเนื้อหมูด้วยแป้งรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันร้อยละ 5 พบว่าหมูบดทอดสูตรทดแทนเนื้อหมูบดด้วยแป้งรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันปริมาณร้อยละ 5 ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด เมื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพ พบว่า หมูบดทอดสูตรทดแทนเนื้อหมูบดด้วยแป้งรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันปริมาณร้อยละ 5 มีปริมาณผลผลิตของชิ้นหมูหลังทอด และปริมาณความชื้นของชิ้นหมูหลังทอดสูงกว่าสูตรควบคุมร้อยละ 9.6 และ 4.5 ตามลำดับ มีปริมาณน้ำมันที่ดูดซับในชิ้นหมูบดทอดลดลงร้อยละ 2.15 เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำมันรำข้าวที่ผ่านการทอดหมูบดทอดสูตรทดแทนเนื้อหมูบดด้วยแป้งรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมัน มีค่าเปอร์ออกไซด์และสารประกอบโพลาร์เพิ่มขึ้นช้ากว่าน้ำมันร้าข้าวที่ใช้ทอดหมูสูตรปกติอย่างมีนัยสำคัญ

จากงานวิจัยการลดปริมาณมันหมูแข็งในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก โดยการใช้น้ำมันพืชเพื่อทดแทนไขมันสัตว์สำหรับผลิตภัณฑ์ไส้กรอก ชี้ให้เห็นว่าน้ำมันพืชสามารถใช้ทดแทนไขมันสัตว์ลงได้

และสามารถลดระดับของกรดไขมันชนิดอิ่มตัวและคอเลสเตอรอลในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกลงได้ (Fernández-Ginés *et al*., 2005; Ozvural and Vural, 2008; Ospina-E *et al*., 2010) นอกจากนี้ การใช้สารทดแทนไขมันชนิดอื่น ๆ ร่วมกับน้ำมันพืช เช่น โปรตีนเกษตร เวย์หวาน หรือขนมปังขาว แป้งรำข้าวยังสามารถนำมาใช้ร่วมกับผลิตภัณฑ์เนื้อหรือไส้กรอกชนิดบดหยาบให้มีลักษณะคล้ายมันหมูแข็ง และลดปริมาณมันหมูแข็งลงได้ ดังนั้น การใช้น้ำมันพืชร่วมกับสารทดแทนไขมันประเภทของแข็ง จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานและไส้อั่วได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ อุปกรณ์และสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบ

- เนยขาวน้ำมันรำข้าว	คิงส์	ไทย
- แป้งรำข้าวสกัด	คิงส์	ไทย
- น้ำมันรำข้าว	คิงส์	ไทย
- ไส้เทียมคอลลาเจน	พีทีเค โซลูชั่น แอนด์ ซัพพลาย	ไทย
- ผงเพรค (เกลือไนไตรท์)	พีทีเค โซลูชั่น แอนด์ ซัพพลาย	ไทย
- ผงฟอสเฟต	พีทีเค โซลูชั่น แอนด์ ซัพพลาย	ไทย
- น้ำตาลทราย	มิตรผล	ไทย
- พริกไทยป่น	ตรามือ	ไทย
- น้ำปลา	ทิพรส	ไทย
- ข้าวสาร	แอโร่	ไทย
- กะปิ	ตราชั่ง	ไทย
- เนื้อวัว	ตลาดสด	ไทย
- ใบมะกรูด	ตลาดสด	ไทย
- ผักชี	ตลาดสด	ไทย
- ตะไคร้	ตลาดสด	ไทย
- กระเทียม	ตลาดสด	ไทย
- หอมแดง	ตลาดสด	ไทย
- พริกแดงแห้ง	ตลาดสด	ไทย
- ขมิ้น	ตลาดสด	ไทย
- ข่า	ตลาดสด	ไทย

3.1.2 เครื่องมือ และอุปกรณ์

1) อุปกรณ์ และเครื่องมือสำหรับเตรียมตัวอย่างไส้กรอก

- ชุดอุปกรณ์ครัว และเครื่องครัวสแตนเลส
- เครื่องปั่นผสมอาหาร
- เครื่องอัดไส้กรอกแบบมือถือ
- เครื่องบรรจุถุงแบบสุญญากาศ
- ตู้อบควบคุมอุณหภูมิ
- ถุงสุญญากาศ
- เครื่องชั่งน้ำหนัก
- ตู้แช่เยือกแข็ง
- ตู้แช่เย็น
- ด้ายมัดไส้กรอก

2) อุปกรณ์ และเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ทางเคมี

- อุปกรณ์ และเครื่องมือวิเคราะห์ความชื้น
- อุปกรณ์ และเครื่องมือวิเคราะห์โปรตีน
- อุปกรณ์ และเครื่องมือวิเคราะห์ไขมัน
- อุปกรณ์ และเครื่องมือวิเคราะห์เถ้า
- เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)
- โถดูดความชื้น (desicator)
- เครื่องดูดจ่ายสารละลายอัตโนมัติ
- เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 2 ตำแหน่ง
- เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- กระดาศกรอง เบอร์ 1 และ 4 (Whatman)
- ชุดอุปกรณ์เครื่องแก้ว

3) อุปกรณ์ และเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ทางกายภาพ

- เครื่องวัดเนื้อสัมผัสอาหาร (Texture analyzer)

4) อุปกรณ์ และเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

- เครื่องปั่นเหวี่ยง
- เครื่องตีปั่นอาหาร
- ตู้บ่มเชื้อควบคุมอุณหภูมิ
- หม้อนึ่งไอน้ำ
- ตู้แช่เย็น
- หลอดทดลอง
- จานเพาะเชื้อ
- ชุดอุปกรณ์เครื่องแก้ว

5) อุปกรณ์ และเครื่องมือสำหรับประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

- ถ้วยพลาสติกสีขาวสำหรับประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส
- ไม้จิ้มฟัน สำหรับนำอาหารเข้าปาก

3.1.3 สารเคมี

1) สารเคมีสำหรับวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

- กรดซัลฟูริกเข้มข้น (Sulfuric acid, analytical grade, Merck)
- กรดบอริก (Boric acid, analytical grade, Merck)
- กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid, analytical grade, Ajax)
- คอปปเปอร์ (II) ซัลเฟต (Copper (II) sulfate, analytical grade Fisher)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, analytical grade, Ajax)
- พอแทสเซียมซัลเฟต (Potassium sulfate, analytical grade, Merck)
- ปิโตรเลียม อีเทอร์ (Petrolium ether, analytical grade, Fisher)
- เมธิลเรด (Methyl red, analytical grade, Pacreac)
- โบรโมครีซอล กรีน (Bromocresol green, analytical grade, Ajax)
- Thiobarbituric acid (TBA) (MERCK, Germany)

2) อุปกรณ์ และเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

- อาหารเลี้ยงเชื้อ
- แอลกอฮอล์ เข้มข้นร้อยละ 70
- น้ำกลั่น

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2.1 การศึกษาปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสดฮาลาล

ทำการศึกษาปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวที่เหมาะสมเพื่อทดแทนไขมันสัตว์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสด (ไส้อั่วเนื้อ และไส้กรอกอีสานเนื้อ) โดยแปรปริมาณน้ำมันรำข้าว 4 ระดับ (เทียบกับปริมาณมันหมูในสูตรต้นตำรับ) ได้แก่ ร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 ตามลำดับ สูตรส่วนผสมและวิธีการทำไส้อั่วเนื้อฮาลาล (ดัดแปลงจากพาขวัญ, 2555) และไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาล (ดัดแปลงจากธเนศ, 2559) แสดงในตารางที่ 3.1 และ 3.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมสำหรับการผลิตไส้อั่วเนื้อฮาลาล

ส่วนผสม	ปริมาณที่ใช้ (กรัม)			
	ร้อยละ 25	ร้อยละ 50	ร้อยละ 75	ร้อยละ 100
เนื้อวัวบด	500	500	500	500
เนยขาวน้ำมันรำข้าว	25	50	75	100
ใบมะกรูดซอย	10	10	10	10
ผักชี	10	10	10	10
น้ำตาลทราย	5	5	5	5
น้ำปลา	10	10	10	10
ซอสปรุงรส	10	10	10	10
ฟอสเฟต	5	5	5	5
พริกแห้ง	10	10	10	10
ขมิ้น	5	5	5	5
ข่า	5	5	5	5
ตะไคร้	5	5	5	5
กระเทียม	15	15	15	15
หอมแดง	30	30	30	30
กะปิ	20	20	20	20
รวม	**660**	**685**	**710**	**735**

ที่มา: ดัดแปลงจากพาขวัญ ทองรักษ์ (2555)

วิธีทำ

1. โขลกพริกแห้งที่แกะเมล็ดและแช่น้ำ ตะไคร้ ข่า ขมิ้น กระเทียม หอมแดง และกะปิให้ละเอียด
2. ละลายเนยขาวน้ำมันรำข้าว พักให้เย็น
3. นำเนื้อวัวบดลงไปคลุกเคล้ากับฟอสเฟต และเนยขาวน้ำมันรำข้าวให้เข้ากัน
4. นำพริกแกงที่โขลกใส่ลงในชามผสม และนำเนื้อวัวที่ได้จากข้อ 3. ลงไปคลุกเคล้าให้เข้ากัน (ประมาณ 5 นาที)
5. เติม น้ำปลา น้ำตาลทราย ใบมะกรูดซอย และผักชีซอย ผสมคลุกเคล้าเข้ากัน
6. นำส่วนผสมมาอัดในไส้เทียมคอลลาเจนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตร
7. ใช้ไม้จิ้มฟันเจาะไส้อั่วเพื่อไล่อากาศ
8. นำไปนึ่งด้วยไฟอ่อนประมาณ 5-10 นาที แล้วนำไปย่างให้สุกอีกครั้ง
9. บรรจุลงถุงสุญญากาศ เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปการวิเคราะห์ทางเคมีกายภาพ จุลินทรีย์ และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ตารางที่ 3.2 ส่วนผสมสำหรับการผลิตไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาล

ส่วนผสม	ปริมาณที่ใช้ (กรัม)			
	ร้อยละ 25	ร้อยละ 50	ร้อยละ 75	ร้อยละ 100
เนื้อวัวบด	500	500	500	500
เนยขาวน้ำมันรำข้าว	62.5	125	187.5	250
เกลือป่น	5	5	5	5
ผงเพรค (เกลือไนไตรท์)	5	5	5	5
ฟอสเฟต	2	2	2	2
พริกไทยขาวป่น	3	3	3	3
น้ำตาลทรายแดง	18	18	18	18
กระเทียมซอย	100	100	100	100
ตะไคร้ซอย	10	10	10	10
ข้าวสวยหุงสุก	150	150	150	150
รวม	**855.5**	**918**	**980.5**	**1,043**

ที่มา: ดัดแปลงจากธเนศ อิสระมงคลพันธ์ (2559)

วิธีทำ

1. ละลายเนยขาวน้ำมันรำข้าว
2. นำเนื้อวัวบดลงไปคลุกเคล้ากับฟอสเฟต และเนยขาวน้ำมันรำข้าวให้เข้ากัน
3. เติมเกลือ ผงเพรค พริกไทย น้ำตาลทรายแดง และตะไคร้ นวดส่วนผสมให้เข้ากัน (ประมาณ 5 นาที)
4. เติมกระเทียม ตะไคร้ และข้าวสวยหุงสุก นวดให้เข้ากัน
5. นำส่วนผสมบรรจุลงในไส้เทียมคอลลาเจน
6. ทำเป็นท่อนตามขนาดที่ต้องการ
7. แขวนไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 – 48 ชั่วโมง
8. บรรจุถุง เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปการวิเคราะห์ทางเคมี กายภาพ จุลินทรีย์ และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

3.2.1.1 การประเมินคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมี

การประเมินตัวอย่างไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาล และไส้อั่วเนื้อฮาลาล ดังนี้

1) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาล และไส้อั่วเนื้อฮาลาล) ดังนี้

- ปริมาณความชื้น (AOAC, 1999)
- ปริมาณโปรตีน (AOAC, 1999)
- ปริมาณไขมัน (AOAC, 1999)
- ปริมาณเถ้า (AOAC, 1999)
- ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (คำนวณ)

2) การสูญเสียน้ำหนัก (Weight losses) ระหว่างการหมักในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาล

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลก่อนการหมัก (วันที่ 0) ทั้ง 4 ตัวอย่าง ทำการชั่งน้ำหนักตัวอย่างในระหว่างการหมัก โดยน้ำหนักตัวอย่างที่สูญเสียไปสามารถคำนวณและแสดงผลเป็นร้อยละจากสูตร (Doungkhwan *et al*., 2017)

$$\text{การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนหมัก} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังหมัก}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนหมัก}} \times 100$$

3) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ระหว่างการหมักในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาน

บดตัวอย่างไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาล ผสมตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1 : 10 ทำการวัดด้วย pH meter เป็นเวลา 5 นาทีจนได้ค่าที่คงที่ ทำการวัดตัวอย่างจำนวน 3 ครั้ง

4) การวัดเนื้อสัมผัสของไส้กรอกสดฮาลาล

การวัดเนื้อสัมผัสของไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาล และไส้อั่วเนื้อฮาลาลแบบ Texture Profile Analysis (TPA) (ดัดแปลงจากโสมสิริ, 2555) โดยเตรียมไส้กรอกอีสานตัดตามหน้าตัดของไส้กรอกอีสานให้มีความหนา 1 เซนติเมตร วัดตัวอย่างด้วยหัวอะลูมิเนียม ทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร (Ø 50 mm aluminum cylinder probe) โหลดเซลล์ที่ใช้ในการวัด 2,000 กรัม ใช้ความเร็วก่อนการวัดค่าตัวอย่าง 1 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วขณะทำการวัดค่าตัวอย่าง 2 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วหลังการวัดค่าตัวอย่าง 5 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะเวลาระหว่างการกดครั้งที่สอง 5 วินาที ตัวอย่างจะถูกกดลงไปเป็นระยะทางร้อยละ (Strain) 50 ของความสูงตัวอย่าง แต่ละสิ่งทดลองทำการวัดค่า 10 ตัวอย่าง

3.2.1.2 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การคัดเลือกปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวที่เหมาะสมในไส้กรอกสดฮาลาลทั้ง 2 ชนิด ด้วยวิธีการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) จำนวน 50 คน ทำการประเมินคุณลักษณะในด้านกลิ่น รสชาติ ความฉ่ำน้ำ ความแน่นเนื้อ และความชอบโดยรวม

3.2.2 การศึกษาปริมาณแป้งรำข้าวสกัดในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสดฮาลาล

การใช้สารสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสดฮาลาล ได้แก่ แป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับด้วยน้ำมันรำข้าวในอัตราส่วน 3 : 2 จำนวน 4 ระดับ (ดัดแปลงจากประดิษฐ์, 2555) ได้แก่ ร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 ตามลำดับ ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาล และไส้อั่วเนื้อฮาลาลที่ได้จากข้อ 3.2.1

3.2.2.1 การประเมินคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมี

การประเมินตัวอย่างไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาล และไส้อั่วเนื้อฮาลาล ดังนี้

1) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาล และไส้อั่วเนื้อฮาลาล) ดังนี้

- ปริมาณความชื้น (AOAC, 1999)
- ปริมาณโปรตีน (AOAC, 1999)
- ปริมาณไขมัน (AOAC, 1999)
- ปริมาณเถ้า (AOAC, 1999)
- ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (คำนวณ)

2) การสูญเสียน้ำหนัก (Weight losses) ระหว่างการหมักในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาล

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลก่อนการหมัก (วันที่ 0) ทั้ง 4 ตัวอย่าง ทำการชั่งน้ำหนักตัวอย่างในระหว่างการหมัก โดยน้ำหนักตัวอย่างที่สูญเสียไปสามารถคำนวณและแสดงผลเป็นร้อยละจากสูตร (Doungkhwan *et al*., 2017)

$$\text{การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนหมัก} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังหมัก}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนหมัก}} \times 100$$

3) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ระหว่างการหมักในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาน

บดตัวอย่างไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาล ผสมตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1 : 10 ทำการวัดด้วย pH meter เป็นเวลา 5 นาทีจนได้ค่าที่คงที่ ทำการวัดตัวอย่างจำนวน 3 ครั้ง

4) การวัดเนื้อสัมผัสของไส้กรอกสดฮาลาล

การวัดเนื้อสัมผัสของไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาล และไส้อั่วเนื้อฮาลาลแบบ Texture Profile Analysis (TPA) (ดัดแปลงจากโสมสิริ, 2555) โดยเตรียมไส้กรอกอีสานตัดตามหน้าตัดของไส้กรอกอีสานให้มีความหนา 1 เซนติเมตร วัดตัวอย่างด้วยหัวอะลูมิเนียม ทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร (Ø 50m m aluminum cylinder probe) โหลดเซลล์ที่ใช้ในการวัด 2,000 กรัม โดยกำหนดการวัดของเครื่องมือ คือ ใช้ความเร็วก่อนการวัดค่าตัวอย่าง 1 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วขณะทำการวัดค่าตัวอย่าง 5 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วหลังการวัดค่าตัวอย่าง 5 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะเวลาระหว่างการกดครั้งที่สอง 5 วินาที ตัวอย่างจะถูกกดลงไปเป็นระยะทางร้อยละ (Distance) 50 ของความสูงตัวอย่าง แต่ละสิ่งทดลองทำการวัดค่า 10 ตัวอย่าง ประมวลผลการวิเคราะห์เป็นค่าความแข็ง (hardness) ค่าการยึดติด (adhesiveness) ค่าความยืดหยุ่น (springiness) ค่าความยึดเกาะกัน (cohesiveness) ค่าความเหนียวยึดติด (gumminess) และความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว (chewiness)

3.2.2.2 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การคัดเลือกปริมาณแป้งรำข้าวสกัดดูดซับด้วยน้ำมันรำข้าวที่เหมาะสมในไส้กรอกสดฮาลาลทั้ง 2 ชนิด ด้วยวิธีการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) จำนวน 50 คน ทำการประเมินคุณลักษณะในด้านกลิ่น รสชาติ ความฉ่ำน้ำ ความแน่นเนื้อ และความชอบโดยรวม

3.2.3 ประเมินตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน กระทรวงอุตสาหกรรม

3.2.3.1 ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาล อ้างอิงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 475/2555 เรื่อง ไส้กรอกอีสานเนื้อวัว

3.2.3.2 ไส้อั่วเนื้อฮาลาล อ้างอิงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.294/2547 เรื่อง ไส้อั่ว

3.2.4 การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสดฮาลาล

บรรจุผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสดฮาลาล (ไส้กรอกอีกสานฮาลาล ไส้อั่วฮาลาล) บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิด Nylon/LLDPE ภายใต้สภาวะ 2 สภาวะ คือ ภายใต้บรรยากาศปกติ และแบบสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4$\pm$2 องศาเซลเซียส ประเมินคุณภาพในคุณภาพทุก ๆ 3 วัน ดังนี้

1) จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (AOAC, 1999)
2) จำนวนยีสต์และรา (AOAC, 1999)
3) ค่า Thiobabituric Acid Reactive Substances, TBARs (ดัดแปลงจาก Russell *et al.*, 1977)

3.2.5 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) สำหรับการประเมินคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี ทางจุลชีววิทยา และการวัดเนื้อสัมผัสของไส้กรอกสดฮาลาล และวางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) สำหรับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยวิธี Analysis Variance และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรม SPSS 22.0

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานวิจัย

ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสดฮาลาล : ไส้อั่วเนื้อฮาลาล

4.1 การศึกษาเนยขาวน้ำมันรำข้าวในผลิตภัณฑ์ไส้อั่วเนื้อฮาลาล

4.1.1 ผลของปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวต่อองค์ประกอบทางเคมีของไส้อั่วเนื้อฮาลาล

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไส้อั่วเนื้อฮาลาล (ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต) ที่มีปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวเพื่อทดแทนไขมันสัตว์ โดยแปรปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าว 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 ตามลำดับ พบว่า ปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ความชื้น ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรตแตกต่างกัน ($P \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อโปรตีนในผลิตภัณฑ์ โดยมีปริมาณโปรตีนที่ได้จากการวิเคราะห์นั้น มีปริมาณที่เป็นไปตามมาตฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.294/2547) ซึ่งต้องมีโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก (ตารางที่ 4.1) นอกจากนี้ ปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวที่เพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้อั่วเนื้อฮาลาลเพิ่มขึ้นตามล และไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.294/2547) ซึ่งระบุไว้ว่าต้องไม่เกินร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของไส้อั่วเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าว

องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ)	ปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าว (ร้อยละ)			
	25	50	75	100
ความชื้น	69.88 ± 1.08^{a}	70.21 ± 0.74^{a}	68.89 ± 0.11^{ab}	67.83 ± 0.27^{b}
โปรตีน [ns]	16.13 ± 0.90	16.49 ± 0.40	16.43 ± 0.18	15.84 ± 0.23
ไขมัน	5.36 ± 0.21^{c}	5.63 ± 0.04^{bc}	6.05 ± 0.16^{b}	6.81 ± 0.33^{a}
เถ้า	2.49 ± 0.03^{b}	2.42 ± 0.00^{c}	2.38 ± 0.01^{c}	2.56 ± 0.00^{a}
คาร์โบไฮเดรต	6.15 ± 0.42^{ab}	5.26 ± 0.37^{b}	6.26 ± 0.45^{ab}	6.96 ± 0.82^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษร [a, b, c] ที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

[ns] หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P > 0.05$)

4.1.2 ผลของปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวต่อการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของไส้อั่วเนื้อฮาลาล

จากผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้วยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) ของไส้อั่วเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวทั้ง 4 ตัวอย่างในด้านค่าความแข็ง (hardness) ค่าการยึดติด (adhesiveness) ค่าความยืดหยุ่น (springiness) ค่าความยึดเกาะกัน (cohesiveness) ค่าความเหนียวยึดติด (gumminess) และความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว (chewiness) ได้ผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของไส้อั่วเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าว

คุณลักษณะ	ปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าว (ร้อยละ)			
	25	50	75	100
ความแข็ง (นิวตัน)	169.07±24.99^{a}	177.68±15.95^{a}	121.24±22.86^{b}	101.97±47.43^{b}
ค่าการยึดติด^{ns} (กรัม.วินาที)	-1.00±0.61	-0.68±0.28	-0.55±0.20	-0.63±0.49
ความยืดหยุ่น ^{ns}	0.80±0.02	0.78±0.03	0.78±0.05	0.77±0.03
ค่าการยึดเกาะกัน	0.56±0.06^{a}	0.52±0.03^{ab}	0.49±0.05^{b}	0.57±0.02^{a}
ความเหนียวยึดติด	93.35±10.40^{a}	93.49±12.66^{a}	66.73±8.38^{b}	68.03±13.38^{b}
ความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว	51.95±7.66^{a}	49.30±9.15^{a}	33.14±6.89^{b}	38.71±7.73^{b}

หมายเหตุ ตัวอักษร $^{a, b}$ ที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P > 0.05$)

ผลจากการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ในตารางที่ 4.2 พบว่า ปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวที่เพิ่มขึ้น มีผลต่อค่าความแข็ง ค่าการยึดเกาะกัน ค่าความเหนียวยึดติด และค่าความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว ($P \leq 0.05$) โดยปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวร้อยละ 25 และ 50 จะมีค่าความแข็ง ค่าความเหนียวยึดติด และค่าความคงทนเมื่อถูกเคี้ยวของไส้อั่วเนื้อฮาลาลที่ใกล้เคียงกัน แต่มีค่ามากกว่าร้อยละ 75 และ 100 ($P \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่าค่าความแข็ง ค่าความเหนียวยึดติด และค่าความคงทนเมื่อถูกเคี้ยงของไส้อั่วเนื้อฮาลาลจะลดลงเมื่อปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวเพิ่มขึ้น ในขณะที่ ไส้อั่วเนื้อฮาลาลที่มีเนยขาวน้ำมันรำข้าวร้อยละ 25, 50 และ 100 มีค่าการยึดเกาะกันที่ใกล้เคียงกัน แต่แตกต่างกับเนยขาวน้ำมันรำข้าวร้อยละ 75 ($P \leq 0.05$) นอกจากนี้ ค่าการยึดติด และค่าความยืดหยุ่นของไส้อั่วเนื้อฮาลาลทั้ง 4 ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)

4.1.3 ผลของปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของไส้อั่วเนื้อฮาลาล

จากการศึกษาปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวที่เหมาะสมเพื่อทดแทนไขมันสัตว์ในผลิตภัณฑ์ไส้อั่วเนื้อฮาลาล โดยแปรปริมาณน้ำมันรำข้าว 4 ระดับ (เทียบกับปริมาณมันหมู) ได้แก่ ร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 ตามลำดับ ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยสเกล 9 ระดับ ให้ผลการประเมินดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของไส้อั่วเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าว

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	ปริมาณน้ำมันรำข้าว (ร้อยละ)			
	25	50	75	100
กลิ่น	6.7 ± 1.34^{b}	7.2 ± 1.44^{a}	6.9 ± 1.09^{ab}	6.9 ± 1.23^{ab}
รสชาติ	6.5 ± 1.07^{b}	7.2 ± 1.27^{a}	6.4 ± 1.47^{b}	6.7 ± 1.22^{b}
ความฉ่ำน้ำ ^{ns}	6.5 ± 1.13	7.0 ± 1.32	6.8 ± 1.34	6.7 ± 1.25
ความแน่นเนื้อ ^{ns}	6.9 ± 1.01	7.0 ± 1.16	6.7 ± 1.35	7.0 ± 1.29
ความชอบโดยรวม ^{ns}	6.9 ± 0.82	7.2 ± 1.37	6.8 ± 1.12	6.9 ± 1.24

หมายเหตุ ตัวอักษร $^{a, b}$ ที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P > 0.05$)

จากผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของสูตรปริมาณเนยขาวมันรำข้าวที่แตกต่างกัน 4 ระดับ (ตารางที่ 4.3) ในด้านกลิ่น รสชาติ ความฉ่ำน้ำ ความแน่นเนื้อ และความชอบโดยรวม พบว่า ปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวเพิ่มขึ้นมีผลต่อคุณลักษณะด้านกลิ่น และรสชาติ ($P \leq 0.05$) แต่คุณลักษณะด้านความฉ่ำน้ำ ความแน่นเนื้อ และความชอบโดยรวมมีค่าที่ใกล้เคียงกัน ($P > 0.05$) โดยคุณลักษณะด้านกลิ่น พบว่า ปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวเพิ่มขึ้นตั้งแต่ร้อยละ 50-100 มีคะแนนการประเมินที่ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกับเนยขาวน้ำมันรำข้าวร้อยละ 25 ($P \leq 0.05$) คุณลักษณะด้านกลิ่น สำหรับคุณลักษณะด้านรสชาติ เนยขาวน้ำมันรำข้าวร้อยละ 50 มีคะแนนการประเมินที่แตกต่างกับทุกกลุ่มตัวอย่าง ($P \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของไส้อั่วเนื้อฮาลาล พบว่า เนยขาวน้ำมันรำข้าวปริมาณร้อยละ 50 เป็นปริมาณที่เพียงพอที่ส่งต่อคุณลักษณะของไส้อั่วเนื้อฮาลาลที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกใช้เนยขาวน้ำมันรำข้าวร้อยละ 50 สำหรับการศึกษาปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวที่เหมาะสมต่อไป

4.2 การศึกษาแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวในผลิตภัณฑ์ไส้อั่วเนื้อฮาลาล

4.2.1 ผลของปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวต่อองค์ประกอบทางเคมีของไส้อั่วเนื้อฮาลาล

จากผลการคัดเลือกปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวในข้อ 4.1 พบว่าปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวร้อยละ 50 เป็นปริมาณที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ไส้อั่วเนื้อฮาลาล เพื่อใช้สำหรับการศึกษาปริมาณแป้งรำข้าวสกัดในผลิตภัณฑ์ไส้อั่วเนื้อฮาลาล โดยการแปรปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าว (อัตราส่วนแป้งต่อน้ำมันรำข้าวเท่ากับ 2 : 3) จำนวน 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 ตามลำดับ (เทียบกับปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวในข้อ 4.1) ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไส้อั่วเนื้อฮาลาล (ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต) ให้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 องค์ประกอบทางเคมีของไส้อั่วเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าว

องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ)	ปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าว (ร้อยละ)			
	25	50	75	100
ความชื้น	68.66 ± 0.33^{a}	65.95 ± 0.03^{b}	63.81 ± 0.30^{c}	61.79 ± 0.16^{d}
โปรตีน	16.80 ± 0.52^{a}	16.94 ± 0.22^{a}	15.90 ± 0.18^{ab}	15.37 ± 0.46^{b}
ไขมัน	6.84 ± 0.06^{d}	8.46 ± 0.40^{c}	12.19 ± 0.58^{b}	13.63 ± 0.09^{a}
เถ้า	2.43 ± 0.01^{a}	2.25 ± 0.01^{b}	2.14 ± 0.04^{c}	2.16 ± 0.01^{c}
คาร์โบไฮเดรต	5.28 ± 0.79^{b}	6.41 ± 0.65^{ab}	5.97 ± 0.66^{ab}	7.07 ± 0.19^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษร $^{a, b, c, d}$ ที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

จากผลการวิเคราะห์ พบว่า ปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวที่แตกต่างกันมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไส้อั่วเนื้อฮาลาล (ตารางที่ 4.4) โดยไขมันและคาร์โบไฮเดรตมีปริมาณเพิ่มขึ้นเนื่องจากปริมาณแป้งรำข้าวที่ถูกดูดซับน้ำมันรำข้าวที่เพิ่มขึ้น ($P \leq 0.05$) และแป้งรำข้าวสกัดมีองค์ประกอบของแป้ง (starch) ทำให้คาร์โบไฮเดรตในผลิตภัณฑ์ไส้อั่วเนื้อมีปริมาณที่เพิ่มขึ้น ในทางกลับกัน ปริมาณความชื้น โปรตีน และเถ้าในผลิตภัณฑ์มีปริมาณลดลง ($P \leq 0.05$) ผลิตภัณฑ์ไส้อั่วเนื้อฮาลาลมีปริมาณโปรตีนเป็นไปตามมาตฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 294/2547) และมีปริมาณไขมันไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.294/2547)

4.2.2 ผลของปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวต่อการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของไส้อั่วเนื้อฮาลาล

จากการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของไส้อั่วเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวทั้ง 4 ตัวอย่างในด้านความแข็ง (hardness) ค่าการยึดติด (adhesiveness) ค่าความยืดหยุ่น (springiness) ค่าความยึดเกาะกัน (cohesiveness) ค่าความเหนียวยึดติด (gumminess) และความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว (chewiness) ได้ผลดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของไส้อั่วเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าว

คุณลักษณะ	ปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับด้วยน้ำมันรำข้าว (ร้อยละ)			
	25	50	75	100
ความแข็ง (นิวตัน)	189.15±25.47	158.46±52.37	144.61±29.15	174.48±31.16
ค่าการยึดติด^{ns} (กรัม.วินาที)	-0.82±0.50	-0.94±0.38	-0.75±0.32	-0.84±0.36
ความยืดหยุ่น ^{ns}	0.83±0.04^{a}	0.80±0.03^{ab}	0.79±0.01^{ab}	0.78±0.04^{b}
ค่าการยึดเกาะกัน	0.55±0.09^{ab}	0.56±0.05^{ab}	0.49±0.07^{b}	0.60±0.03^{a}
ความเหนียวยึดติด	100.65±14.08^{a}	103.50±15.15^{a}	74.52±9.16^{b}	98.36±14.63^{a}
ความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว	55.80±14.03^{a}	57.85±6.76^{a}	37.30±9.41^{b}	58.79±6.92^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษร $^{a, b}$ ที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P > 0.05$)

ผลจากการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้อั่วฮาลาลทั้ง 4 ตัวอย่าง (ตารางที่ 4.5) พบว่าปริมาณแป้งรำข้าวที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวที่เพิ่มขึ้นกันมีผลต่อคุณลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้อั่วเนื้อฮาลาลอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่าความแข็ง และค่าการยึดติดของผลิตภัณฑ์ ($P > 0.05$) โดยไส้อั่วเนื้อฮาลาลที่มีแป้งรำข้าวที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวร้อยละ 25, 50 และ 75 มีความยืดหยุ่นใกล้เคียงกัน แต่มีค่ามากกว่าตัวอย่างแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวร้อยละ 100 ($P \leq 0.05$) สำหรับไส้อั่วเนื้อฮาลาลที่มีแป้งรำข้าวที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวร้อยละ 25, 50 และ 100 มีค่าการยึดเกาะกัน ความเหนียวยึดติด และความคงทนเมื่อถูกเคี้ยวที่ใกล้เคียงกัน ($P > 0.05$) แต่แตกต่างกับแป้งรำข้าวที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวร้อยละ 75 ($P \leq 0.05$)

4.2.3 ผลของปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของไส้อั่วเนื้อฮาลาล

จากการศึกษาปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ไส้อั่วเนื้อฮาลาล โดยแปรปริมาณ 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 ตามลำดับ ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยสเกล 9 ระดับ ให้ผลการประเมินดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของไส้อั่วเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าว

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	ปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับด้วยน้ำมันรำข้าว (ร้อยละ)			
	25	50	75	100
กลิ่น	7.3 ± 0.96^{a}	6.5 ± 1.03^{c}	6.8 ± 1.07^{bc}	7.2 ± 0.86^{ab}
รสชาติ	7.2 ± 1.04^{a}	6.7 ± 1.03^{b}	6.8 ± 1.17^{b}	7.1 ± 0.89^{ab}
ความฉ่ำน้ำ	6.9 ± 1.17^{a}	6.4 ± 1.03^{b}	6.6 ± 1.15^{ab}	6.8 ± 1.04^{ab}
ความแน่นเนื้อ	7.2 ± 1.20^{a}	6.5 ± 1.21^{c}	6.7 ± 1.60^{bc}	7.0 ± 1.03^{ab}
ความชอบโดยรวม	7.4 ± 1.28^{a}	6.7 ± 1.20^{b}	6.6 ± 1.08^{b}	7.1 ± 0.99^{ab}

หมายเหตุ ตัวอักษร $^{a, b, c}$ ที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

จากผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของไส้อั่วเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าว 4 ระดับ พบว่า เมื่อปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวเพิ่มขึ้นมีผลต่อคะแนนการประเมินในทุกคุณลักษณะ ($P \leq 0.05$) โดยแป้งรำข้าวที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวร้อยละ 25 มีคะแนนการประเมินที่ใกล้เคียงกันกับไส้อั่วที่มีปริมาณแป้งรำข้าวที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวร้อยละ 100 ในทุกคุณลักษณะ ($P > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกับไส้อั่วเนื้อฮาลาลที่มีแป้งรำข้าวที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวร้อยละ 50 และ 100 อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของไส้อั่วเนื้อฮาลาล พบว่า แป้งรำข้าวที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวร้อยละ 100 เป็นปริมาณที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการทดแทนไขมัน ซึ่งให้คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ดี ตัวอย่างไสอั่วเนื้อฮาลาลมีความยืดหยุ่นและไม่เหนียวจนเกินไป

4.3 คุณลักษณะของไส้อั่วเนื้อฮาลาลตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

การศึกษาคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ไส้อั่วเนื้อฮาลาลตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 294/2555 เรื่องไส้อั่ว ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ไขมัน และจุลินทรีย์ พบว่า ไส้อั่วเนื้อที่มีแป้งรำข้าวที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวร้อยละ 100 มีปริมาณโปรตีนและไขมันที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกำหนดไว้ จะต้องมีไม่น้อยกว่าร้อยละ 13 โดยน้ำหนักสำหรับโปรตีน และไขมันมีไม่เกินร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก โดยไส้อั่วเนื้อฮาลาลที่มีแป้งรำข้าวที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวร้อยละ 100 มีโปรตีนเท่ากับร้อยละ 15.37 และปริมาณไขมันเท่ากับร้อยละ 13.63 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.7) ในขณะที่ปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ไส้อั่วเนื้อฮาลาลที่ยังไม่ผ่านการทำให้สุกสูงกว่าเกณฑ์คุณภาพ ดังนั้น จึงต้องนำผลิตภัณฑ์ผ่านกระบวนการให้ความร้อนให้สุก เพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ลงในระดับที่ปลอดภัย และสามารถยืดอายุในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของไส้อั่วเนื้อฮาลาลตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

คุณลักษณะผลิตภัณฑ์	**ผลิตภัณฑ์ไส้อั่วเนื้อฮาลาล แป้งรำข้าวที่ดูดซับ น้ำมันรำข้าวร้อยละ 100**	**เกณฑ์คุณภาพ มผช. 294/2555**
โปรตีน	15.37	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 13
ไขมัน	13.63	ไม่เกินร้อยละ 30
Total Plate Count	7.0×10^6	ไม่เกิน 1×10^4 CFU/g
Salmonella	พบ	ไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม
S. aureus	พบ	ไม่พบในตัวอย่าง 0.1 กรัม
Cl. perfringens	พบ	ไม่พบในตัวอย่าง 0.1 กรัม
E. Coli	1100	น้อยกว่า 3 CFU/g
Yeast and Mold	2.7×10^4	ไม่เกิน 100 CFU/g

หมายเหตุ: อ้างอิงจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 294/2547) เรื่อง ไส้อั่ว

4.4 การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้อั่วเนื้อฮาลาล

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์เบื้องต้นของตัวอย่างไส้อั่วเนื้อฮาลาล (ดิบ) ตรวจพบว่าปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์นั้นสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ดังแสดงในตารางที่ 4.7 ดังนั้นจึงนำผลิตภัณฑ์ไส้อั่วเนื้อฮาลาลมาทำให้สุกด้วยไมโครเวฟ 500 KW เป็นเวลา 5 นาที ก่อนการบรรจุ เพื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในสภาวะทั้ง 2 สภาวะ ได้แก่ ภายใต้บรรยากาศปกติ และแบบสุญญากาศ ให้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลการประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้อั่วเนื้อฮาลาลที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

สภาวะการเก็บ	ระยะเวลา (วัน)	*Salmonella* spp. (ต่อ 25 กรัม)	*S. aureus* (CFU/g)	*Cl. Perfringens* (CFU/g)	*E. coli* (MPN/g)	Yeast and mold (CFU/g)	TBARS (g MDA/kg)
บรรยากาศปกติ	0 (ดิบ)	7.0×10^7	พบ	พบ	1100	2.7×10^4	0.052 ± 0.04
	3 (สุก)	<10	ไม่พบ	ไม่พบ	<3	<10	0.094 ± 0.02
	6 (สุก)	<10	ไม่พบ	ไม่พบ	<3	<10	0.103 ± 0.02
	9 (สุก)	<10	ไม่พบ	ไม่พบ	<3	<10	0.115 ± 0.03
	12 (สุก)	<10	ไม่พบ	ไม่พบ	<3	<10	0.120 ± 0.10
สุญญากาศ	0 (ดิบ)	7.0×10^3	พบ	พบ	460	1.1×10^4	0.050 ± 0.10
	3 (สุก)	<10	ไม่พบ	ไม่พบ	<3	<10	0.085 ± 0.02
	6 (สุก)	<10	ไม่พบ	ไม่พบ	<3	<10	0.098 ± 0.03
	9 (สุก)	<10	ไม่พบ	ไม่พบ	<3	<10	0.107 ± 0.11
	12 (สุก)	<10	ไม่พบ	ไม่พบ	<3	<10	0.115 ± 0.01

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษา พบว่า ผลิตภัณฑ์ไส้อั่วเนื้อฮาลาลไปทำให้สุกก่อนบรรจุทั้ง 2 สภาวะ แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 วัน มีผลทำให้ *Salmonella* spp., *S. aureus, Cl. Perfringens, E. coli* ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา มีจำนวนน้อยกว่าตัวอย่างที่ยังไม่ผ่านการทำให้สุกอย่างเห็นได้ชัด แสดงให้เห็นว่าการนำตัวอย่างไปทำให้สุกด้วยความร้อน ส่งผลให้ปริมาณจุลินทรีย์ในอาหารลดลง อยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภคได้ ดังนั้น การให้ความร้อนแก่ตัวอย่างก่อนบรรจุในบรรจุภัณฑ์ เป็นวิธีการที่เหมาะสมเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ทั้ง 2 สภาวะ

จากการประเมินผลการเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลที่เก็บรักษาในสภาวะการบรรจุที่แตกต่างกัน พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากในระหว่างการเก็บรักษาก๊าซออกซิเจนจากบรรยากาศสามารถซึมผ่านเข้าไปในบรรจุภัณฑ์ ส่งผลเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่า TBARS เพิ่มขึ้น โดยออกซิเจนจะไปทำปฏิกิริยากับไขมัน เกลือ และฮีโมโกลบินที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปผ่านกระบวนการให้ความร้อนจะทำให้เกิดปฏิริยาออกซิเดชันของไขมันได้เพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากความร้อนจะไปทำลายโครงสร้างกล้ามเนื้อของเนื้อสัตว์และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Min and Ahn, 2005)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสดฮาลาล : ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาล

4.5 การศึกษาเนยขาวน้ำมันรำข้าวในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาล

4.5.1 ผลของปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวต่อองค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาล

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาล (ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต) ที่มีปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวเพื่อทดแทนไขมันสัตว์ โดยแปรปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าว 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 ตามลำดับ พบว่า ปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ความชื้น โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตแตกต่างกัน ($P \leq 0.05$) ในขณะไม่มีผลต่อเถ้าในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาล ($P > 0.05$) จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.9 จะเห็นว่าตัวอย่างไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลทั้ง 4 ตัวอย่างมีปริมาณโปรตีนมากกว่าร้อยละ 12 และมีปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวที่เพิ่มขึ้น แต่ไม่เกินร้อยละ 30 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.475/2555) กำหนดไว้

ตารางที่ 4.9 องค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าว

องค์ประกอบทางเคมี	**ปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าว (ร้อยละ)**			
(ร้อยละ)	**25**	**50**	**75**	**100**
ความชื้น	62.39 ± 0.15^{a}	59.23 ± 0.42^{b}	$55.00 \pm .035^{c}$	53.70 ± 0.14^{d}
โปรตีน	13.80 ± 0.06^{a}	12.52 ± 0.16^{b}	12.78 ± 0.16^{bc}	12.23 ± 0.27^{c}
ไขมัน	12.01 ± 0.16^{d}	13.19 ± 0.13^{c}	17.69 ± 0.05^{b}	18.48 ± 0.13^{a}
เถ้า ^{ns}	1.65 ± 0.06	1.90 ± 0.09	1.60 ± 0.12	1.65 ± 0.14
คาร์โบไฮเดรต	10.16 ± 0.13^{b}	13.17 ± 0.35^{b}	12.94 ± 0.37^{b}	13.95 ± 0.15^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษร $^{a, b, c}$ ที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P > 0.05$)

4.5.2 ผลของปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวต่อการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาล

จากผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้วยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) ของไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวทั้ง 4 ตัวอย่างในด้านค่าความแข็ง (hardness) ค่าการยึดติด (adhesiveness) ค่าความยืดหยุ่น (springiness) ค่าการยึดเกาะกัน (cohesiveness) ค่าความเหนียวยึดติด (gumminess) และค่าความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว (chewiness) ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าว

คุณลักษณะ	ปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าว (ร้อยละ)			
	25	50	75	100
ความแข็ง (นิวตัน)	12.82±3.21^{a}	13.27±1.72^{a}	7.59±2.38^{b}	8.03±1.62^{b}
ค่าการยึดติด (กรัม.วินาที)	-0.95±1.37^{a}	-1.85±2.85^{a}	-9.45±5.35^{b}	-8.43±0.61^{b}
ความยืดหยุ่น	0.64±0.08^{a}	0.51±0.05^{b}	0.40±0.08^{c}	0.47±0.08^{b}
ค่าการยึดเกาะกัน^{ns}	0.43±0.03	0.42±0.02	0.39±0.08	0.39±0.08
ความเหนียวยึดติด	5.48±1.58^{a}	5.61±0.88^{a}	3.06±1.29^{b}	3.19±0.95^{b}
ความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว	2.35±0.79^{a}	2.38±0.45^{a}	1.27±0.66^{b}	1.31±0.57^{b}

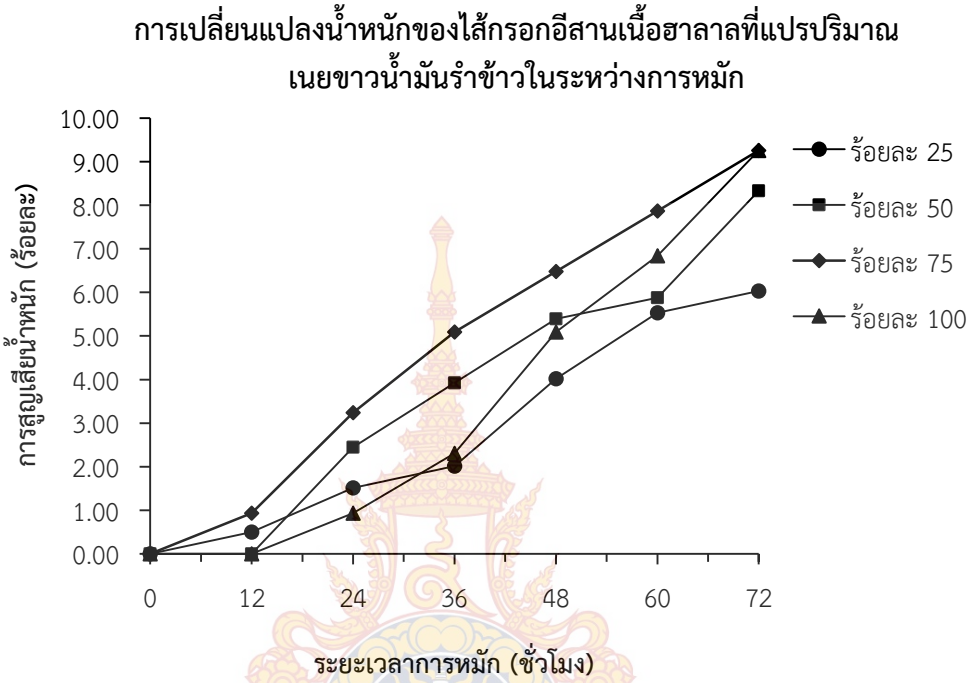
หมายเหตุ ตัวอักษร $^{a, b}$ ที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P > 0.05$)

ผลจากการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาล พบว่า ปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวที่แตกต่างกันมีผลต่อคุณลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 4.10) โดยค่าความแข็ง ค่าการยึดติด ค่าความเหนียวยึดติด และค่าความคงทนเมื่อถูกเคี้ยวของผลิตภัณฑ์จะลดลง เมื่อปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวเพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 50 ($P \leq 0.05$) แต่ค่าความยืดหยุ่นลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ในขณะเดียวกัน ปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อค่าการยึดเกาะกันของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาล ($P > 0.05$) ผลการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลเกิดจากการลดลงของค่า pH ระหว่างการหมักของผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีผลต่อรูปแบบของกล้ามเนื้อโปรตีนและคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีน (Visessanguan *et al*., 2004) และส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะเนื้อสัมผัสไส้กรอกอีสาน

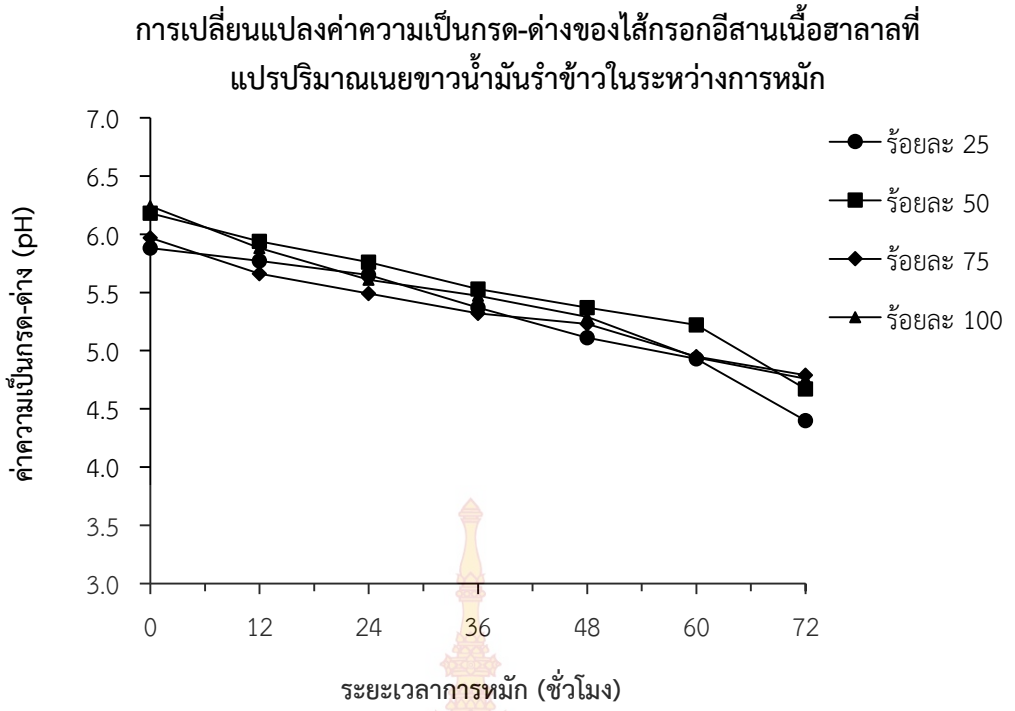
4.5.3 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมี

ในระหว่างกระบวนการหมักไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมี ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนักและค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของผลิตภัณฑ์ เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง (3 วัน) ให้ผลดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวระหว่างการหมัก ระยะเวลา 72 ชั่วโมง

การสูญเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลที่ใช้เนยขาวในปริมาณที่แตกต่างกันในระหว่างการหมักที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง พบว่า เมื่อเวลาการหมักเพิ่มขึ้น ตัวอย่างมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น โดยน้ำหนักตัวอย่างทั้ง 4 ตัวอย่างมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักมากที่สุดเมื่อผ่านการหมักเป็นเวลา 12 ชั่วโมง โดยเฉพาะตัวอย่างไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลที่มีปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวร้อยละ 75 มีการสูญเสียน้ำหนักสูงที่สุดตลอดระยะเวลาการหมัก การสูญเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์จะเกี่ยวข้องกับการสูญเสียน้ำและความสามารถในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ โดยปริมาณการสูญเสียน้ำที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น (Visessanguan *et al*., 2004) โดยทั่วไปน้ำที่สูญเสียไปนั้นคือน้ำที่อยู่บริเวณไส้หรือผิวนอกของผลิตภัณฑ์ไส้กรอก (Visessanguan *et al*., 2015) โดยน้ำที่สูญเสียไปนั้นอาจเกิดจากการสูญเสียโปรตีนของเนื้อสัตว์ในระหว่างการหมัก (Visessanguan *et al*., 2004; Siriken *et al*., 2009)



ภาพที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวระหว่างการหมักระยะเวลา 72 ชั่วโมง

จากภาพที่ 1.2 พบว่าตัวอย่างไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลที่มีปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวต่างกัน 4 ระดับ จะมีค่า pH ลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการหมักไส้กรอกอีสานเนื้อ การลดลงของค่า pH ในผลิตภัณฑ์จะกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเจลาตินในผลิตภัณฑ์ (Rieboy *et al*., 2008) และจะค่อย ๆ ลดลงอย่างช้า ๆ จนสิ้นสุดกระบวนการผลิตตามระยะเวลาของการหมัก การลดลงของค่า pH เป็นผลมาจากการผลิตกรดแลคติกของจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติก (lactic acid bacteria) ในไส้กรอกอีสาน (Doungkhwan *et al*., 2017) เช่น กรดแลคติก (lactic acid) และกรดอะซิติก (acetic acid) (Komprda *et al*., 2004; Bozkurt and Bayram, 2006; Saithong *et al*., 2010) โดยเฉพาะกรดแลคติกที่มีอยู่ในไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลที่เกิดจากการสลายของคาร์โบไฮเดรตในระหว่างการหมักไส้กรอก (Baka *et al*., 2011; Zaho *et al*., 2011; Esmaeilzaden *et al*., 2013) สอดคล้องกับการผลิตไส้กรอกอีสานหมู (Doungkhwan *et al*., 2017) ไส้กรอกเปรี้ยว (Phromraksa *et al*., 2004) ผลิตภัณฑ์แหนม (Visessanguan *et al*., 2004) และปลาส้ม (Jittrepotch *et al*., 2015)

4.5.4 ผลของปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาล

จากการศึกษาปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวที่เหมาะสมเพื่อทดแทนไขมันสัตว์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาล โดยแปรปริมาณน้ำมันรำข้าว 4 ระดับ (เทียบกับปริมาณมันหมู) ได้แก่ ร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 ตามลำดับ ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยสเกล 9 ระดับ ให้ผลการประเมินดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าว

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	ปริมาณน้ำมันรำข้าว (ร้อยละ)			
	25	50	75	100
กลิ่น ^{ns}	6.4 ± 1.50	6.7 ± 1.48	6.7 ± 1.55	6.5 ± 1.43
รสชาติ ^{ns}	6.7 ± 1.48	6.7 ± 1.23	6.7 ± 1.48	6.5 ± 1.57
ความฉ่ำน้ำ ^{ns}	6.2 ± 1.66	6.2 ± 1.68	6.5 ± 1.53	6.4 ± 1.27
ความแน่นเนื้อ	6.8 ± 1.42^{a}	6.6 ± 1.59^{ab}	6.4 ± 1.64^{ab}	6.3 ± 1.40^{b}
ความชอบโดยรวม ^{ns}	6.8 ± 1.51	6.9 ± 1.19	7.2 ± 1.45	6.7 ± 1.47

หมายเหตุ ตัวอักษร $^{a, b}$ ที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P > 0.05$)

จากตารางที่ 4.11 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลที่มีปริมาณเนยขาวมันรำข้าวที่แตกต่างกัน 4 ระดับ พบว่า ปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวเพิ่มขึ้นมีผลต่อคุณลักษณะด้านความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์ ($P \leq 0.05$) ปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวที่เพิ่มขึ้นตั้งแต่ร้อยละ 25 ถึง 75 ความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลงที่ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) โดยปริมาณร้อยละ 25 มีความแน่นเนื้อสูงที่สุด สอดคล้องกับค่าวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาล (ตารางที่ 4.7) เมื่อปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 100 ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลมีความแน่นเนื้อที่ลดลง ($P \leq 0.05$) ในทางกลับกันปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวที่เพิ่มขึ้น ไม่มีผลต่อคุณลักษณะด้านกลิ่น รสชาติ ความฉ่ำน้ำ และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ($P > 0.05$) เมื่อพิจารณาผลการประเมินทางประสาทสัมผัสแล้ว พบว่าเนยขาวน้ำมันรำข้าวปริมาณร้อยละ 75 มีคุณลักษณะของไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลที่เหมาะสมที่สุด ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกใช้เนยขาวน้ำมันรำข้าวร้อยละ 75 สำหรับการศึกษาปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวที่เหมาะสมต่อไป

4.6 การศึกษาแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวในผลิตภัณฑ์ไส้อั่วกรอกอีสานเนื้อฮาลาล

4.6.1 ผลของปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวต่อการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาล

การศึกษาปริมาณแป้งรำข้าวสกัดในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาล โดยการแปรปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าว (อัตราส่วนแป้งต่อน้ำมันรำข้าวเท่ากับ 2 : 3) จำนวน 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 ตามลำดับ (เทียบกับปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวในข้อ 4.5) โดยทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไส้อั่วเนื้อฮาลาล (ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต) ให้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.12 พบว่า ปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวที่แตกต่างกัน ทำให้องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลมีความแตกต่างกัน ($P \leq 0.05$) โดยเมื่อมีปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวเพิ่มขึ้นทำให้ความชื้นและโปรตีนมีปริมาณลดลง ในทางกลับกัน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรตในผลิตภัณฑ์มีปริมาณลดลง ($P \leq 0.05$) เมื่อปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลมีโปรตีน และไขมันเป็นไปตามมาตฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.475/2555)

ตารางที่ 4.12 องค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าว

องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ)	ปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าว (ร้อยละ)			
	25	50	75	100
ความชื้น	63.47 ± 0.11^{a}	60.91 ± 0.27^{b}	60.02 ± 0.42^{c}	57.33 ± 0.17^{d}
โปรตีน	14.19 ± 0.09^{a}	13.05 ± 0.08^{c}	13.66 ± 0.26^{b}	13.43 ± 0.13^{bc}
ไขมัน	7.86 ± 0.13^{d}	8.94 ± 0.25^{c}	11.01 ± 0.16^{b}	13.05 ± 0.15^{a}
เถ้า	1.84 ± 0.11^{b}	1.92 ± 0.04^{ab}	1.95 ± 0.08^{ab}	2.10 ± 0.04^{a}
คาร์โบไฮเดรต	12.65 ± 0.27^{c}	15.19 ± 0.15^{a}	13.37 ± 0.08^{bc}	14.10 ± 0.48^{b}

หมายเหตุ ตัวอักษร $^{a, b, c, d}$ ที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

4.6.2 ผลของปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวต่อการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาล

จากการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของไส้อั่วเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวทั้ง 4 ตัวอย่างในด้านค่าความแข็ง (hardness) ค่าการยึดติด (adhesiveness) ค่าความยืดหยุ่น (springiness) ค่าการยึดเกาะกัน (cohesiveness) ค่าความเหนียวยึดติด (gumminess) และความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว (chewiness) ได้ผลดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าว

คุณลักษณะ	ปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับด้วยน้ำมันรำข้าว (ร้อยละ)			
	25	50	75	100
ความแข็ง (นิวตัน)	37.09±6.02^{a}	36.56±4.88^{a}	28.71±3.21^{b}	17.06±4.46^{c}
ค่าการยึดติด ^{ns} (กรัม.วินาที)	-0.66±1.29	-1.78±2.84	-1.62±1.80	-1.72±1.60
ความยืดหยุ่น	0.76±0.06^{a}	0.70±0.06^{a}	0.73±0.04^{a}	0.61±0.08^{b}
ค่าการยึดเกาะกัน	0.59±0.07^{a}	0.52±0.06^{ab}	0.59±0.06^{a}	0.50±0.04^{b}
ความเหนียวยึดติด	21.70±3.45^{a}	19.08±3.20^{ab}	16.83±1.73^{b}	8.58±2.44^{c}
ความคงทนเมื่อถูกเคี้ยว	12.88±3.10^{a}	10.08±2.64^{b}	9.96±1.59^{b}	4.34±1.38^{c}

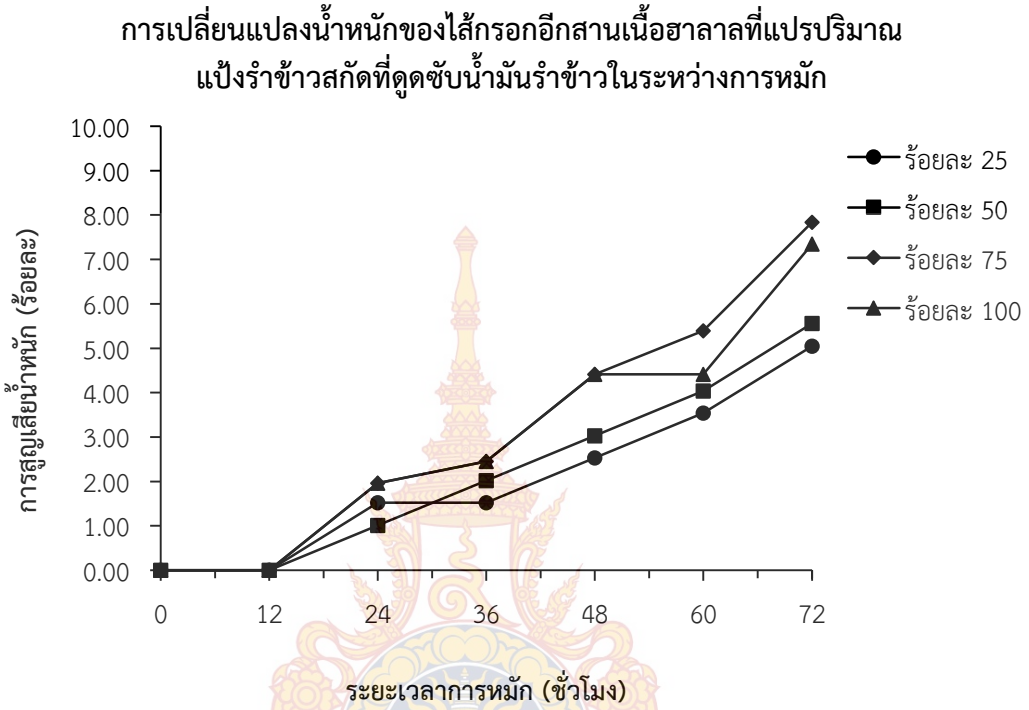
หมายเหตุ ตัวอักษร $^{a, b, c}$ ที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P > 0.05$)

ผลจากการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวทั้ง 4 ตัวอย่าง (ตารางที่ 4.13) พบว่า ค่าการยึดติดของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) เมื่อปริมาณแป้งรำข้าวสกัดเพิ่มขึ้น ค่าความแข็ง ความยืดหยุ่น ค่าการยึดเกาะกัน ความเหนียวยึดติด และความคงทนเมื่อถูกเคี้ยวของผลิตภัณฑ์จะมีค่าลดลง ($P \leq 0.05$) โดยค่าความแข็ง และความเหนียวยึดติดจะลดลง เมื่อปริมาณแป้งรำข้าวสกัดเพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 50 ($P \leq 0.05$) สำหรับความยืดหยุ่น และค่าการยึดเกาะกันของผลิตภัณฑ์จะลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งรำข้าวสกัดมากกว่าร้อยละ 75 ($P \leq 0.05$) แต่ค่าความคงทนเมื่อถูกเคี้ยวของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลจะลดลงเมื่อปริมาณแป้งรำข้าวสกัดมากกว่าร้อยละ 25 ($P \leq 0.05$)

4.6.3 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมี

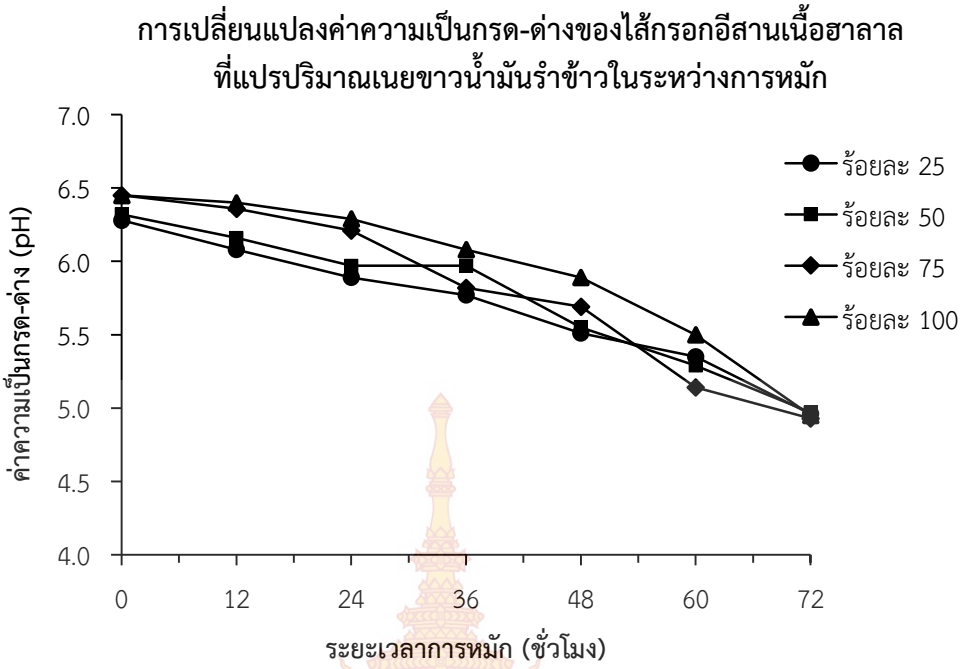
ในระหว่างกระบวนการหมักไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมี ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนักและค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์ เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง ให้ผลดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลแปรปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวระหว่างการหมัก

จากภาพที่ 1.3 ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวมีการสูญเสียน้ำหนักตลอดระยะ 72 ชั่วโมง โดยตัวอย่างไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลไม่มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักในระยะเวลาการหมัก 12 ชั่วโมงแรก แต่เมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นตัวอย่างมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ไส้กรอกที่มีปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวร้อยละ 75 และ 100 มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักมากที่สุดเมื่อผ่านการหมักเป็นเวลา 48 เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก ไส้กรอกอีสานที่มีแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวร้อยละ 100 มีการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการหมักสูงที่สุด ในทางกลับกันตัวอย่างที่ใช้แป้งรำข้าวสกัดปริมาณร้อยละ 25 มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด โดย Blouskas *et al*. (1997) กล่าวว่าการสูญเสียน้ำหนักของตัวอย่างไส้กรอกขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ของสถานที่ที่ใช้ในการบ่มหรือหมัก

การถ่ายเทของอากาศ การบดหรือขนาดของเนื้อที่ใช้ในการผลิต ขนาดของไส้ที่ใช้บรรจุ วัสดุสำหรับการทำไส้ และปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก



ภาพที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลแปรปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวระหว่างการหมักระยะเวลา 72 ชั่วโมง

ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลมีการเปลี่ยนแปลงค่ากรด-ด่าง เมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มมากขึ้น โดยค่ากรด-ด่างของตัวอย่างไส้กรอกจะลดลงอย่างช้า ๆ ในช่วงการหมัก 24 ชั่วโมงแรก และค่าความเป็นกรด-ด่าง จะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นจนสิ้นสุดกระบวนการ (72 ชั่วโมง) โดยเฉพาะตัวอย่างไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลที่มีปริมาณแป้งรำข้าวสกัดปริมาณร้อยละ 25 เกิดการหมักและผลิตกรดมากที่สุดในระยะเวลาการหมัก 36 ชั่วโมง เสื้อสิ้นสุดกระบวนการหมักที่ 72 ชั่วโมง ตัวอย่างไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลทั้ง 4 ตัวอย่างจะมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่ใกล้เคียงกันระหว่า 4.93-4.97 การเปลี่ยนแปลงค่ากรด-ด่างของไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลเกิดจากกระบวนการหมักคาร์โบไฮเดรตหรือน้ำตาลในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลให้เป็นเป็นกรดแลคติดด้วยจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติก (lactic acid bacteria) ในไส้กรอกอีสาน (Doungkhwan *et al*., 2017) เช่น กรดแลคติก (lactic acid) และกรดอะซิติก (acetic acid) (Komperda *et al*., 2004; Bozkurt and Bayram, 2006; Saithong *et al*., 2010) โดยเฉพาะกรดแลคติกที่มีอยู่ในไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลที่เกิดจากการสลายของคาร์โบไฮเดรตในระหว่างการหมักไส้กรอก (Baka *et al*., 2011; Zaho *et al*., 2011; Esmaeilzaden *et al*., 2013)

4.6.4 ผลของปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาล

จากการศึกษาปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาล โดยแปรปริมาณ 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 ตามลำดับ ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยสเกล 9 ระดับ ให้ผลการประเมินดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.14 ผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าว

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	ปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับด้วยน้ำมันรำข้าว (ร้อยละ)			
	25	50	75	100
กลิ่น ^{ns}	6.9 ± 1.61	6.8 ± 1.27	6.5 ± 1.42	6.6 ± 1.53
รสชาติ ^{ns}	6.4 ± 1.76	6.4 ± 1.47	6.1 ± 1.54	6.4 ± 1.41
ความฉ่ำน้ำ ^{ns}	6.5 ± 1.82	6.5 ± 1.13	6.1 ± 1.56	6.5 ± 1.23
ความแน่นเนื้อ	6.5 ± 1.67^{ab}	6.8 ± 1.37^{a}	6.1 ± 1.67^{b}	6.6 ± 1.32^{ab}
ความชอบโดยรวม ^{ns}	6.8 ± 1.73	6.8 ± 1.39	6.4 ± 1.45	6.8 ± 1.48

หมายเหตุ ตัวอักษร $^{a, b, c}$ ที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P > 0.05$)

จากผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าว 4 ระดับ พบว่า เมื่อปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวเพิ่มขึ้นมีผลต่อความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์ ($P \leq 0.05$) โดยปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวปริมาณร้อยละ 25, 50 และ 100 มีคะแนนความแน่นเนื้อใกล้เคียงกัน ($P > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกับปริมาณร้อยละ 75 ($P \leq 0.05$) อย่างไรก็ตาม ปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อคะแนนด้านกลิ่น รสชาติ ความฉ่ำน้ำ และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาล ($P > 0.05$) เมื่อพิจารณาผลการประเมินทางประสาทสัมผัสแล้ว จึงพิจารณาปริมาณแป้งรำข้าวที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวที่ร้อยละ 50 เป็นปริมาณที่เหมาะสมในการทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาล

4.7 คุณลักษณะของไส้อั่วเนื้อฮาลาลตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

การศึกษาคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 475/2555 เรื่องไส้กรอกอีสานเนื้อวัว ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ไขมัน และจุลินทรีย์ พบว่า ไส้กรอกอีสานเนื้อที่มีแป้งรำข้าวที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวร้อยละ 50 มีปริมาณโปรตีนและไขมันที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกำหนดไว้ จะต้องมีไม่น้อยกว่าร้อยละ 12 โดยน้ำหนักสำหรับโปรตีน และไขมันมีไม่เกินร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก โดยไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลที่มีแป้งรำข้าวที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวร้อยละ 50 มีโปรตีนและไขมันเท่ากับร้อยละ 13.05 และ 8.94 ตามลำดับ นอกจากนี้ปริมาณจุลินทรีย์ให้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

คุณลักษณะผลิตภัณฑ์	**ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อแป้งรำข้าวที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวร้อยละ 50**	**เกณฑ์คุณภาพ มผช. 475/2555**
โปรตีน	13.05	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 13
ไขมัน	8.94	ไม่เกินร้อยละ 30
Salmonella	พบ	ไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม
S. aureus	พบ	น้อยกว่า 100 CFU/g
B. cereous	<10	น้อยกว่า 1×10^3 CFU/g
Cl. perfringrns	4.3×10^3	น้อยกว่า 1×10^3 CFU/g
E. Coli	210	น้อยกว่า 3 CFU/g

หมายเหตุ: เกณฑ์คุณภาพอ้างอิงจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 294/2555) เรื่อง ไส้อั่ว

4.8 การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้อั่วเนื้อฮาลาล

การประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาล โดยให้ผลิตภัณฑ์เกิดการหมักอย่างสมบูรณ์เป็นระยะเวลา 3 วัน (72 ชั่วโมง) พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติคมีปริมาณที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการลดลงของค่าพีเอชในผลิตภัณฑ์ เมื่อนำผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลมาทำให้สุกด้วยไมโครเวฟ 500 KW เป็นเวลา 5 นาที ก่อนการบรรจุ แล้วเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในสภาวะทั้ง 2 สภาวะ ได้แก่ ภายใต้บรรยากาศปกติและแบบสุญญากาศ ให้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ผลการประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลที่ 4 องศาเซลเซียส

สภาวะการเก็บ	ระยะเวลา (วัน)	Lactic Acid Bacteria (CFU/g)	*B .cereus* (CFU/g)	*E. coli* (MPN/g)	*S. aureus* (CFU/g)	*C. perfringens* (CFU/g)	*Salmonella* spp. (ต่อ 25 กรัม)	TBARS (g MDA/kg)
บรรยากาศปกติ	0 (ดิบ)	$1.0x10^7$	<10	210	$6.0x10^3$	$4.3x10^3$	พบ	0.061 ± 0.01
	3 (ดิบ)	$4.1x10^8$	<10	21	$1.3x10^5$	$4.4x10^4$	พบ	0.073 ± 0.03
	3 (สุก)	<10	<10	<3	<10	<10	ไม่พบ	0.111 ± 0.01
	6 (สุก)	<10	<10	<3	<10	<10	ไม่พบ	0.117 ± 0.01
	9 (สุก)	<10	<10	<3	<10	<10	ไม่พบ	0.122 ± 0.02
	12 (สุก)	<10	<10	<3	<10	<10	ไม่พบ	0.128 ± 0.10
สุญญากาศ	0 (ดิบ)	$6.2x10^6$	<10	210	$3.0x10^3$	$5.6x10^3$	พบ	0.031 ± 0.03
	3 (ดิบ)	$4.3x10^8$	<10	>1100	$2.3x10^5$	$1.8x10^4$	พบ	0.052 ± 0.07
	3 (สุก)	<10	<10	<3	<10	<10	ไม่พบ	0.103 ± 0.05
	6 (สุก)	<10	<10	<3	<10	<10	ไม่พบ	0.108 ± 0.00
	9 (สุก)	<10	<10	<3	<10	<10	ไม่พบ	0.112 ± 0.02
	12 (สุก)	<10	<10	<3	<10	<10	ไม่พบ	0.122 ± 0.00

จากผลการวิเคราะห์ พบว่า เมื่อนำผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลที่ผ่านการหมักแล้วไปทำให้สุก แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 วัน มีผลทำให้ *Salmonella* spp., *S. aureus, B. cereus, Cl. Perfringens, E. coli* มีจำนวนที่ลดลงอย่างเห็นได้ชัด แสดงทำให้สุกด้วยความร้อน ส่งผลให้ปริมาณจุลินทรีย์ในอาหารลดลง อยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค เพราะฉะนั้น การยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้อั่วเนื้อฮาลาล ควรทำให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลสุกก่อนการบรรจุเพื่อลดปริมาณของจุลินทรีย์ก่อโรค และจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยสามารถเลือกใช้การบรรจุด้วยสภาะปกติหรือสภาวะสุญญากาศได้

จากการประเมินผลการเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลที่เก็บรักษาในสภาวะการบรรจุที่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 4.16 พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P \geq 0.05$) เนื่องจากในระหว่างการเก็บรักษาก๊าซออกซิเจนจากบรรยากาศสามารถซึมผ่านเข้าไปในบรรจุภัณฑ์ ส่งผลเกิดปฏิกิยาออกซิเดชันของไขมันในผลิตภัณฑ์ท้าให้ผลิตภัณฑ์มีค่า TBARS เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ค่า TBARS เป็นค่าที่ใช้สำหรับแสดงปริมาณของ malonaldehyde ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งสาร malonaldehyde จัดเป็นสารระเหยที่มีกลิ่นเหม็นหืนซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน โดยออกซิเจนจะไปทำปฏิกิริยากับไขมัน เกลือ และฮีโมโกลบินที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปผ่านกระบวนการให้ความร้อนจะทำให้เกิดปฏิริยาออกซิเดชันของไขมันได้เพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากความร้อนจะไปทำลายโครงสร้างกล้ามเนื้อของเนื้อสัตว์ และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Min and Ahn, 2005)

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาปริมาณของสารทดแทนไขมัน 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 (เทียบกับมันหมู) ที่มีต่อคุณลักษณะทางกายภาพ (เนื้อสัมผัส และการสูญเสียน้ำหนัก) เคมี (องค์ประกอบทางเคมี และค่าความเป็นกรด-ด่าง) จุลินทรีย์ คุณภาพทางประสาทสัมผัส และการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาของไส้อั่วเนื้อฮาลาล และไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาล

ผลิตภัณฑ์ไส้อั่วเนื้อฮาลาล

ปริมาณของเนยขาวน้ำมันรำข้าวที่แตกต่างกัน 4 ระดับ มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ และมีผลต่อคุณลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยเนยขาวน้ำมันรำข้าวร้อยละ 50 มีคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสอย่างดีที่สุด ($P \leq 0.05$) เมื่อนำมาทดแทนด้วยแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าว พบว่า ปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวเพิ่มขึ้น มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมี และคุณลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร ($P \leq 0.05$) และแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวร้อยละ 100 ให้ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสอย่างดีที่สุด ($P \leq 0.05$) เมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ตามเกณฑ์ มผช.294/2547 พบว่า มีปริมาณจุลินทรีย์เกินเกณฑ์คุณภาพ ดังนั้น จึงใช้วิธีการทำให้สุกก่อนการบรรจุ ซึ่งสามารถช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ให้อยู่ในเกณฑ์คุณภาพได้ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มากกว่า 12 วัน

ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาล

ปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าวเพิ่มขึ้นมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ค่าความแข็ง ค่าการยึดติด ค่าความเหนียวยึดติด และค่าความคงทนเมื่อถูกเคี้ยวของผลิตภัณฑ์จะลดลง ($P \leq 0.05$) และการใช้แป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวในผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้น มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมี และคุณลักษณะเนื้อสัมผัสอาหาร ($P \leq 0.05$) การใช้เนยขาวน้ำมันรำข้าว และแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวทำให้ผลิตภัณฑ์มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์ลดลง ($P \leq 0.05$) ตลอดระยะเวลาการหมัก 72 ชั่วโมง โดยเนยขาวน้ำมันรำข้าวร้อยละ 75 และการทดแทนเนยขาวน้ำมันรำข้าวด้วยแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าวร้อยละ 50 มีคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสสูงที่สุด ($P \leq 0.05$) ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ตามเกณฑ์ มผช. 475/2555 พบว่า ไส้กรอกมีปริมาณจุลินทรีย์เกินเกณฑ์คุณภาพ ดังนั้น จึงใช้วิธีการทำให้สุกก่อนการ

บรรจุ ซึ่งช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ให้อยู่ในเกณฑ์คุณภาพได้ และยังสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มากกว่า 12 วัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ทำการศึกษาชนิดและประเภทของสารทดแทนไขมันที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสด

2. ควรศึกษากระบวนการเตรียมสารทดแทนไขมันที่เหมาะสม เพื่อให้สามารถใช้ในงานวิจัยไส้กรอกบดหยาบ

3. ศึกษาคุณลักษณะของไส้กรอกบดละเอียดที่มีการใช้สารทดแทนไขมัน (เนยขาว และแป้งรำข้าว) รวมทั้งคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา

4. ปรับปรุงคุณสมบัติเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกให้มีคุณภาพเพื่อความพึงพอใจแก่ผู้บริโภค

เอกสารอ้างอิง

กองโภชนาการ. 2544. ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย. กรมอนามัย. กระทรวงสาธารณสุข, องค์การทหารผ่านศึก.

คณิต วิชิตพันธ์ และลักขณา เหล่าไพบูลย์. 2551. การศึกษาวิธีการเก็บรักษาหม่ำและไส้กรอกอีสานเพื่อขยายเวลาในการเก็บและคงคุณภาพหม่ำและไส้กรอกอีสาน. รายงานวิจัยประเภทอุดหนุนทั่วไป. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ธเนศ อิสระมงคลพันธ์. 2559. เอกสารประกอบการสอน โครงการพัฒนาบุคลากรเพื่อการแปรรูปเนื้อสัตว์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.

น้ำมันบริโภคไทย. 2560. เนยขาวน้ำมันรำข้าว. เข้าถึงข้อมูลได้จาก: https://kingriceoilgroup.com/th/food/rice-bran-oil-shortening/

น้ำมันบริโภคไทย. 2560. แป้งรำข้าว. เข้าถึงข้อมูลได้จาก: https://kingriceoilgroup.com/th/food/rice-bran-flour/

นภาพร ดีสนาม. 2549. **ผลของการพัฒนาสูตรร่วมกับการเติมเจลบุกและโซเดียมไนไตรท์ต่อคุณภาพของไส้อั่ว**. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ประดิษฐ์ คำหนองไผ่, สุภาพร ร่มโพธิ์ไทร และจิระเดช มณีรัตน์. 2555. **รายงานผลการวิจัยเรื่องแนวทางใหม่ในการลดปริมาณมันหมูแข็งในไส้กรอกเปรี้ยว**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

พาขวัญ ทองรักษ์. 2555. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้อั่วปลาไขมันต่ำ**. โครงงานวิจัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์หันตรา.

ไพโรจน์ วิริยจารี, ลักขณา รุจนะไกรกานต์ และปานจิตต์ คุญชะวลี. 2536. การผลิตแหนมโดยใช้เทคโนโลยีเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสม : ผลของข้าวเจ้าและข้าวเหนียวต่อการผลิตกรดแลคติกในผลิตภัณฑ์. **วารสารเกษตร**, 9(1), 61-74.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2555. ไส้กรอกอีสานเนื้อวัว. มผช.475. กรุงเทพ: กระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2547. ไส้อั่ว. มผช. 294. กรุงเทพ: กระทรวงอุตสาหกรรม

สุกัญญา วงวาท. 2544. **การผลิตไส้อั่วลดไขมัน**. โครงการวิจัยสาขาวิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สัญชัย จตุรสิทธิ. (2543). **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์**. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. ยุทธศาสตร์การส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพธุรกิจสินค้า และบริการฮาลาล (พ.ศ. 2559 – 2563). 21 หน้า.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

โสมศิริ สมถวิล. 2555. **การพัฒนาไส้อั่วลดไขมันและยืดอายุการเก็บรักษา**. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โสมศิริ สมถวิล และสุจินดา ศรีวัฒนะ. 2556. การใช้สเกลความพอดีในการปรับสูตรไส้อั่ว, น. 167-174. *ใน* **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศิวาพร ศิวเวชช. 2546. **วัตถุเจือปนในอาหาร เล่ม 1**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ. 2538. แป้งบุก การผลิต สมบัติบางประการและการนำไปใช้ประโยชน์. **วารสารอาหาร**, 25: 238-242.

Akoh, C. C. 1998. Fat Replacers. **Food Technology**. 52(3) 47-53.

Ansorena, D., Astiasaran, I. and Bloukad, J. G. 2002. Effect of fat level and partial replacement of pork back fat with olive oil on processing and quality characteristic of fermented sausages. **Meat science**. 61(4): 397-404.

AOAC. 1999. **Official Method of Analysis.** 17 th ed. Assosiation of Official Anlytical Chemist, Washington DC.

Baka, A.M., Papavergou, E.J., Pragalaki, T., Bloukas, J.G. and Kotzekidou, P. 2011. Effect of selected autochthonous starter cultures on processing and quality characteristics of Greek fermented sausages. **LWT - Food Science and Technology**. 44(1): 54-61.

Bloukas, J. G., Paneras, E. D. and Fournitzis, G. C. 1997. Effect of replacing pork back fat with olive oil on processing and quality characteristics of fermented sausages. **Meat Science**. 45(3): 133-144.

Bozkurt, H. and Bayram, M. 2006. Color and textural attributes of sucuk during ripening. **Meat Science**. 73(2): 344-350.

Doungkhwan, P., Tavitchasri, P., Laosinwattana, C., Ngamyeesoon, N. and Pilasombat, K. 2017. Comparison of Fermentation Process in Thai Fermented Pork Sausage (I-San Sausage) on Quality and Safety. **International Journal of Agricultural Technology**. 13(7.3): 2205-2217.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Esmaeilzadeh, P., Darvishi, S., Assadi, M.M., Mirahmadi, F. and Arashrad, F. 2013. Effect of lactic acid bacteria inoculation on nitrite concentration of fermented sausage in fermentation and ripening periods. **Middle East Journal of Scientific Research**. 13(11): 1455-1464.

Fernández-Ginés, J. M., Fernández-López, J., Sayas-Barbera, E. and Pérez-Alvarez J. A. (2005). Meat products as functional foods: A review. **Journal of Food Science**. 70: 37-53.

Giese, J. 1996. Fats, oils, and fat replacer. **Food Technology**. 50(4): 78-83.

Jatupornpipat, M. and Keatikumjorn, P. 2007. The effect of kefir starter on Thai Fermented sausage product. **Songklanakarin Journal of Science and Technology**. 29(4): 1145-1152.

Komprda, T., Smelá, D., Pechová, P., Kalhotka, L., Štencl, J. and Klejdus, B. 2004. Effect of starter culture, spice mix and storage time and temperature on biogenic amine content of dry fermented sausages. **Meat Science**. 67(4): 607-616

McCord, J. M. 1994. Free radicals and prooxidants in health and nutrition. **Food Technology**. 48(5): 106-111.

Mendoza, E., Garcia, M. L., Casas, C. and Selgas, M. D. (2001). Inulin as fat substitute in low fat, dry fermented sausages. **Meat Science**. 57: 387–393.

Min, B. and Ahn, D. U. 2005. Mechanism of Lipid Peroxidation in Meat and Meat Products – A Review. **Food Science and Biotechnology**. 14: 152-163.

Muguerza, E., Fista, G., Ansorena, D., Astiasaran, I. and Bloukas, J. G. 2002. Effect of Fat level and partial replacement of pork backfat with olive oil on processing andquality characteristics of fermented sausages. **Meat Science**. 61: 397-404.

Muguerza, E., Gimeno, O., Ansorena, D., Bloukas, J. G. and Astiasaran, I. 2001. Effect of replacing pork back-fat with pre-emulsified olive oil on lipid fraction and sensory quality of Chorizo de Pamplona-a traditional Spanish fermented sausage. **Meat Science**. 59: 251–258.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Nobile, M. A. D., Conte, A., Incoronato, L. A., Sevi, O. P A. and Marino, R. 2009. New strategies for reducing the pork back-fat content in typical Italian salami. **Meat Science**. 81: 263-269.

Ospina-E, J. C., Cruz, S. A., Pérez-Alvárez J. A. and Fernández-López J. 2010. Development of combinations of chemically modified vegetable oils as pork back fat substitutes in sausages formulations. **Meat Science**. 84: 491-497.

Ozvural, E. B. and Vural H. 2008. Utilization of inter esterified oil blends in the production of frankfurters. **Meat Science**. 78: 211-216.

Paneras, E. D. and Bloukas, J. G. 1994. Vegetable oils replace pork back fat for low-fat frankfurters. **Journal of food science**. 59(4): 725-728, 733.

Phromraksa, P., Wiriyacharee, P., Rujanakraikarn, L. and Pathomrungsiyungkul, P. 2004. Optimizing formulation and fermentation time of Thai fermented pork sausage (Sai Krok Prew) using starter cultures. **Chiang Mai University Journal of Natural Sciences**. 3(2): 133- 145.

Roller, S. and Jones, S. A. 1996. **Handbook of Fat Replacers**. Florida: Boca Raton 325p.

Saithong, P., Panthavee, W., Boonyaratanakornkit, M. and Sikkhamondhol, C. 2010. Use of a starter culture of lactic acid bacteria in plaa-som, a Thai fermented fish. **Journal of Bioscience and Bioengineering**. 110(5): 553-557.

Severini, C., De Pilli, T. and Baiano. 2003. Partial Substitution of pork back fat with extra virgin olive oil in salamai products: effect on chemical, physical and sensorial quality. **Meat science**. 64(3): 323-331.

Sİrİken, B., Cadİrcİ, O., Inat, G., Yenİsey, C., Serter, M. and Ozdemİr, M. 2009. Some microbiologial and pysico-chemical quality of Turkish sucak (Sausage). **Journal of animal and Veterinary Advances**. 8(10): 2027-2032.

Visessanguan, W., Benjakul, S., Riebroy, S. and Thepkasikul, P. 2004. Changes in Composition and functional properties of proteins and their contributions to Nham characgteristics. **Meat Science**. 66: 579-588.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Visessanguan, W., Plengvidhya, V., Chokesjjawatee, C. and Bakar, J. A. 2015. Lactic meat fermentation. 313-358 pp. *In* Owens, J.D. (Ed.). **Indigenous Fermented Foods of Southeast Asia**. USA: CRC Press.

Warriss, P. O. 2000. **Meat Science**. New York: CABI Publishing. 310p.

Zaho, L., Jin, Y., Ma, C., Song, H., Li, H., Wang, Z. and Xiao, S. 2011. Physio-chemical characteristics and free fatty acid composition of dry fermented mutton sausages as affected by the use of various combinations of starter cultures and spices. **Meat Science**. 88(4): 761-766.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (AOAC, 1999)

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

1.1 วิธีวิเคราะห์

1.1.1 อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2 -3 ชั่วโมง นำอกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้นจนเย็น หลังจากนั้นชั่งหาน้ำหนัก

1.1.2 กระทำเช่นข้อ 1.1.1 ซ้ำ จนได้ผลต่างของน้ำหนักไม่เกิน 1 – 3 มิลลิกรัม

1.1.3 ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ประมาณ 1 – 2 กรัมใส่ภาชนะหาความชื้นที่ทราบน้ำหนักแน่นอน

1.1.4 นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 4 – 5 ชั่วโมง

1.1.5 นำออกจากตู้อบลมร้อนใส่โถดูดความชื้นจนเย็น หลังจากนั้นชั่งน้ำหนัก

1.1.6 อบตัวอย่างซ้ำที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ประมาณ 30 นาที จนได้น้ำหนักไม่เกิน 1 – 3 มิลลิกรัม

1.1.7 คำนวณหาปริมาณความชื้นจากสูตร

$$\text{ร้อยละโดยน้ำหนัก} = \frac{\text{ผลต่างของน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบและหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

2. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

2.1 วิธีวิเคราะห์

2.1.1 เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง รอจนอุณหภูมิลดลงแล้วนำออกจากเตาเผา นำไปใส่ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนัก

2.1.2 เผาซ้ำอีกครั้งประมาณ 30 นาทีและกระทำเช่นข้อ 2.1.1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

2.1.3 ชั่งน้ำหนักให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 1 – 2 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบซึ่งทราบน้ำหนักแล้ว นำไปเผาในตู้ควันจนหมดควันแล้วจึงนำเข้าเตาเผา ตั้งอุณหภูมิเตาเผาไว้ที่ 600 องซาเซลเซียสและกระทำเช่นเดียวกับข้อ 2.1.2 และ 2.1.3

2.1.4 คำนวณหาปริมาณเถ้าจากสูตร

$$\text{ปริมาณเถ้าร้อยละโดยน้ำหนัก} = 100 \times \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

3. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (วิธี Kjeldhal)

3.1 สารเคมี

3.1.1 สารผสมระหว่างคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) และโพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) อัตราส่วน 1:10

3.1.2 กรดซัลฟูริก (conc. H_2SO_4)

3.1.3 โซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น ร้อยละ 40

3.1.4 กรดบอร์ริกที่มีความเข้มข้น ร้อยละ 4

3.1.5 กรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.1 นอร์มอล

3.1.6 อินดิเคเตอร์ เป็นสารผสมระหว่าง เมธิลเรดและโบรโมครีซอลกรีน

3.2 การ standardize สารละลายกรดซัลฟูริกมาตรฐาน 0.1 นอร์มอล

3.2.1 ชั่งแอนไฮดรัส โซเดียมคาร์บอเนตประมาณ 5 กรัม ใส่โกร่งบดให้ละเอียด แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมงแล้วทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น

3.2.2 ชั่งแอนไฮดรัส โซเดียมคาร์บอเนตที่อบมาแล้ว 0.13 กรัมอย่างละเอียดใส่ชวดรูปชมพู่ เติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร หยดอินดิเคเตอร์ 2 – 3 หยด แล้วไตเตรทกับกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู จดเป็นปริมาตร A_1

3.2.3 นำสารละลายไปต้มจนเดือด (ประมาณ 2 – 3 นาที) สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีเขียว ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วไตเตรทกับกรดซัลฟูริกจนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอีกครั้ง จดเป็นปริมาตร A_2 แล้วคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟูริก จากสูตร

$$\text{ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริก (โมลาร์)} = \frac{\text{น้ำหนักโซเดียมคาร์บอเนต (g)} \times 2000}{\text{น้ำหนักโมเลกุลของโซเดียมคาร์บอเนต} \times (A_1 + A_2)}$$

3.3 วิธีวิเคราะห์

3.3.1 ชั่งตัวอย่าง 0.5 – 1 กรัม ลงในหลอดย่อยโปรตีน

3.3.2 ใส่ตัวเร่งปฏิกิริยา คอปเปอร์ซัลเฟต 0.5 กรัม โพแทสเซียมซัลเฟต 9.5 กรัม และเติมกรดซัลฟูริก 20 มิลลิลิตร

3.3.3 นำไปย่อยบนเตาไฟฟ้าที่ต่อกับชุดดักจับไอกรด ให้ความร้อนจนสารละลายตัวอย่างไม่มีควันและสารละลายใส ทิ้งให้เย็น

3.3.4 นำเข้าเครื่องกลั่น เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตรและโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 40 ปริมาณ 90 มิลลิลิตร กลั่นประมาณ 3 นาที

3.3.5 นำขวดรูปชมพู่ที่เติมกรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาณ 25 มิลลิลิตรและหยดอินดิเคเตอร์ 2 – 3 หยด รองรับสารตัวอย่างจากการกลั่น

3.3.6 ไตเตรทสารละลายที่กลั่นได้ด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีเทา จดปริมาตรแล้วคำนวณจากสูตร

$$\% \text{ ไนโตรเจน} = \frac{(A - B) \times N \times 14.007 \times 100}{W}$$

% โปรตีน (น้ำหนักเปียก) = % ไนโตรเจน x 6.25

A = ปริมาตรของกรดซัลฟูริกที่ใช้ไตเตรทกับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)
B = ปริมาตรของกรดซัลฟูริกที่ใช้ไตเตรทกับแบลงค์ (มิลลิลิตร)
N = ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริก (นอร์มอล)
W = น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (มิลลิลิตร)

4 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (soctex)

4.1 วิธีวิเคราะห์

4.1.1 ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่แห้งบนกระดาษกรองเบอร์ 1 (ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน) แล้วใส่ลง thimble จากนั้นใส่ใน thimble holder แล้วนำเข้าเครื่องสกัด

4.1.2 เติมตัวทำละลายปิโตรเลียม อีเทอร์ใส่ถ้วยสกัดไขมันที่ผ่านการอบแห้ง ประมาณ 50 มิลลิลิตร แล้วนำไปใส่เครื่องสกัดไขมัน

4.1.3 สกัดไขมันเป็นเวลา 45 นาทีแล้วทำการ rinsing 10 นาที เมื่อครบตามเวลาสกัด ทำการ evaporation เพื่อกำจัดตัวทำละลายปิโตรเลียม อีเทอร์

4.1.4 นำถ้วยสกัดไขมันอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส จนแห้งใช้เวลาประมาณ 30 นาที ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น

4.1.5 ชั่งน้ำหนักแล้วอบซ้ำนานครั้งละ 30 นาที จนผลต่างของน้ำหนักไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

4.1.6 คำนวณหาปริมาณไขมันจากสูตร

$$\text{ปริมาณน้ำมันร้อยละโดยน้ำหนัก} = 100 \times \frac{\text{น้ำหนักไขมันหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

5 การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

วิธีคำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรต จากการหักลบออกจากร้อยละ 100

% คาร์โบไฮเดรต = 100 – (% ความชื้น + % เถ้า + % ไขมัน + % โปรตีน)

ภาคผนวก ข

วิธีวิเคราะห์กรดไทโอบาบิทูริก (Thiobarbituric acid; TBA)

การวัดปริมาณ 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) (ดัดแปลงจาก Russell และคณะ, 1977)

1. อุปกรณ์

1.1 เครื่องหมุนเหวี่ยงควบคุมอุณหภูมิ (centrifuge)

1.2 หลอดหมุนเหวี่ยง (centrifuge tube)

1.3 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath)

1.4 เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (spectrophotometer)

1.5 คิวเวทท์ (cuvette)

1.6 อุปกรณ์จ่ายสารแบบอัตโนมัติ (automatic pipette)

1.7 เครื่องผสมสาร (vortex mixer)

1.8 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

2. สารเคมี

2.1 2-Thiobabituric acid (TBA)

2.2 โซเดียมไฮโรอกไซด์ (NaOH)

2.3 TCA Solution

2.4 กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid; HCl)

2.5 BHA

2.6 Propylene glycol

2.7 ทวีน 20 (Tween 20)

2.8 1,1,3,3–Tetraethoxypropane

3. การเตรียมสารเคมี

3.1 สารละลาย TBA

ชั่ง TBA 1 กรัม ละลายใน 0.1 N NaOH 75 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

3.2 Trichloroacetic Acid–HCl Reagent

นำสารละลาย TCA ความเข้มข้นร้อยละ 25 ปริมาณ 50 มิลลิลิตร และ 0.6 N HCl 30 มิลลิลิตร ผสมในน้ำกลั่น 420 มิลลิลิตร

3.3 สารละลาย Antioxidant

เตรียม BHA 0.3 กรัม มาละลายใน Propylene glycol 5.4 กรัม และเตรียม BHT 0.3 กรัม มาละลายใน Tween 20 อุ่น จากนั้นน้าสารที่เตรียมไว้ทั้ง 2 ชนิดมาผสมกัน

4. วิธีการทดลอง

4.1 ชั่งตัวอย่างที่ปั่นละเอียด 0.5 กรัม ใส่ลงในหลอดปั่นเหวี่ยงขนาด 25 มิลลิลิตร และหยดสารละลาย Antioxidant จ้านวน 3 หยดและเติมสารละลาย TBA 3 มิลลิลิตร ผสมสารให้เข้ากัน

4.2 นำตัวอย่างผสมที่ได้ เติม Trichloroacetic Acid–HCl Reagent ปริมาตร 17 มิลลิลิตร ผสมสารให้เข้ากัน

4.3 นำไปให้ความร้อนในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปแช่น้ำจนมีอุณหภูมิลดลงเท่าอุณหภูมิห้อง

4.4 เทสารสีที่ได้ใส่หลอดปั่นเหวี่ยง ขนาด 25 มิลลิลิตร และเติม chloroform 5 มิลลิลิตร ผสมสารให้เข้ากัน

4.5 นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 3,000 rpm อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที

4.6 ปิเปตสารละลายใสใส่คิวเวทท์ 1 เซนติเมตร และนำไปวัดค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร กำหนดให้ Blank คือ สารละลายที่ไม่มีการใส่ตัวอย่าง บันทึกค่าการดูกลืนแสงที่ได้

4.7 เตรียมกราฟมาตรฐานโดยใช้ 1,1,3,3–Tetraethoxypropane (TEP) ที่ความเข้มข้นจาก 0 ถึง 1.304 M

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์สถิติ

ค1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไส้อั่วเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าว

Dependent Variable ความชื้น

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6.904[a]	3	2.301	5.129	.074
Intercept	38309.120	1	38309.120	85382.783	.000
Treatment	6.904	3	2.301	5.129	.074
Error	1.795	4	.449		
Total	38317.818	8			
Corrected Total	8.698	7			

a. R Squared = .794 (Adjusted R Squared = .639)

Dependent Variable: โปรตีน

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.537[a]	3	.179	.684	.607
Intercept	2104.707	1	2104.707	8050.903	.000
Treatment	.537	3	.179	.684	.607
Error	1.046	4	.261		
Total	2106.290	8			
Corrected Total	1.582	7			

a. R Squared = .339 (Adjusted R Squared = -.156)

Dependent Variable: ไขมัน

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2.406[a]	3	.802	18.199	.009
Intercept	284.292	1	284.292	6452.017	.000
Treatment	2.406	3	.802	18.199	.009
Error	.176	4	.044		
Total	286.874	8			
Corrected Total	2.582	7			

a. R Squared = .932 (Adjusted R Squared = .881)

Dependent Variable: เถ้า

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.038[a]	3	.013	50.333	.001
Intercept	48.511	1	48.511	194045.000	.000
Treatment	.038	3	.013	50.333	.001
Error	.001	4	.000		
Total	48.550	8			
Corrected Total	.039	7			

a. R Squared = .974 (Adjusted R Squared = .955)

Dependent Variable: คาร์โบไฮเดรต

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2.938[a]	3	.979	3.270	.141
Intercept	303.195	1	303.195	1012.296	.000
Treatment	2.938	3	.979	3.270	.141
Error	1.198	4	.300		
Total	307.332	8			
Corrected Total	4.136	7			

a. R Squared = .710 (Adjusted R Squared = .493)

ค2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไส้อั่วเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าว

Dependent Variable: ความชื้น

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	52.105[a]	3	17.368	308.084	.000
Intercept	33852.020	1	33852.020	600479.290	.000
Treatment	52.105	3	17.368	308.084	.000
Error	.225	4	.056		
Total	33904.350	8			
Corrected Total	52.330	7			

a. R Squared = .996 (Adjusted R Squared = .992)

Dependent Variable: โปรตีน

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3.355[a]	3	1.118	7.891	.037
Intercept	2112.500	1	2112.500	14905.627	.000
TREATMENT	3.355	3	1.118	7.891	.037
Error	.567	4	.142		
Total	2116.422	8			
Corrected Total	3.922	7			

a. R Squared = .855 (Adjusted R Squared = .747)

Dependent Variable: ไขมัน

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	60.035[a]	3	20.012	158.352	.000
Intercept	845.016	1	845.016	6686.576	.000
TREATMENT	60.035	3	20.012	158.352	.000
Error	.506	4	.126		
Total	905.557	8			
Corrected Total	60.541	7			

a. R Squared = .992 (Adjusted R Squared = .985)

Dependent Variable: เถ้า

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.101[a]	3	.034	64.286	.001
Intercept	40.230	1	40.230	76629.429	.000
TREATMENT	.101	3	.034	64.286	.001
Error	.002	4	.001		
Total	40.334	8			
Corrected Total	.103	7			

a. R Squared = .980 (Adjusted R Squared = .964)

Dependent Variable: คาร์โบไฮเดรต

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3.385[a]	3	1.128	2.970	.160
Intercept	305.539	1	305.539	804.421	.000
TREATMENT	3.385	3	1.128	2.970	.160
Error	1.519	4	.380		
Total	310.443	8			
Corrected Total	4.904	7			

a. R Squared = .690 (Adjusted R Squared = .458)

ค3 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้อั่วเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าว

Dependent Variable: ความแข็ง

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11300.803[a]	3	3766.934	9.156	.001
Intercept	452833.446	1	452833.446	1100.681	.000
TREATMENT	11300.803	3	3766.934	9.156	.001
Error	6582.591	16	411.412		
Total	470716.841	20			
Corrected Total	17883.394	19			

a. R Squared = .632 (Adjusted R Squared = .563)

Dependent Variable: ค่าการยึดติด

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.374[a]	3	.458	2.393	.107
Intercept	4.758	1	4.758	24.861	.000
TREATMENT	1.374	3	.458	2.393	.107
Error	3.062	16	.191		
Total	9.194	20			
Corrected Total	4.436	19			

a. R Squared = .310 (Adjusted R Squared = .180)

Dependent Variable: ค่าความยืดหยุ่น

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.002[a]	3	.001	.580	.636
Intercept	12.270	1	12.270	10572.011	.000
TREATMENT	.002	3	.001	.580	.636
Error	.019	16	.001		
Total	12.290	20			
Corrected Total	.021	19			

a. R Squared = .098 (Adjusted R Squared = -.071)

Dependent Variable: ค่าการยึดเกาะกัน

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.017[a]	3	.006	3.324	.046
Intercept	5.747	1	5.747	3310.241	.000
TREATMENT	.017	3	.006	3.324	.046
Error	.028	16	.002		
Total	5.792	20			
Corrected Total	.045	19			

a. R Squared = .384 (Adjusted R Squared = .268)

Dependent Variable: ค่าความเหนียวยึดติด

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3394.424[a]	3	1131.475	8.742	.001
Intercept	129273.713	1	129273.713	998.760	.000
TREATMENT	3394.424	3	1131.475	8.742	.001
Error	2070.947	16	129.434		
Total	134739.084	20			
Corrected Total	5465.371	19			

a. R Squared = .621 (Adjusted R Squared = .550)

Dependent Variable: ความเหนียวเมื่อถูกบดเคี้ยว

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1176.087[a]	3	392.029	6.283	.005
Intercept	37452.608	1	37452.608	600.273	.000
TREATMENT	1176.087	3	392.029	6.283	.005
Error	998.281	16	62.393		
Total	39626.977	20			
Corrected Total	2174.368	19			

a. R Squared = .541 (Adjusted R Squared = .455)

ค4 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้อั่วเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าว

Dependent Variable: ความแข็ง

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4249.417[a]	3	1416.472	1.628	.222
Intercept	590882.189	1	590882.189	679.008	.000
TREATMENT	4249.417	3	1416.472	1.628	.222
Error	13923.419	16	870.214		
Total	609055.024	20			
Corrected Total	18172.835	19			

a. R Squared = .234 (Adjusted R Squared = .090)

Dependent Variable: ค่าการยึดติด

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.209[a]	3	.070	.371	.775
Intercept	6.149	1	6.149	32.695	.000
TREATMENT	.209	3	.070	.371	.775
Error	3.009	16	.188		
Total	9.368	20			
Corrected Total	3.219	19			

a. R Squared = .065 (Adjusted R Squared = -.110)

Dependent Variable: ค่าความยืดหยุ่น

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.006[a]	3	.002	2.087	.142
Intercept	12.891	1	12.891	12619.105	.000
TREATMENT	.006	3	.002	2.087	.142
Error	.016	16	.001		
Total	12.914	20			
Corrected Total	.023	19			

a. R Squared = .281 (Adjusted R Squared = .147)

Dependent Variable: ค่าการยึดเกาะกัน

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.029[a]	3	.010	2.405	.105
Intercept	6.094	1	6.094	1529.562	.000
TREATMENT	.029	3	.010	2.405	.105
Error	.064	16	.004		
Total	6.187	20			
Corrected Total	.092	19			

a. R Squared = .311 (Adjusted R Squared = .182)

Dependent Variable: ค่าความเหนียวยึดติด

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2662.754[a]	3	887.585	4.892	.013
Intercept	177691.223	1	177691.223	979.436	.000
TREATMENT	2662.754	3	887.585	4.892	.013
Error	2902.752	16	181.422		
Total	183256.729	20			
Corrected Total	5565.506	19			

a. R Squared = .478 (Adjusted R Squared = .381)

Dependent Variable: ความเหนียวเมื่อถูกบดเคี้ยว

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1550.764[a]	3	516.921	5.455	.009
Intercept	54985.648	1	54985.648	580.260	.000
TREATMENT	1550.764	3	516.921	5.455	.009
Error	1516.165	16	94.760		
Total	58052.577	20			
Corrected Total	3066.929	19			

a. R Squared = .506 (Adjusted R Squared = .413)

ค5 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของไส้อั่วเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าว

Dependent Variable : กลิ่น

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	246.880[a]	52	4.748	3.455	.000
Intercept	6216.125	1	6216.125	4523.728	.000
TREATMENT	23.255	3	7.752	5.641	.001
REP	223.625	49	4.564	3.321	.000
Error	201.995	147	1.374		
Total	6665.000	200			
Corrected Total	448.875	199			

a. R Squared = .550 (Adjusted R Squared = .391)

Dependent Variable : ด้านรสชาติ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	324.740[a]	52	6.245	4.471	.000
Intercept	5283.920	1	5283.920	3782.684	.000
TREATMENT	13.160	3	4.387	3.140	.027
REP	311.580	49	6.359	4.552	.000
Error	205.340	147	1.397		
Total	5814.000	200			
Corrected Total	530.080	199			

a. R Squared = .613 (Adjusted R Squared = .476)

Dependent Variable : ความฉ่ำน้ำ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	349.600[a]	52	6.723	4.031	.000
Intercept	5294.205	1	5294.205	3173.997	.000
TREATMENT	6.055	3	2.018	1.210	.308
REP	343.545	49	7.011	4.203	.000
Error	245.195	147	1.668		
Total	5889.000	200			
Corrected Total	594.795	199			

a. R Squared = .588 (Adjusted R Squared = .442)

Dependent Variable : ความแน่นเนื้อ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	370.400[a]	52	7.123	6.635	.000
Intercept	5345.780	1	5345.780	4979.278	.000
TREATMENT	4.180	3	1.393	1.298	.277
REP	366.220	49	7.474	6.961	.000
Error	157.820	147	1.074		
Total	5874.000	200			
Corrected Total	528.220	199			

a. R Squared = .701 (Adjusted R Squared = .596)

Dependent Variable : ด้านความชอบโดยรวม

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	219.780[a]	52	4.227	3.316	.000
Intercept	5788.880	1	5788.880	4542.358	.000
TREATMENT	13.160	3	4.387	3.442	.018
REP	206.620	49	4.217	3.309	.000
Error	187.340	147	1.274		
Total	6196.000	200			
Corrected Total	407.120	199			

a. R Squared = .540 (Adjusted R Squared = .377)

ค6 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสไส้อั่วเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าว

Dependent Variable: กลิ่น

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	318.540[a]	54	5.899	6.328	.000
Intercept	13534.083	1	13534.083	14519.217	.000
TREATMENT	68.457	5	13.691	14.688	.000
REP	250.083	49	5.104	5.475	.000
Error	228.377	245	.932		
Total	14081.000	300			
Corrected Total	546.917	299			

a. R Squared = .582 (Adjusted R Squared = .490)

Dependent Variable: รสชาติ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	350.653[a]	54	6.494	6.389	.000
Intercept	11656.333	1	11656.333	11468.469	.000
TREATMENT	75.987	5	15.197	14.952	.000
REP	274.667	49	5.605	5.515	.000
Error	249.013	245	1.016		
Total	12256.000	300			
Corrected Total	599.667	299			

a. R Squared = .585 (Adjusted R Squared = .493)

Dependent Variable: ความฉ่ำน้ำ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	462.667[a]	54	8.568	4.549	.000
Intercept	12467.853	1	12467.853	6619.191	.000
TREATMENT	211.187	5	42.237	22.424	.000
REP	251.480	49	5.132	2.725	.000
Error	461.480	245	1.884		
Total	13392.000	300			
Corrected Total	924.147	299			

a. R Squared = .501 (Adjusted R Squared = .391)

Dependent Variable: ความแน่นเนื้อ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	456.660[a]	54	8.457	4.915	.000
Intercept	11944.830	1	11944.830	6942.856	.000
TREATMENT	190.990	5	38.198	22.202	.000
REP	265.670	49	5.422	3.151	.000
Error	421.510	245	1.720		
Total	12823.000	300			
Corrected Total	878.170	299			

a. R Squared = .520 (Adjusted R Squared = .414)

Dependent Variable: ความชอบโดยรวม

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	382.847[a]	54	7.090	5.341	.000
Intercept	12896.963	1	12896.963	9716.646	.000
TREATMENT	163.977	5	32.795	24.708	.000
REP	218.870	49	4.467	3.365	.000
Error	325.190	245	1.327		
Total	13605.000	300			
Corrected Total	708.037	299			

a. R Squared = .541 (Adjusted R Squared = .439)

ค7 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าว

Dependent Variable: ความชื้น

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	95.043[a]	3	31.681	365.145	.000
Intercept	26522.500	1	26522.500	305690.818	.000
TREATMENT	95.043	3	31.681	365.145	.000
Error	.347	4	.087		
Total	26617.889	8			
Corrected Total	95.390	7			

a. R Squared = .996 (Adjusted R Squared = .994)

Dependent Variable: โปรตีน

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2.799[a]	3	.933	30.145	.003
Intercept	1317.384	1	1317.384	42564.926	.000
TREATMENT	2.799	3	.933	30.145	.003
Error	.124	4	.031		
Total	1320.307	8			
Corrected Total	2.923	7			

a. R Squared = .958 (Adjusted R Squared = .926)

Dependent Variable: ไขมัน

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	62.120[a]	3	20.707	1319.954	.000
Intercept	1882.218	1	1882.218	119982.025	.000
TREATMENT	62.120	3	20.707	1319.954	.000
Error	.063	4	.016		
Total	1944.401	8			
Corrected Total	62.183	7			

a. R Squared = .999 (Adjusted R Squared = .998)

Dependent Variable: เถ้า

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.109[a]	3	.036	3.097	.152
Intercept	23.018	1	23.018	1961.075	.000
TREATMENT	.109	3	.036	3.097	.152
Error	.047	4	.012		
Total	23.174	8			
Corrected Total	.156	7			

a. R Squared = .699 (Adjusted R Squared = .473)

Dependent Variable: คาร์โบไฮเดรต

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	16.389[a]	3	5.463	73.219	.001
Intercept	1260.773	1	1260.773	16897.612	.000
TREATMENT	16.389	3	5.463	73.219	.001
Error	.298	4	.075		
Total	1277.461	8			
Corrected Total	16.688	7			

a. R Squared = .982 (Adjusted R Squared = .969)

ค8 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าว

Dependent Variable: ความชื้น

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	38.500[a]	3	12.833	174.723	.000
Intercept	29216.696	1	29216.696	397776.671	.000
TREATMENT	38.500	3	12.833	174.723	.000
Error	.294	4	.073		
Total	29255.490	8			
Corrected Total	38.794	7			

a. R Squared = .992 (Adjusted R Squared = .987)

Dependent Variable: โปรตีน

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.350[a]	3	.450	17.947	.009
Intercept	1475.331	1	1475.331	58836.738	.000
TREATMENT	1.350	3	.450	17.947	.009
Error	.100	4	.025		
Total	1476.782	8			
Corrected Total	1.450	7			

a. R Squared = .931 (Adjusted R Squared = .879)

Dependent Variable: ไขมัน

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	31.698[a]	3	10.566	336.628	.000
Intercept	834.157	1	834.157	26576.090	.000
TREATMENT	31.698	3	10.566	336.628	.000
Error	.126	4	.031		
Total	865.980	8			
Corrected Total	31.823	7			

a. R Squared = .996 (Adjusted R Squared = .993)

Dependent Variable: เถ้า

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.068[a]	3	.023	3.936	.109
Intercept	30.459	1	30.459	5285.729	.000
TREATMENT	.068	3	.023	3.936	.109
Error	.023	4	.006		
Total	30.550	8			
Corrected Total	.091	7			

a. R Squared = .747 (Adjusted R Squared = .557)

Dependent Variable: คาร์โบไฮเดรต

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	7.035[a]	3	2.345	28.295	.004
Intercept	1529.045	1	1529.045	18450.015	.000
TREATMENT	7.035	3	2.345	28.295	.004
Error	.331	4	.083		
Total	1536.411	8			
Corrected Total	7.366	7			

a. R Squared = .955 (Adjusted R Squared = .921)

ค9 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าว

Dependent Variable: ความแข็ง

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	220.940[a]	3	73.647	13.680	.000
Intercept	3478.197	1	3478.197	646.081	.000
TREATMENT	220.940	3	73.647	13.680	.000
Error	150.739	28	5.384		
Total	3849.876	32			
Corrected Total	371.679	31			

a. R Squared = .594 (Adjusted R Squared = .551)

Dependent Variable: ค่าการยึดติด

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	461.428[a]	3	153.809	8.089	.000
Intercept	855.304	1	855.304	44.980	.000
TREATMENT	461.428	3	153.809	8.089	.000
Error	532.427	28	19.015		
Total	1849.159	32			
Corrected Total	993.855	31			

a. R Squared = .464 (Adjusted R Squared = .407)

Dependent Variable: ค่าความยืดหยุ่น

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.256[a]	3	.085	16.156	.000
Intercept	8.098	1	8.098	1531.899	.000
TREATMENT	.256	3	.085	16.156	.000
Error	.148	28	.005		
Total	8.503	32			
Corrected Total	.404	31			

a. R Squared = .634 (Adjusted R Squared = .595)

Dependent Variable: ค่าค่าการยึดเกาะกัน

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.008[a]	3	.003	.791	.509
Intercept	5.320	1	5.320	1514.571	.000
TREATMENT	.008	3	.003	.791	.509
Error	.098	28	.004		
Total	5.427	32			
Corrected Total	.107	31			

a. R Squared = .078 (Adjusted R Squared = -.021)

Dependent Variable: ค่าความเหนียวยึดติด

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	47.105[a]	3	15.702	10.721	.000
Intercept	602.184	1	602.184	411.159	.000
TREATMENT	47.105	3	15.702	10.721	.000
Error	41.009	28	1.465		
Total	690.298	32			
Corrected Total	88.114	31			

a. R Squared = .535 (Adjusted R Squared = .485)

Dependent Variable: ความเหนียวเมื่อถูกบดเคี้ยว

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	9.307[a]	3	3.102	7.792	.001
Intercept	106.916	1	106.916	268.523	.000
TREATMENT	9.307	3	3.102	7.792	.001
Error	11.149	28	.398		
Total	127.372	32			
Corrected Total	20.455	31			

a. R Squared = .455 (Adjusted R Squared = .397)

ค10 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าว

Dependent Variable: ความแข็ง

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1854.560[a]	3	618.187	28.445	.000
Intercept	24216.430	1	24216.430	1114.289	.000
TREATMENT	1854.560	3	618.187	28.445	.000
Error	521.583	24	21.733		
Total	27336.714	28			
Corrected Total	2376.143	27			

a. R Squared = .780 (Adjusted R Squared = .753)

Dependent Variable: ค่าการยึดติด

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6.606[a]	3	2.202	.570	.640
Intercept	56.590	1	56.590	14.638	.001
TREATMENT	6.606	3	2.202	.570	.640
Error	92.781	24	3.866		
Total	157.997	28			
Corrected Total	99.387	27			

a. R Squared = .066 (Adjusted R Squared = -.050)

Dependent Variable: ค่าความยืดหยุ่น

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.086[a]	3	.029	7.389	.001
Intercept	13.564	1	13.564	3477.738	.000
TREATMENT	.086	3	.029	7.389	.001
Error	.094	24	.004		
Total	13.858	28			
Corrected Total	.180	27			

a. R Squared = .480 (Adjusted R Squared = .415)

Dependent Variable: ค่าค่าการยึดเกาะกัน

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.038[a]	3	.013	3.281	.038
Intercept	8.478	1	8.478	2175.789	.000
TREATMENT	.038	3	.013	3.281	.038
Error	.094	24	.004		
Total	8.635	28			
Corrected Total	.132	27			

a. R Squared = .291 (Adjusted R Squared = .202)

Dependent Variable: ค่าความเหนียวยึดติด

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	680.441[a]	3	226.814	30.665	.000
Intercept	7495.746	1	7495.746	1013.435	.000
TREATMENT	680.441	3	226.814	30.665	.000
Error	177.513	24	7.396		
Total	8525.569	28			
Corrected Total	857.954	27			

a. R Squared = .793 (Adjusted R Squared = .767)

Dependent Variable: ความเหนียวเมื่อถูกบดเคี้ยว

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	267.338[a]	3	89.113	17.091	.000
Intercept	2391.901	1	2391.901	458.759	.000
TREATMENT	267.338	3	89.113	17.091	.000
Error	125.133	24	5.214		
Total	2820.891	28			
Corrected Total	392.470	27			

a. R Squared = .681 (Adjusted R Squared = .641)

ค11 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาล ที่แปรปริมาณเนยขาวน้ำมันรำข้าว

Dependent Variable: กลิ่น

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	284.800[a]	52	5.477	4.968	.000
Intercept	8646.125	1	8646.125	7841.927	.000
TREATMENT	2.175	3	.725	.658	.579
REP	282.625	49	5.768	5.231	.000
Error	162.075	147	1.103		
Total	9093.000	200			
Corrected Total	446.875	199			

a. R Squared = .637 (Adjusted R Squared = .509)

Dependent Variable: รสชาติ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	229.140[a]	52	4.407	3.558	.000
Intercept	8857.805	1	8857.805	7152.220	.000
TREATMENT	1.695	3	.565	.456	.713
REP	227.445	49	4.642	3.748	.000
Error	182.055	147	1.238		
Total	9269.000	200			
Corrected Total	411.195	199			

a. R Squared = .557 (Adjusted R Squared = .401)

Dependent Variable: ความฉ่ำน้ำ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	263.600[a]	52	5.069	3.578	.000
Intercept	8001.125	1	8001.125	5647.175	.000
TREATMENT	3.975	3	1.325	.935	.425
REP	259.625	49	5.298	3.740	.000
Error	208.275	147	1.417		
Total	8473.000	200			
Corrected Total	471.875	199			

a. R Squared = .559 (Adjusted R Squared = .402)

Dependent Variable: ความแน่นเนื้อ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	278.960[a]	52	5.365	4.672	.000
Intercept	8541.245	1	8541.245	7438.390	.000
TREATMENT	8.455	3	2.818	2.454	.066
REP	270.505	49	5.521	4.808	.000
Error	168.795	147	1.148		
Total	8989.000	200			
Corrected Total	447.755	199			

a. R Squared = .623 (Adjusted R Squared = .490)

Dependent Variable: ความชอบโดยรวม

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	217.720[a]	52	4.187	3.476	.000
Intercept	9508.205	1	9508.205	7893.300	.000
TREATMENT	5.175	3	1.725	1.432	.236
REP	212.545	49	4.338	3.601	.000
Error	177.075	147	1.205		
Total	9903.000	200			
Corrected Total	394.795	199			

a. R Squared = .551 (Adjusted R Squared = .393)

ค12 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสไส้กรอกอีสานเนื้อฮาลาลที่แปรปริมาณแป้งรำข้าวสกัดที่ดูดซับน้ำมันรำข้าว

Dependent Variable: กลิ่น

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	228.880[a]	52	4.402	3.318	.000
Intercept	9045.125	1	9045.125	6818.808	.000
TREATMENT	5.255	3	1.752	1.321	.270
REP	223.625	49	4.564	3.440	.000
Error	194.995	147	1.326		
Total	9469.000	200			
Corrected Total	423.875	199			

a. R Squared = .540 (Adjusted R Squared = .377)

Dependent Variable: รสชาติ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	282.180[a]	52	5.427	4.134	.000
Intercept	7975.845	1	7975.845	6075.653	.000
TREATMENT	3.775	3	1.258	.959	.414
REP	278.405	49	5.682	4.328	.000
Error	192.975	147	1.313		
Total	8451.000	200			
Corrected Total	475.155	199			

a. R Squared = .594 (Adjusted R Squared = .450)

Dependent Variable: ความฉ่ำน้ำ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	234.160[a]	52	4.503	3.483	.000
Intercept	8204.805	1	8204.805	6346.759	.000
TREATMENT	6.215	3	2.072	1.603	.191
REP	227.945	49	4.652	3.598	.000
Error	190.035	147	1.293		
Total	8629.000	200			
Corrected Total	424.195	199			

a. R Squared = .552 (Adjusted R Squared = .394)

Dependent Variable: ความแน่นเนื้อ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	254.720[a]	52	4.898	3.474	.000
Intercept	8437.005	1	8437.005	5983.547	.000
TREATMENT	10.975	3	3.658	2.595	.055
REP	243.745	49	4.974	3.528	.000
Error	207.275	147	1.410		
Total	8899.000	200			
Corrected Total	461.995	199			

a. R Squared = .551 (Adjusted R Squared = .393)

Dependent Variable: ความชอบโดยรวม

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	281.520[a]	52	5.414	4.604	.000
Intercept	8964.605	1	8964.605	7622.831	.000
TREATMENT	4.375	3	1.458	1.240	.297
REP	277.145	49	5.656	4.809	.000
Error	172.875	147	1.176		
Total	9419.000	200			
Corrected Total	454.395	199			

a. R Squared = .620 (Adjusted R Squared = .485)

ประวัตินักวิจัย

ประวัตินักวิจัยคนที่ 1

ชื่อ – สกุล	นายนิซุฟยาน นิมะมิง
วัน เดือน ปี เกิด	5 มีนาคม 2529
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การอาหาร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2556 วิทยาศาสตรบัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2553
ตำแหน่งงานปัจจุบัน	พนักงานมหาวิทยาลัย (สายวิชาการ) สาขาอาหารและโภชนาการ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ประวัตินักวิจัยคนที่ 2

ชื่อ – สกุล	นางสาวลลิตา ปานแก้ว
วัน เดือน ปี เกิด	3 พฤศจิกายน 2525
ประวัติการศึกษา	สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต (โภชนาการชุมชน) มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2550 คหกรรมศาสตรบัณฑิต (อาหารและโภชนาการ) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ, 2547
ตำแหน่งงานปัจจุบัน	พนักงานมหาวิทยาลัย (สายวิชาการ) สาขาอาหารและโภชนาการ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ประวัตินักวิจัยคนที่ 3

ชื่อ – สกุล	นางสาวศศธร สิงขรอาจ
วัน เดือน ปี เกิด	28 กรกฎาคม 2526
ประวัติการศึกษา	Doctor of Philosophy (Food Science and Technology) Kongju National University, South Korea, 2556 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวเคมี) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2551 วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2547
ตำแหน่งงานปัจจุบัน	พนักงานมหาวิทยาลัย (สายวิชาการ) สาขาอาหารและโภชนาการ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ประวัตินักวิจัยคนที่ 4

ชื่อ – สกุล	นางสาวภัทรภร ภควีระชาติ
วัน เดือน ปี เกิด	5 มีนาคม 2527
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมอาหาร) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2553 วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีการอาหาร) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2550
ตำแหน่งงานปัจจุบัน	พนักงานมหาวิทยาลัย (สายวิชาการ) สาขาอาหารและโภชนาการ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ